



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Gestión de la Planificación para el Desarrollo

**DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN  
JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

**Ing. Estuardo Geovanni Orellana Chojolán**

Asesorado por la M.Sc. Ing. Juan Carlos Hernández Canales

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN  
JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ING. ESTUARDO GEOVANNI ORELLANA CHOJOLÁN**  
ASESORADO POR LA M.SC. ING. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CANALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**MAESTRO EN GESTIÓN DE LA PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO**

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Mtra. Lic. Karen Marleni Ortiz López
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Lic. Luis Alberto Santos Quiñonez
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha de 19 de septiembre de 2022.



**Ing. Estuardo Giovanni Orellana Chojolán**

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

LNG.DECANATO.OI.00102.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Estuardo Geovanni Orellana Chojolán**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión de la planificación para el desarrollo después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

AACE/gaoc



Guatemala, 21 de septiembre de 2022.

**M.Sc. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
**Director**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería USAC**  
**Presente**

**Estimado Ingeniero Álvarez Cotí:**

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA”**, del estudiante **ESTUARDO GEOVANNI ORELLANA CHOJOLAN** quien se identifica con número de carné **200011424** del programa de **Maestría en Gestión de la Planificación para el Desarrollo**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que cumple con la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

**M.Sc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque**  
**Coordinador**  
**Área de Desarrollo Socio Ambiental y Energético**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería USAC**





**Guatemala, enero de 2023**

LNG.EEP.OI.102.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA”**

presentado por **Ing. Estuardo Geovanni Orellana Chojolán** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión de la planificación para el desarrollo** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería**

Guatemala, 28 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrados  
Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"DISEÑO DE UN PROYECTO, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA"** del estudiante **Estuardo Geovanni Orellana Chojolan** del programa de **Maestría En Gestión De La Planificación Para El Desarrollo** identificado con número de carné 200011424.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



*Juan Carlos Hernández Canales  
Maestro en Ingeniería Sanitaria  
Ingeniero Civil  
Colegiado No. 9,233*

---

Msc. Ing. Juan Carlos Hernández Canales

Colegiado No. 9233

Asesor de Tesis



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Fuente de fuerza y sabiduría, me acompaña para poder lograr y finalizar cada una de mis metas.
<b>Mi esposa</b>	Jessica Segura, cielo, estás siempre a mi lado, te amo y te valoro, eres el pilar en mi vida.
<b>Mi hijo</b>	Michael Orellana, hijo eres la inspiración y motivación, para realizar cada una de las metas trazadas.
<b>Mi madre</b>	Elizabeth Chojolán, por darme valores morales bien fundamentados, para poder lograr su propia superación, gracias madre.
<b>Mis hermanos</b>	Byron, Brenda y Williams Orellana, debemos apoyarnos siempre.
<b>Mis sobrinos</b>	Son la alegría de la familia, gracias.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por la oportunidad de formarme profesionalmente.

**Facultad de Ingeniería**

Por ser la mejor de todas, crea los mejores profesionales y nos enseña a cómo mover el mundo.

**Mis amigos**

Por ser la familia que yo he escogido, están en las buenas y las malas, cuento con su apoyo siempre.

**Mi asesor de tesis**

Por la colaboración e interés de ayudar a formar buenos profesionales, para un mejor país.

**Mi hijo**

Por darle más alegría y motivación a mi vida hijo, esto va por ti.

**Mi madre**

Porque me acompaña en cada etapa de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. San José del Golfo .....	1
1.1.1. Aspectos Generales .....	1
1.1.2. Ubicación .....	1
1.1.3. Clima .....	2
1.1.4. Recursos naturales.....	2
1.1.5. Agricultura.....	3
1.1.6. Industrias .....	3
1.1.7. Sector económico .....	4
1.1.7.1. Ganadería y avicultura.....	4
1.2. Corredor seco.....	5
1.2.1. Ubicación .....	6
1.2.2. Demografía .....	6
1.2.3. Cambio climático .....	6
1.2.4. Efecto invernadero.....	7
1.2.5. Consecuencias .....	7
1.2.5.1. Sequia .....	8
1.2.5.2. Temperatura .....	8

2.	MARCO TEÓRICO .....	9
2.1.	Componentes y sistemas de abastecimiento de agua potable .....	9
2.1.1.	Definiciones.....	9
2.1.2.	Suelos .....	13
2.1.3.	Mantos freáticos .....	13
2.1.4.	Reforestación .....	13
2.1.5.	Pozos mecánicos para abastecimiento de agua .....	14
2.1.6.	Red de agua potable .....	15
2.1.6.1.	Red de distribución de agua potable abierta o ramifica.....	16
2.1.6.2.	Red de distribución de agua potable cerrada o malla.....	16
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
3.1.	Características del estudio .....	17
3.1.1.	Diseño .....	17
3.1.2.	Enfoque.....	17
3.1.3.	Alcance.....	18
3.2.	Variables .....	18
3.3.	Fases del desarrollo de la investigación .....	19
3.3.1.	Fase 1. investigación bibliográfica.....	19
3.3.2.	Fase 2. Investigación de campo.....	19
3.3.3.	Fase 3. Análisis de la información.....	19
3.3.4.	Fase 4. interpretación de la información .....	20
3.3.5.	Fase 5. Propuesta de solución .....	20
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	23
4.1.	Condición actual entrevista con usuarios del servicio .....	23

4.2.	Condición actual entrevista con Municipalidad .....	29
4.3.	Marco normativo municipal .....	31
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	33
5.1.	Análisis del sistema actual, deficiencias y cualidades .....	33
5.2.	Análisis para el mejoramiento del sistema general de la red de agua potable para la cabecera municipal .....	34
5.3.	Diseño de la propuesta del proyecto para el mejoramiento del sistema general de agua potable de la cabecera municipal .....	35
5.3.1.	Tramo numero 1 .....	37
5.3.2.	Tramo numero 2 .....	42
5.3.3.	Tramo numero 3 .....	47
5.4.	Costos .....	52
5.4.1.	Costos del mejoramiento de la red de agua potable.....	52
5.4.2.	Costo de la captación del agua potable con el caudal necesario para los habitantes de la cabecera municipal.....	55
5.5.	Factibilidad del proyecto general .....	58
	CONCLUSIONES .....	61
	RECOMENDACIONES .....	63
	REFERENCIAS .....	65
	APÉNDICES .....	71
	ANEXOS.....	95



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Pregunta número 1, el servicio es diario .....	23
2.	Pregunta número 2, le alcanza la dotación .....	24
3.	Pregunta número 3, la calidad del agua.....	24
4.	Pregunta número 4, bebe agua del grifo .....	25
5.	Pregunta número 5, paga el servicio.....	25
6.	Pregunta número 6, la tarifa es razonable .....	26
7.	Pregunta número 7, pagaría más por el servicio.....	26
8.	Pregunta número 8, aceptaría contador de agua .....	27
9.	Pregunta número 9, tipos de servicio .....	27
10.	Pregunta número 10, fontaneros.....	28
11.	Código Municipal, Artículos 67, 68 y 72 .....	32
12.	Implantación general .....	36
13.	Planta general de curvas de nivel .....	36
14.	Planta de sectorización .....	37
15.	Red de agua potable, tramo número 1 .....	38
16.	Red de agua potable, tramo numero 2.....	43
17.	Red de agua potable, tramo numero 3.....	48

### TABLAS

I.	Operacionalización de variables.....	18
II.	Dotación de agua .....	34
III.	Línea de nudo, tramo numero 1 .....	39

IV.	Resultado de nodo, tramo numero 1 .....	40
V.	Resultado de línea, tramo numero 1 .....	41
VI.	Línea de nudo, tramo numero 2 .....	44
VII.	Resultado de nodo, tramo numero 2 .....	45
VIII.	Resultado de línea, tramo numero 2 .....	46
IX.	Línea de nudo, tramo numero 3 .....	49
X.	Resultado de nodo, tramo numero 3 .....	50
XI.	Resultado de línea, tramo numero 3 .....	51
XII.	Integración de costos unitarios, red de agua potable .....	54
XIII.	Integración de costos unitarios, construcción pozo y equipamiento .....	57
XIV.	Resumen de costos .....	60



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>Qmh</b>	Caudal máximo horario
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>Qmd</b>	Caudal medio diario
<b>°C</b>	Grado Celsius
<b>km</b>	Kilómetros
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetros cuadrados
<b>l/s</b>	Litro por segundo
<b>l/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mm</b>	Milímetros
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud



## **GLOSARIO**

<b>Agua domiciliar</b>	Actividad desarrollada por las autoridades públicas competentes, normalmente los ayuntamientos, para proveer a los domicilios de los vecinos de agua suficiente en las condiciones de calidad regulada.
<b>Corredor seco</b>	Área territorial que abarca regiones paralelas a la costa del Pacífico desde Chiapas, en México, hasta al occidente de Panamá, dejando tierras áridas
<b>Crecimiento económico</b>	Incremento de la producción de bienes y servicios en un periodo, por lo regular es de un año calendario, está basado al PIB.
<b>Déficit hídrico</b>	Situación donde el agua que se obtiene no satisface la demanda solicitada.
<b>Desarrollo económico</b>	Es la riqueza que puede generar un país o región, con la cual garantiza el bienestar, prosperidad de sus habitantes
<b>Dotación diaria</b>	Se refiere a la cantidad de agua que consume cada habitante por día.

<b>Focos de contaminación</b>	Son las causas de contaminación ambiental ocasionadas por actividades del ser humano en deterioro de la naturaleza.
<b>Gobierno</b>	El encargado de ejercer y administrar el poder político, por medio de órganos a los que se les confía el ejercicio del poder político.
<b>Latitud</b>	Distancia angular que hay desde un punto de la superficie de la Tierra hasta el paralelo del ecuador; se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos.
<b>Longitud</b>	Medida cartográfica que expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se toma como 0°.
<b>Mantos freáticos</b>	Superficie en la que se toman los puntos de referencia que la presión de agua y la presión atmosférica coincidan en igualdad.
<b>Método Hardy-Cross</b>	Se utiliza para determinar caudales en una red, utilizando un diámetro conocido, desarrollado por Hardy Cross.
<b>Municipalidad</b>	Entidad autónoma de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio que representa a un municipio, con la finalidad del crecimiento económico en su jurisdicción.

<b>Planificación</b>	Serie de procedimientos y estrategias que se realizan para cumplir con metas determinadas.
<b>Producto Interno Bruto</b>	Indicador económico que indica el valor monetario de los bienes y servicios producidos por un territorio en un periodo de tiempo.
<b>Proyecto</b>	Conjunto de actividades de manera articulada, para producir bienes que satisfagan las necesidades o resolver problemas.
<b>Situado constitucional</b>	Aporte que indica la Constitución Política de la República de Guatemala a las municipalidades anualmente, para gastos de operación e inversión.
<b>Topografía</b>	Se refiere al estudio de las características de la superficie de terrenos.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

- Contexto general

La accesibilidad del agua potable es indispensable para cualquier comunidad, por lo cual, el abastecimiento de agua es un factor clave para el desarrollo de la cabecera del municipio San José del Golfo, Guatemala. Una peculiaridad del servicio de agua potable es que es un servicio básico para la sociedad.

- Descripción del problema

El 75 por ciento del territorio del municipio de San José del Golfo, se encuentra dentro del corredor seco, en los últimos años el crecimiento poblacional ha causado un déficit de agua muy alto, esto debido al consumo diario de los residentes, de los comercios, entre otros, por lo que se necesita cubrir el abastecimiento de agua potable para las actividades diarias.

Por otro lado, la falta de pozos mecánicos para el abastecimiento de agua ocasiona poca captación de dicho recurso, además de ello, el deterioro de la red general de agua, debido a la falta de mantenimiento preventivo y el tiempo de vida del mismo, lo que a su vez agrava la situación por la falta de proyectos de inversión para pozos, red de tubería, entre otros, por lo que aumentan focos de contaminación que la población de San José del Golfo, Guatemala desconoce.

- Formulación del problema

La problemática a tratar es el tema del agua potable, específicamente en la Cabecera Municipal de San José del golfo, debido a que la escases del vital líquido es a nivel general en el municipio.

- Pregunta central

- ¿Cómo diseñar un proyecto para el mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable a los habitantes de la cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las fuentes de captación y distribución de agua potable en la cabecera de San José del Golfo, Guatemala?
- ¿Qué programas y proyectos de agua potable se podrán proponer para la dotación diaria de agua potable del municipio San José el Golfo, Guatemala?
- ¿Cuáles son los beneficios de la propuesta de los programas y proyectos de agua potable para mantener la dotación diaria de los habitantes del municipio?
- ¿Cuál será el costo estimado de la propuesta de la planificación, construcción y mantenimiento del proyecto para el agua potable?



- Delimitación del problema

En términos generales, la accesibilidad del agua potable en Guatemala es limitada, es decir que el servicio de agua entubada no llega a toda la población a pesar que la necesidad de este líquido es vital para las personas.

La investigación se realizó en la cabecera municipal de San José del Golfo, municipio de Guatemala, que por su ubicación geográfica pertenece al corredor seco en el cual en época lluviosa o seca se mantiene con altas temperaturas, variando entre los 29 0C a 31 0C incluso aumenta hasta los 33 0C.

El proyecto se desarrolló con el acompañamiento técnico y la supervisión de la municipalidad de San José del Golfo, por ser un servicio público que administra dicha entidad.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la propuesta de un proyecto, para el mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable, para la cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala.

### **Específicos**

1. Diagnosticar las fuentes de captación y distribución de agua potable de la cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala.
2. Desarrollar la propuesta para el mejoramiento de la distribución y producción de agua en el municipio, que incluya la planificación, diseño, ejecución, supervisión y operación.
3. Evaluar los beneficios de la propuesta de los programas y proyectos de agua potable para mantener la dotación diaria de agua potable para la cabecera del municipio.
4. Determinar el costo estimado de la propuesta de la planificación, construcción y mantenimiento del proyecto de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una sistematización porque se enfoca en proponer el diseño de un proyecto, para el mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable, para la cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala, se contó con la participación de los actores involucrados, entre ellos la población objetivo y personal técnico de la Municipalidad de la comunidad de estudio, a fin de mitigar las necesidades de la falta de agua potable a través de la realización de un diagnóstico que sirvió para conocer el estado actual del sistema de captación y distribución del agua potable en la localidad.

La red de agua potable del municipio de la cabecera municipal de San José del Golfo, fue construida hace 30 años, lo cual representa un problema por presentar deficiencias y pérdida de agua en algunos puntos, además, otro factor de vulnerabilidad es el crecimiento urbano del municipio sin contar con un plan de ordenamiento territorial ha creado dificultades al momento de tener una red eficiente de agua.

Con esta investigación se logró una evaluación general para tener datos necesarios y lograr el mejoramiento que permita tener una red de agua eficiente, así aprovechar los recursos de los pozos mecánicos los cuales, por el efecto del corredor seco, disminuyen la dotación prevista año con año.

Se indicó una breve descripción del municipio con datos como: ubicación, clima, recursos naturales, producción, entre otros. Se realizó un análisis del fenómeno conocido como Corredor Seco, descripción para una

dotación de agua potable según parámetros utilizados para los diseños de los sistemas de agua, perforación de pozos (calidades y descripciones), tipo de tubería que se deberá utilizar al momento del mejoramiento del sistema de distribución de agua, un análisis descriptivo de la obtención de ingresos por medio de tarifas propuestas, que serán utilizados para el mantenimiento constante y ampliación dependiendo de lo requerido.

El Informe Final está conformado por cinco capítulos, los cuales son:

Capítulo 1. Marco Referencial, en el cual se indicaran aspectos generales del municipio, sector de producción, sector económico, con esto se pretende conocer al municipio y su desarrollo, así como términos relacionados a la investigación que afectan al área.

Capítulo 2. Marco Teórico, en este capítulo se darán conceptos que son indicadores para la investigación, como por ejemplo los componentes y sistemas que conformaran el abastecimiento de agua potable a los habitantes, tipos de redes de distribución para tomar en cuenta al momento de los diseños.

Capítulo 3. Desarrollo de la investigación, aquí se desarrollaran las diferentes fases que serán importantes para las presentación de resultados, se hará la investigación bibliográfica, investigación de campo, análisis de la información, interpretación y propuesta solución.

Capítulo 4. Presentación de Resultados, se representara por medio de graficas los resultados de las encuestas a los usuarios del servicio público, personal de la municipalidad, con el fin de tener el panorama de la condición actual del sistema general de agua.

Capítulo 5. Discusión de Resultados, este capítulo es el más importante, pues se presenta la propuesta del diseño el cual contara de diseño, planos, costo del mejoramiento de la red de agua potable, costo de la captación de agua potable y factibilidad del mismo.





## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. San José del Golfo**

A continuación se describirán características propias del municipio de San José del Golfo, esto será de importancia para tener conocimiento del entorno donde se realizó la investigación.

#### **1.1.1. Aspectos Generales**

El municipio de San José del Golfo, históricamente fue una hacienda llamada San José, la cual perteneció a la Compañía de Jesús y posteriormente al convento de Santo Domingo, dicha hacienda fue vendida en subasta pública en agosto de 1831 por la intendencia general de Guatemala.

Municipalidad San José del Golfo (2020), El municipio se creó en base al acuerdo gubernativo del 17 de marzo de 1882, en respuesta a la solicitud de los vecinos de las aldeas aledañas, por lo que se fundó como Distrito Municipal de San José del Golfo. Aunque en 1908 formó parte del departamento de El Progreso, en 1920 volvió a formar parte del departamento de Guatemala Ver figura 20 en anexos.

#### **1.1.2. Ubicación**

El municipio forma parte del departamento de Guatemala, en la región metropolitana de la república de Guatemala.

Su extensión territorial de 84 km<sup>2</sup> y limita al norte con Sanarate, El Progreso; al sur con Palencia, Guatemala; al este con San Antonio La Paz, El Progreso; Chuarrancho, Guatemala al oeste. Tiene una altitud de 1,080 msnm, siendo su longitud de 90 ° 22 ' 18 '' y con una latitud de 14 ° 45 ' 35 ''.

Ministerio de Gobernación (2014) para llegar al municipio se debe transitar por el paso a desnivel ubicado aproximadamente en el Km. 17 pasando por la aldea El Chato, aldea El Fiscal, la carretera está totalmente pavimentada, también existe un ingreso en el Km. 42 con carretera de terracería, la cabecera municipal se ubica en el Km. 28

### **1.1.3. Clima**

San José del Golfo está ubicado dentro de la región del corredor seco de Guatemala, es una región semiárida, la precipitación no es suficiente para el crecimiento de vegetación, proliferan los montes espinosos y el bosque seco (García, 2018). La temporada más fresca dura 4 meses siendo de octubre a enero con temperatura de 27 °C, los meses más calurosos están de febrero a mayo con una temperatura de 30 °C por lo que se dificulta el crecimiento de agricultura y de bosques.

### **1.1.4. Recursos naturales**

Como en la mayoría de municipios, este trata de mantener la flora, fauna y vida silvestre, esto por medio de la conservación áreas verdes, las cuales no son muchas, esto debido a las condiciones del clima que no permite el crecimiento o la plantación de diversidad de árboles.

Dentro de las especies de animales que existen en el municipio se puede mencionar a tacuacines, iguanas, serpientes de diversas clases, lechuzas, conejos, gavilanes, anteriormente se encontraban venados estos ya en extinción pues ya fueron vistos hace varios años atrás.

Segeplan (2010) dentro de los árboles que más se plantan en el municipio y que logran crecer por el tipo de clima se puede mencionar el sare, matilisqueate, arboles de mango, de jocote, marañón.

#### **1.1.5. Agricultura**

La agricultura en el corredor seco ha afectado por años consecutivos ya que los patrones climáticos erráticos y extremos de sequía y lluvia la cual ha sido muy prolongada ha diezmado la cosecha de los cultivos de maíz y frijol tanto del país de Guatemala como de América Central ya que lo que más se cosecha en el corredor seco es el Maíz y el frijol y lamentablemente es lo que menos se logra con las sequias constantes.

Quiñones (2019) la baja cosecha significa la falta de comida para los campesinos, y la producción para la venta disminuye grandemente y la economía afecta al sector agrario del corredor seco trayendo pobreza extrema y desnutrición en esas áreas afectando a más de dos millones de personas desde Guatemala, Honduras, Salvador, Nicaragua.

#### **1.1.6. Industrias**

De toda Centro América Guatemala es el país con la economía más grande por lo que muchos países europeos, Asia y Oriente buscan negocios con el país debido al nivel de economía.

El sector empresarial en Guatemala está dividido en cuatro sectores manufactura en un 20 %, comercio 18 %, sector privado 14 % y agricultura 12 %, tomando en cuenta que Guatemala cuenta con el puesto número 80 de las economías de exportación más grande del mundo. En cuanto a los sectores de la industria de manufactura y agricultura son parte importante de la industria más grande de Guatemala siendo la producción de los siguientes productos: textiles, muebles, petróleo, azúcar, flores, frutas y vegetales, alimentos procesados y productos químicos.

Bizlatin Hub (2020), Los cultivos más industrializados en su producción agrícola son el café, plátano, nuez moscada y azúcar de caña.

Es de mencionar que en el municipio se cuenta con industria avícola y ganadería y agrícola en pequeñas porciones.

#### **1.1.7. Sector económico**

En esta sección se darán las características económicas del municipio, esto será para tener conocimiento de los ingresos económicos con los que cuentan los habitantes del mismo.

##### **1.1.7.1. Ganadería y avicultura**

En anterioridad el municipio se caracterizaba por su ganadería, la cual era una gran fuente de ingresos, los ganados más importantes de crianza está el porcino y el bovino,

El ganado porcino no requiere grandes extensiones de tierras y por su lejanía la las comunidades por la contaminación de aire, el bovino se da debido

a que en la mayoría de alimentación se da por medio de pasto, compra de hierba de alimentación y concentrado adecuado para estos animales.

En el caso de la crianza de vacas se aprovecha para la producción de leche y sus derivados, los cuales son de consumo propio o venta, pero unas porciones muy bajas.

Marroquín (2018) Otro sector muy importante para el municipio es el Avícola, desde la producción de pollos, huevos y sus derivados, la población se dedica desde el nacimiento, cuidados necesarios para su crecimiento sano como la temperatura, alimentación y salud, sacrificio de los animales para su posterior transporte a los diferentes mercados nacionales, con esto mantener cierta porción de empleo que beneficia a la economía del lugar.

## **1.2. Corredor seco**

Según la FAO al área que contempla desde el Estado de Chiapas perteneciente del país de México hasta parte del país de Panamá y que es paralelo a las costas de océano pacífico, es denominado el Corredor Seco, esta área se caracteriza por grandes proporciones de tierras arridas, en las que se dificulta la siembra de agricultura o de árboles.

El corredor seco de Centro América cubre un tramo de 1,600 kilómetros de largo y de 100 a 400 kilómetros de ancho que concentra el 90 % de la población de Centroamérica y las principales capitales de esta región geográfica.

BBC Extra (2019). Dentro de la problemática del corredor seco se encuentra azotado por una serie de sequías climáticas estrechamente

relacionadas con el fenómeno del Niño, el llamado Corredor Seco que este se encuentra más familiarizado con los fenómenos climatológicos extremos los cuales son provocados por el cambio climático.

### **1.2.1. Ubicación**

Mora (2018) el corredor seco es una región ubicada en el país de Guatemala, el cual cubre una extensión en los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Chiquimula y Jutiapa en la región oriente y central del país, mientras que para el área de costa sur afecta también algunos departamentos siendo Retalhuleu, Escuintla y Santa Rosa.

Marroquín (2018) un ochenta y cinco por ciento del territorio del municipio es parte del este fenómeno, este porcentaje indica que gran cantidad de gente vive en la vulnerabilidad de esta sequía, dentro de este fenómeno llamado Corredor Seco.

### **1.2.2. Demografía**

Municipalidad San José del Golfo (2020) de acuerdo con Instituto Nacional de Estadística INE, el municipio de San José del Golfo contabilizaba 5,837 habitantes. En cuanto a la densidad poblacional por kilómetro cuadrado es de 68.11 habitantes, por lo que es el municipio con la menor densidad poblacional del departamento de Guatemala

### **1.2.3. Cambio climático**

Las actividades en general y a diario de los seres humanos contribuyen directa o indirectamente al cambio climático, esto se debe a la alteración de la

atmosfera en su composición química, se puede comprobar por medio de observaciones constantes durante periodos definidos.

El consumo diario, desmedido del carbón y petróleo que pertenecen a los combustibles fósiles, es de las principales causantes para el cambio climático, esto por su emisión de CO<sub>2</sub> junto a la emisión de otros gases que provocan el efecto invernadero.

#### **1.2.4. Efecto invernadero**

La atmosfera se conforma por variedad de elementos como lo son oxígeno, nitrógeno mayormente, pero también en menor cantidad argón, dióxido de carbono, helio entre otros que forman el llamado efecto invernadero. El incremento de los grados centígrados en la superficie a nivel general de la tierra, se da cuando el calor emitido por el CO<sub>2</sub> es detenido por la troposfera, lo cual indica que la atmosfera no tiene la capacidad de absorción de la energía que emiten los rayos solares.

La actividad industrial, agropecuaria y el consumo de combustibles fósiles, provocan un aceleramiento en el efecto invernadero, esto tiene como resultado el incremento en la temperatura, influyendo en gran dimensión al medio ambiente.

#### **1.2.5. Consecuencias**

Debido a que la mayoría del territorio del municipio es parte del Corredor Seco, las aldeas que se encuentran lejos de la cabecera municipal cuentan con sequias y altas temperaturas.

#### **1.2.5.1. Sequia**

La principal característica de este fenómeno es el limitado acceso al agua, durante una temporada en el año, en algunos lugares suele ser mediano o largo tiempo, en San José del Golfo, se cuenta con sequias largas, lo que hace que en muchos lugares no se pueda sembrar sin utilización de métodos de riego.

Cuando existe sequia el caudal de los ríos, el nivel de los lagos disminuye, la tierra en muchas ocasiones se agrieta por la falta de humedad y lo más preocupante es el descenso del nivel de agua en los pozos por la falta de recarga hídrica.

#### **1.2.5.2. Temperatura**

En relación a este trabajo se verá el tema de temperatura atmosférica, la cual se indica según el nivel de calor que pueda existir en un área específica, en el municipio de San José del Golfo, se cuenta con una diversidad la cual en la mayoría del año es notable, en la Cabecera Municipal la temperatura promedio es de 30 °C en las aldeas al norte se maneja dentro de 32 °C a 33 °C, esto debido a que pertenecen al corredor seco.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Componentes y sistemas de abastecimiento de agua potable**

Jiménez (2013) el objetivo primordial de una red de suministro de agua es distribuir la calidad y cantidad adecuada de agua para los pobladores de una localidad a fin de minimizar las necesidades de desarrollo de vida de los seres humanos

Comisión Nacional del Agua (2007) es un proceso que se integra por cinco fases: “captación, almacenamiento, conducción, bombeo, tratamiento y distribución” Por medio de los sistemas mencionados, se logra obtener las aguas servibles y aprovechables de las fuentes superficiales y subterráneas, además, se realizan acciones para proteger las cuencas que proveen agua, manantiales y pozos, para lo cual se construyen presas de galerías filtrantes.

#### **2.1.1. Definiciones**

Conagua (2018) se llama así al conjunto de accesorios, tuberías y estructura que transportan el agua de los tanques de servicio o distribución hacia la toma domiciliar o hidrantes públicos la finalidad es proporcionar agua a usuarios para uso comercial, doméstico, público e industrial, así como para situaciones extraordinarias como extinguir incendios. Sin embargo, este sistema debe proporcionar la prestación del servicio al usuario de agua potable con adecuada presión, en cantidad suficiente, buena calidad y horarios de disponibilidad total.

Econet Desatascos (2022), Este sistema de distribución se compone por una serie de pasos que se integran en su estructura así:

- Comisión Nacional del Agua (2007), Estaciones de bombeo: estos se ubican en puntos intermedios tanto de la línea de conducción o distribución, su objetivo es aumentar la carga hidráulica en su ubicación a fin de mantener la circulación de agua dentro de las mismas
- Tuberías: se refiere al conjunto formado por los tubos y el sistema de ensamble o unión, según su función se clasifica en dos:
  - Red primaria: se llama así al área que abarca la tubería de conducción del agua que parte del tanque de regulación hasta llegar al área de inicio de distribución. A esta red de tuberías se le llama también línea de alimentación.
  - Red secundaria: es la estructura total de tuberías que conduce el agua por los diferentes puntos.
- Tanques de almacenamiento: es el depósito donde se da el almacenamiento del agua, este debe estar situado en alto a fin de aprovechar la fuerza de gravedad. Están situados entre el sistema de captación y red de distribución.
- Piezas especiales: se refieren a los accesorios o equipo por el cual se conecta la tubería, se mide y regula la presión del agua.

Comisión Nacional del Agua (2007) dentro de las piezas especiales están las válvulas, que se utilizan para disminuir o bloquear el paso del agua en las tuberías. Las válvulas se clasifican según su función en dos categorías:

- Aislamiento o seccionamiento: este tipo de válvulas se utilizan para separar o bloquear el flujo de agua del resto del sistema de abastecimiento en puntos específicos de bombas, tuberías y dispositivos de control que deban repararse o revisarse.

Control: se utilizan para regular el consumo y la presión del agua, facilita la entrada de aire.

En cuanto a, Usaid (2016) dicho sistema dependerá de las características de la fuente que la provea, ya sea geológica, hidrológica y topográfica.

En cuanto a, Care-Avina (2012) existen diferentes tipos de captación de aguas superficiales dentro de los cuales están:

- Azud: se utiliza para ríos y riachuelos de poca profundidad y gran velocidad, el agua es captada por medio de unas rejillas que la conducen a un desarenador.
- Pozos de infiltración: se llaman también galerías de infiltración, es un tipo de captación indirecta ya que al principio se infiltra a pozos colocados a un lado del lecho de la fuente de captación (río o lago), posteriormente pasa al sistema de conducción para infiltrarse después por el material natural granular de la fuente, en donde se conduce a un tanque por medio de un drenaje antes de llegar al sistema de conducción final.

- Tomas laterales: este tipo de sistema se realiza a través de canales contruidos al lado de ríos caudalosos, los cuales transportan el agua hacia un tanque recolector, dicha plataforma móvil construida a orilla de las fuentes, varían de nivel y utilizan equipos de bombeo.
- Captación flotante: es utilizada en ríos, lagos y embalses, este tipo de captación utiliza bombas y la estructura flotante se encuentra anclada al fondo del agua superficial.
- Captación sumergida: se refiere a la captación en la que se utilizan tubos perforados o con rejilla, para evitar que cuerpos sólidos ingresen al sistema. Se colocan generalmente al fondo del cauce y el agua se capta directamente de bombas.

El objetivo de los diferentes diseños de captación es impedir obstrucciones y erosiones, además de garantizar la estabilidad de la estructura considerando condiciones de inundación.

En cuanto a, Duran (2022) los sistemas de captación se clasifican de acuerdo al uso y a la forma en que el agua escurre los cuales son:

- Sistemas para uso humano.
- Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.

De tal manera que los sistemas de captación de agua son imprescindibles para el desarrollo y mejoramiento de las comunidades en general.

### **2.1.2. Suelos**

Es una mínima capa superficial perteneciente a la corteza terrestre, conformada por material orgánico, roca en menor proporción y otras propiedades químicas. Guatemala esta sobre tres placas tectónicas, lo que nos da como resultado en gran área del centro del país a las rocas metamórficas, plutónicas incluyendo gneises, mármoles, serpentinitas, esquistos y granitos.

En el municipio de San José del Golfo, presenta un panorama metamórfico el cual se ha desarrollado por el magma y la metamorfosis de las rocas, los afloramientos de los esquistos se ven contantemente en la zona, junto a suelo arenoso en la superficie con roca solida a variedad de profundidad. Ver figura 21 y 22 en anexos.

### **2.1.3. Mantos freáticos**

Este fenómeno se crea cuando en la superficie terrestre, existen lluvias constantes o de larga duración, esto permite que el suelo llegue a su saturación de humedad y permita la infiltración y forme acuíferos, estos se encuentran sobre una capa de suelo impermeable, lo que permite por medio de métodos de perforación y maquinaria adecuada su aprovechamiento, para el uso humano.

### **2.1.4. Reforestación**

El termino reforestación es relativamente nuevo, en la antigüedad no existía tala de árboles desmedida o en el mejor de los casos las áreas boscosas no eran tan habitables como lo son ahora.

Reforestación es el término de la siembra masiva de árboles, en los lugares que ya existían o donde no existían, se debe saber que especie es el apropiado para cada lugar, saber si es húmedo, árido entre otros, esto dará el éxito en el crecimiento y desarrollo de los árboles.

Esto ayudara a la precipitación pluvial, mitigando el cambio climático con la conservación de los bosques,

#### **2.1.5. Pozos mecánicos para abastecimiento de agua**

La perforación por percusión es el meto utilizado desde la antigüedad, en la actualidad es el método con sus respectivas evoluciones el más utilizado a nivel general para la perforación de pozos, para la investigación de acuíferos y captación de agua, este no representa contaminación del lugar ni de las muestras.

La rotación es el movimiento esencial para la perforación, por lo que los equipos modernos utilizan esta técnica para la eficiencia de los equipos, esto permite la penetración de los suelos con verticalidad que es necesaria para el ingreso de la tubería y lo logra con rapidez, en su mayoría se componen por sistema de potencia, elevación, rotación y circulación.

En San José del Golfo se perforan pozos desde los 800 pies hasta 1000 pies, actualmente los mantos freáticos no están a más de esas profundidades, en muchas ocasiones se encuentran venas de agua entre 200 a 500 pies de profundidad, logrando con eso una captación y una recuperación del pozo con mayor prontitud. Ver Apéndice 23.

### **2.1.6. Red de agua potable**

Este se compone del sistema de tuberías por lo regular de un solo diámetro, para mantener la presión del agua en todo su recorrido de la tubería de distribución, esta se deriva en distintos diámetros para las acometidas domiciliarias, por lo regular colocadas en las calles principales de los centros poblados, se debe realizar un el análisis previo al diseño de una red de distribución de agua donde se considerara lo siguiente:

- Ubicación de las fuentes de abastecimiento
- Cantidad de agua que se requiere
- Cantidad de agua que se obtiene de las fuentes de abastecimiento
- Topografía del lugar a implantar la red de agua
- Parámetros de diseño según normas o reglamentos nacionales o municipales.
- Tipo de clima del lugar

El diseño deba realizarse con la finalidad de que funcione diariamente, de tal manera que aunque se necesite reparación o ampliación en un tramo, no se interrumpa el servicio en la mayoría de la red.

Teniendo el análisis previo, se deberá proceder al diseño final con las siguientes consideraciones:

- Se deben formar mallas con la red de tubería
- No dejar ramales abiertos
- Como parámetro los circuitos deberán ser entre 500 a 2,000 metros lineales, para una malla.
- Utilizar en el diseño diámetros de tuberías existentes en el mercado

- La dotación de agua según el área, que será litros por habitante por día.
- Crecimiento poblacional
- Mantener la presión adecuada de agua
- Colocación de válvulas

Las redes de agua potable se pueden establecer dos tipos principales, entre ellos:

- Abierta o ramificada
- Cerrada o malla

#### **2.1.6.1. Red de distribución de agua potable abierta o ramifica**

Está constituida por un ramal principal con un diámetro mayor, se forman los ramales secundarios los cuales son de menor diámetro los cuales forman las mallas, la cualidad es que los diámetros mayores nunca se unen. Ver figura 24 en anexos.

#### **2.1.6.2. Red de distribución de agua potable cerrada o malla**

Se conforma por un anillo con tubería de un diámetro constante, por lo regular de mayor diámetro, esto permite una distribución de agua uniforme en todo el sistema, el costo de este sistema es más alto que el anterior, pero tiene la cualidad que se eliminan puntos muertos de circulación y ayuda a la regulación de caudales y presiones. Ver Apéndice 25.



### **3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Características del estudio**

Es explicativo, se da la explicación de los temas y aspectos de la investigación.

##### **3.1.1. Diseño**

Tipo No experimental sincrónico, ya que cuenta con fases de investigación: indagatoria, recolección de información a través de fuentes primarias y secundarias; demostrativas, para la comprobación de variables y expositivas y para dar a conocer los resultados de la investigación.

##### **3.1.2. Enfoque**

Será mixto, de estudio cualitativo y cuantitativo, porque se recopilarán datos en base a las necesidades de la población sobre el servicio de agua potable que reciben actualmente por parte de la municipalidad, así como datos técnicos del sistema de captación y distribución de agua potable, en lo que se refiere al estudio de enfoque cuantitativo, se utilizarán datos estadísticos para fundamentar la cantidad de usuarios afectados que se beneficiarán del proyecto propuesto.

### 3.1.3. Alcance

Es descriptivo porque se describirá la situación en particular sobre la escasez de agua y la necesidad de mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable.

### 3.2. Variables

- Evaluación, mejoramiento del sistema de captación y distribución.
- Escasez de agua potable en la Cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala

Tabla I. **Operacionalización de variables**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Escasez de agua	Insuficiente agua para satisfacer la demanda	Crear proyectos para captación de agua.
Sistema de captación y distribución	Cualquier tipo de actividad para la recolección, almacenamiento y distribución del agua	Las acciones a tomar para establecer estrategias de captación y distribución
Red general de agua potable	Conjunto de tuberías trabajando a presión, instaladas en las vías de comunicación de los urbanismos para abastecer del líquido.	Se dará mantenimiento a la red general de agua potable.
Agua potable	Agua adecuada y segura para el uso y consumo de las personas	Potabilizar el agua con cantidades adecuadas de cloro o filtros adecuados.
Recarga Hídrica	Proceso natural, donde el agua de lluvia es absorbida y dirigida al subsuelo.	Las autoridades municipales deberán crear programas para la reforestación del municipio.

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Fases del desarrollo de la investigación**

Se plantearon cinco fases de investigación, las cuales ayudaron a que la misma siguiera un proceso ordenado y metodológico, se describe cada una y lo que se logró con ellas.

#### **3.3.1. Fase 1. investigación bibliográfica**

Se realizó la consulta de documentación que existía en la municipalidad, para tener una base respecto a la red existente de agua potable de la cabecera municipal, también se consultó bibliografías existentes recientes.

#### **3.3.2. Fase 2. Investigación de campo**

Se realizó encuestas hacia los usuarios del servicio, la misma abarco a varios sectores económicos de la cabecera municipal, entre estos tenemos a los usuarios del sector comercial (restaurantes, ventas de comida rápida, abarroterías, tiendas pequeñas, licorerías, ventas de celulares, venta de ropa, entre otras), así como el sector residencial, como lo son casas unifamiliares, multifamiliares.

Se realizaron consultas a las oficinas que tenían relación con el agua en la municipalidad como la Dirección Municipal de Planificación –DMP-, la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento –OMAS- y fontaneros

#### **3.3.3. Fase 3. Análisis de la información**

Se analizó la información recabada por cada oficina, así como de la población en general estableciendo el tipo de servicio que presta la

municipalidad en la cabecera municipal, conociendo la operación de los pozos de los cuales se obtiene la captación del líquido, para poder almacenarlo y posteriormente la distribución por medio de la red de tuberías que conforman la red general de agua.

#### **3.3.4. Fase 4. interpretación de la información**

De acuerdo al análisis de la información obtenida en las encuestas, entrevistas y recorrido visual de la red existente, se hace necesario diseñar un proyecto, para el mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable, así poder dar solución a los problemas de la comuna en cuanto al vital líquido.

Se dejara plasmado en planos tanto impresos como en digital, dicho proyecto el cual deberá contener información como: tipo, longitud, diámetro, características mecánicas como lo es la resistencia de la misma de la tubería, ubicación de las misma, ubicación de válvulas utilizadas, caudal, velocidades y cualquier parámetro que se necesite para una futura ampliación o reparación.

Dentro de la solución se deberá proponer si son suficientes los pozos, debido a las continuas sequias en el área.

#### **3.3.5. Fase 5. Propuesta de solución**

De acuerdo al análisis e interpretación de la información, se debe realizar un diseño de proyecto, para el mejoramiento del sistema de captación y distribución de agua potable, para la cabecera municipal, esto sería en un plan maestro de grandes dimensiones, con el fin que la DMP como OMAS, cuenten con un diseño que se podrá implementar al mediano o largo plazo, este diseño

incluirá las fuente de captación existentes y futuras que son requeridas para la obtención del vital líquido.

Este diseño deberá incluir cantidad de mallas, longitud, diámetros, ubicación, profundidad de tubería, tipos de válvulas, parámetros tomados en cuenta en el diseño.

Posterior al diseño se realizara un presupuesto estimativo con renglones básicos a utilizar, esto con el fin, que la municipalidad tome en cuenta el precio que tendrá la implementación del proyecto y tome sus consideraciones para la toma de decisión en el presupuesto anual o multianual del mismo.

Debido a que la Municipalidad de San José del Golfo, no cuenta con el suficiente aporte constitucional, para la ejecución de obras de grandes magnitudes, se propone que con fondos del Consejo Departamental de Desarrollo Guatemala (CODEDE), se realice el mismo, este no por fuerza tendría que realizarse en solo un año fiscal, debido a que el mismo techo presupuestario del CODEDE es limitado para un proyecto de esta magnitud, también existe la posibilidad de buscar financiamiento o préstamos a las instituciones del Gobierno Central, pero la capacidad de pago de la Municipalidad seria limitado.



## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

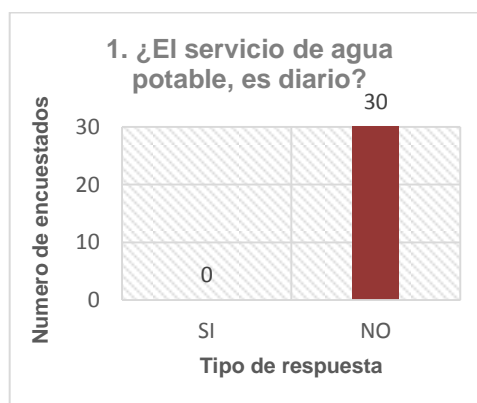
Se presentaran los resultados de la investigación de campo, entrevistas al usuario del servicio público, personal municipal de las oficinas con relación al agua potable y otras personas relacionadas al tema.

### 4.1. Condición actual entrevista con usuarios del servicio

Por medio de entrevista a los usuarios, se da a conocer como se encuentra en la actualidad, el sistema general de agua potable de la cabecera municipal.

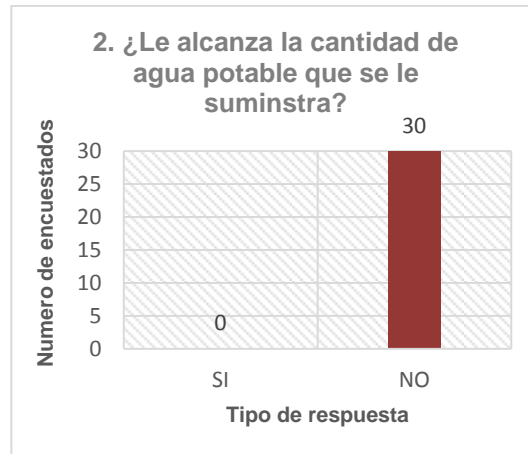
Las preguntas estaban dirigidas específicamente a los usuarios del servicio, que requieren a diario, a continuación se presentara el resultado de la encuesta.

Figura 1. **Pregunta número 1, el servicio es diario**



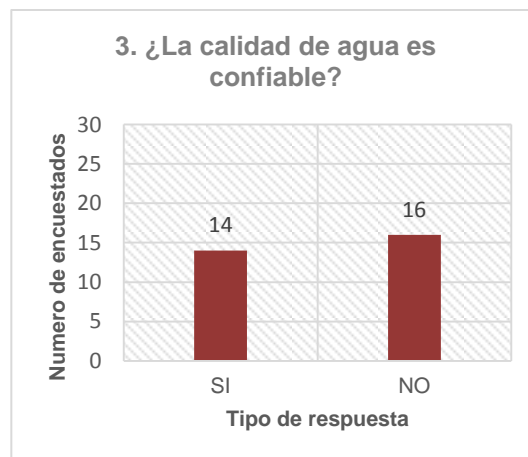
Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Pregunta número 2, le alcanza la dotación**



Fuente: elaboración propia.

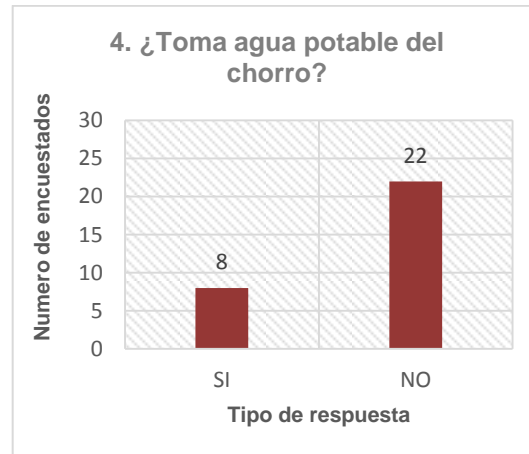
Figura 3. **Pregunta número 3, la calidad del agua**



Fuente: elaboración propia.

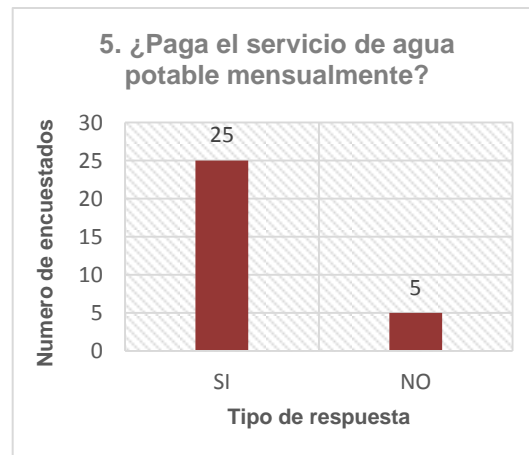


Figura 4. **Pregunta número 4, bebe agua del grifo**



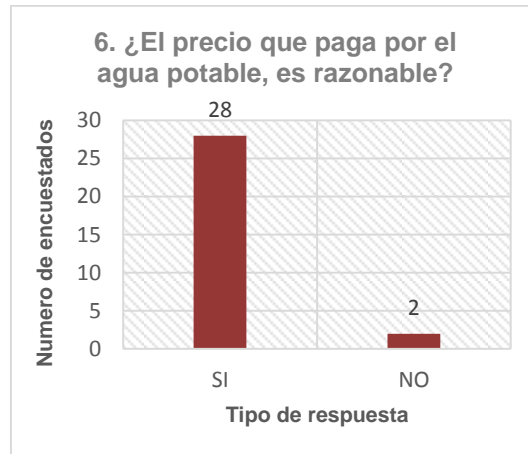
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Pregunta número 5, paga el servicio**



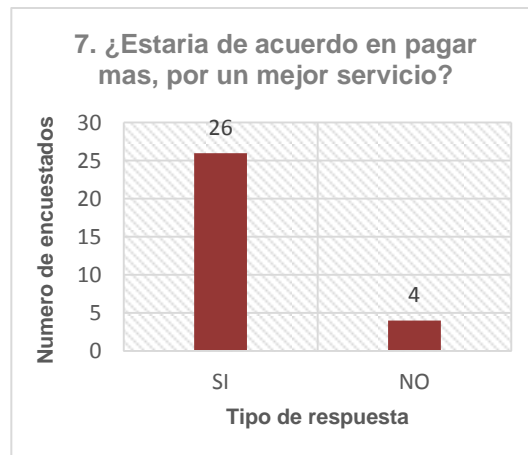
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Pregunta número 6, la tarifa es razonable**



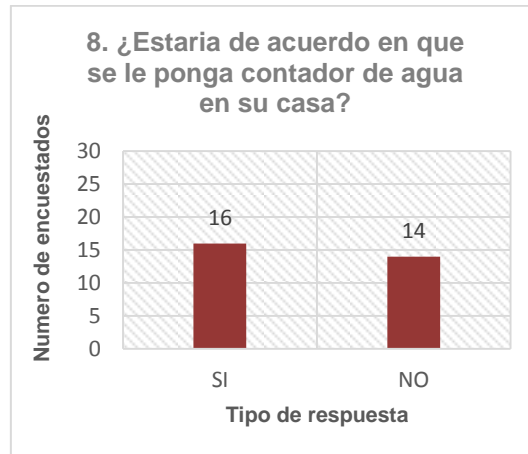
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Pregunta número 7, pagaría más por el servicio**



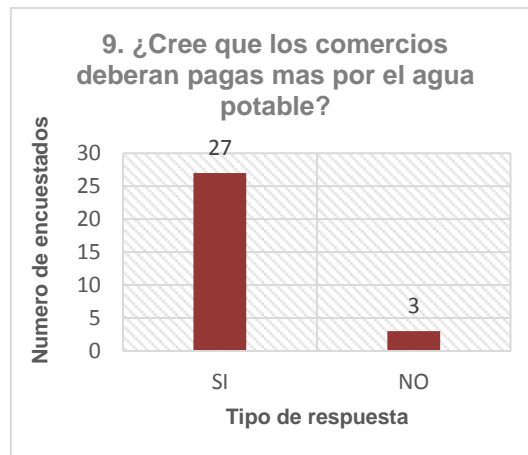
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Pregunta número 8, aceptaría contador de agua**



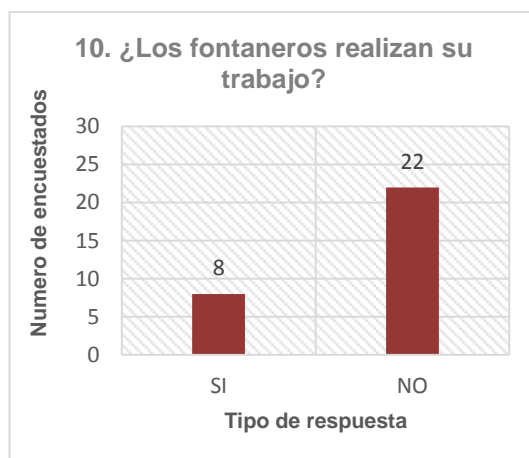
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Pregunta número 9, tipos de servicio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Pregunta número 10, fontaneros**



Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que el servicio es esencial para la población se le requirió indicar lo más relevante del mismo, para posteriormente la interpretación de la misma, por lo que se tiene que en el municipio no existe dotación continua del servicio, el cien por ciento de los encuestados ya se personas individuales o de los comercios indicaron que el servicio es por días indicados por la comuna, que la cantidad del líquido no les es dado, pues la municipalidad tiene como servicio media paja de agua (30,000 litros).

La calidad del agua según el 46 por ciento de la población es confiable, pero tan solo el 27 por ciento de los encuestados toman agua del chorro.

En relación al pago del servicio de agua el 83 por ciento paga mensualmente, se ve con preocupación que el 17 por ciento no lo hace. La municipalidad tiene una tarifa de 20 quetzales mensuales por el servicio de agua, donde el 93 por ciento indica que el precio está bien, sin embargo existe un 7 por ciento que indica que está muy bajo, por lo mismo en un 87 por ciento

pagaría más por el mismo. Se preguntó si estarían de acuerdo en la colocación de contadores suministrados por la municipalidad indicando que el 53 por ciento si estaría de acuerdo el otro 47 indica que si se mejorara el servicio posiblemente aceptarían.

En cuanto al gasto del recurso hídrico se consultó si los comercios deberían pagar más por el agua, un 90 por ciento indica que en efectivo, ellos deberían pagar por la cantidad consumida. Por último se consultó si el trabajo de los fontaneros es normal y eficiente, indicando un 27 por ciento que sí, pero la mayoría siendo 73 por ciento se han quejado de los mismos.

#### **4.2. Condición actual entrevista con Municipalidad**

Asimismo, se realizaron entrevistas con el Director de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y el Encargado de la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento (OMAS), de la Municipalidad de San José del Golfo, del Departamento de Guatemala, como a diversos fontaneros que son los encargados de la dotación de agua a la Cabecera Municipal.

Al director DMP se le entrevisto respecto a proyectos que se planificaron y que se ejecutaron durante el periodo del 2016 al 2022, en cuanto a proyectos relacionados a la captación de agua potable, cantidad existente, funcionalidad, calidad de agua, tiempo de funcionalidad diaria, estado del equipo, entre otros, para la red general existente, se consultó si existían esquemas o planos de la red actual, si se conocía la ubicación de las tubería, tipos, cantidad y ubicación de válvulas.

El director de la DMP indico que se cuentan con 4 pozos en la actualidad, de los cuales solo 3 están en funcionamiento, 2 con caudal en

reducción debido a la baja del nivel estático y 1 nuevo que fue perforado en el año 2021 el cual tiene un caudal de dotación de 200 GPM, el cual está dotando de la mayoría de agua a la cabecera, se tiene planificado para el año 2023 dos pozos más, pero solo uno será para la cabecera municipal, se tienen proyecciones que este dotara de un caudal igual o superior al que está en funcionamiento en la actualidad.

En cuanto a la red de agua potable, este año se tiene ya en ejecución la mejora de un tramo el cual será de beneficio para un 10 por ciento de la población, este proyecto considera el cambio de tubería antigua, ya que esta representa muchas reparaciones constantes y de alto costo para la municipalidad.

Se entrevistó al encargado de OMAS que tipo de mejoras se realizaron al sistema, indicando que solo se mejoran tramos o puntos específicos dañados según se presente la necesidad, los tipo de reparaciones por lo regular son cambios de válvulas o tubería con obstrucción o que se perfora por diversas circunstancias, el personal con el que cuenta para operación y emergencias es personal municipal de obras públicas, que son alrededor de 30 personas con 1 encargado, hay que tomar en cuenta que este personal no solo es para la OMAS su mayor trabajo es en reparación o mantenimiento de la infraestructura del municipio en general.

La frecuencia con que se realizan reparaciones varía dependiendo la antigüedad de la tubería, accesorios, válvulas, asimismo se consultó respecto a la gravedad de los daños, indicando que la mayoría requiere cambio de debido a la antigüedad de la tubería.

A los fontaneros se les entrevisto, si tenían diagramas plasmados de las ubicaciones de las tuberías, válvulas y accesorios que componen la red, de los cuales indicaron que por lo general y por la antigüedad de trabajar en la municipalidad, han aprendido empíricamente y memorizado el manejo de las válvulas para dotar del servicio a diferentes partes de la cabecera municipal, la frecuencia con que manipulan las válvulas y su estado, indicando que la mayoría son deterioradas y en mal estado, en ocasiones se han tenido que cambiar, se conoce en la mayoría de la red el diámetro de la tubería solamente por el tipo de válvula que se utiliza.

La falta de agua constante a los usuarios y el tipo de servicio hace que sean llamados con frecuencia para reclamos del servicio, por lo regular quedan en quejas y no llegan a algún tipo de denuncia ante la administración municipal.

#### **4.3. Marco normativo municipal**

Guatemala se rige bajo normativos con respecto al tema del agua, los municipios se basan en El Código Municipal que en su Título V, con el tema de Administración Municipal, Capítulo I, con el tema Competencias Municipales, indica:

Figura 11. Código Municipal, Artículos 67, 68 y 72



**TITULO V**

**ADMINISTRACION MUNICIPAL**

**CAPITULO I**

**COMPETENCIAS MUNICIPALES**

**ARTICULO 67. Gestión de intereses del municipio.** El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.

**ARTICULO 68.\* Competencias propias del municipio.** Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final;

a) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas;

**ARTICULO 72. Servicios públicos municipales.** El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.

Fuente: Contraloría General de Cuentas, (2022). *Administración Municipal*.

Según estos artículos la municipalidad tiene la responsabilidad de crear proyectos que contribuyan al desarrollo económico, así como la operación y mantenimiento de los mismos.



## **5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Análisis del sistema actual, deficiencias y cualidades**

El sistema general de distribución de agua potable cuenta con más de 25 a 30 años de antigüedad, al inicio solo contaba con el ramal de la calle principal, este servicio estaba disponible solo para una cantidad mínima de casas, no existía crecimiento poblacional debido a la lejanía a la ciudad en ese entonces, las calles eran de terracería lo que no hacía llamativo el municipio a los habitantes de la ciudad de Guatemala.

El municipio fue creciendo en forma desordenada y los servicios fueron dotándose de acuerdo a las necesidades de la población, esto conlleva a que nunca existió un plan de ordenamiento territorial, por la misma razón no se cuenta con planificación de la red de servicios, en la actualidad la red es de tipo abierta, lo que lo hace ineficiente para mantener las presiones y la conducción del agua, como se conoce cuando la red tiene estas cualidades, los usuarios que están al principio son los mayores beneficiados al tener activo el servicio, así consecuentemente entre más lejos se encuentre el usuario del ingreso principal, menor será la cantidad de agua que se le proporcione.

Las calles están pavimentadas con concreto, lo que hace que al momento de la implantación del proyecto para el mejoramiento del sistema de distribución, se tendrá que realizar corte de concreto, teniendo que restituirlo al terminar la colocación de la nueva tubería, esto haría que el ornato del municipio sea propenso a disminuir.

Las deficiencias del sistema actual, son mayormente la antigüedad del mismo, ya es propenso continuamente a reparaciones, tanto en los accesorios, válvulas, como en la propia tubería que se rompe por las presiones que se provocan al momento de la conducción del agua, habría que mencionar que la dotación del servicio no es continuo.

## **5.2. Análisis para el mejoramiento del sistema general de la red de agua potable para la cabecera municipal**

Herrera (2005), dotación es el término se refiere a la porción de agua establecida a cada usuario para su consumo diario, la medida de dotación del vital líquido, se indica en litros por habitante en un día (l./hab./día). La Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales UNEPAR, menciona que para el diseño de proyectos de agua potable se debe considerar la dotación mínima por persona y otros aspectos específicos como se muestra en tabla II.

Tabla II. **Dotación de agua**

Tipo de zona	Clima	Dotación (l./hab./día)	Tipo de conexión
Rural		40 - 60	Llena cantaros
	Frio	60 - 90	Predial
	Cálido	90 - 120	Predial
Urbana	Frio	120 - 150	Domiciliar
	Cálido	150 - 200	Domiciliar
Metropolitana		200 - 300	Domiciliar

Fuente: elaboración propia.

### **5.3. Diseño de la propuesta del proyecto para el mejoramiento del sistema general de agua potable de la cabecera municipal**

Herrera (2005) uno de los parámetros para el diseño es la dotación de agua potable que se debe brindar a la población, este será de 150 litros por habitantes al día, además de considerar que se refiere a una zona urbana con clima cálido y tipo distribución domiciliar.

Continuando con los parámetros se requiere saber a cuantas personas se dotara del servicio y proyectar a futuro, como el diseño está proyectado a 10 años y la tasa de crecimiento de la cabecera municipal está en 4.70 por ciento, usando la fórmula tradicional se llegara a la población a futuro, se estimara 6 personas por casa, esto debido que en muchas ocasiones en una sola casa pueden vivir hasta 10 personas, pero lo que limita al momento del cálculo, será, que la municipalidad tiene en la actualidad un servicio de media paja de agua, lo que equivale aproximadamente a 30,000 litros de agua al mes.

Se usará el método de Hardy Cross, que consiste en suponer los caudales de los tramos de la red, balanceando las pérdidas de carga en los mismos para que los caudales en cada tramo sean los correctos, se deberá cumplir con la condición de que las pérdidas por cualquier ruta que llegue a un punto de consumo sean iguales.

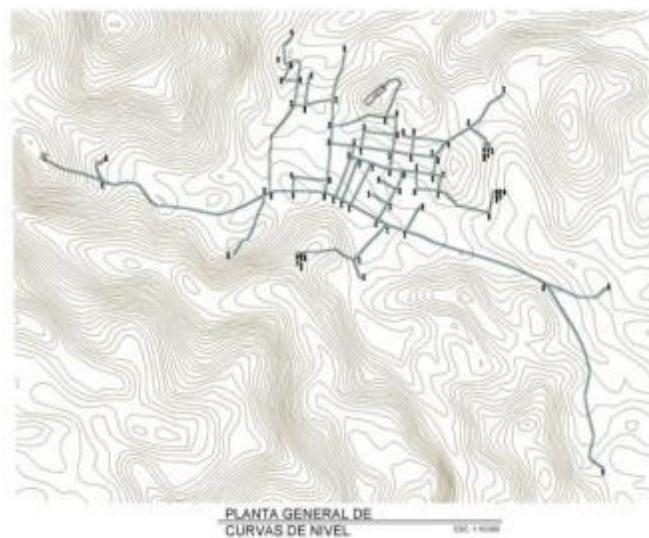
A continuación, se presentará imágenes de la distribución general para el análisis de la propuesta del mejoramiento del sistema de agua.

Figura 12. **Implantación general**



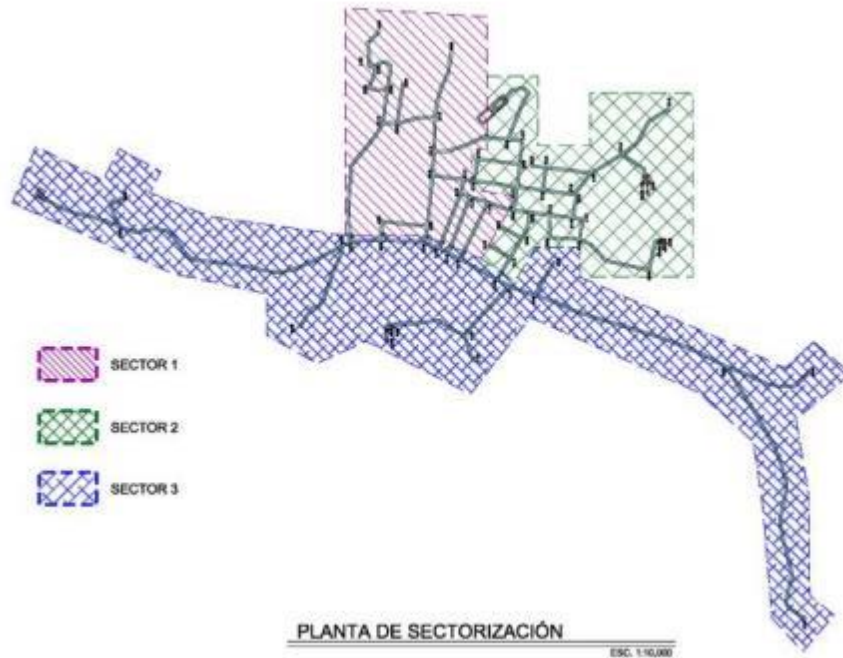
Fuente: Municipalidad de San José del Golfo, (2022). *Implantación General*.

Figura 13. **Planta general de curvas de nivel**



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo, (2022). *Planta general de curvas de nivel*.

Figura 14. **Planta de sectorización**



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo, (2022). *Planta de sectorización*.

### 5.3.1. Tramo numero 1

El tramo número 1, se estima que abastecerá una población futura de 4,002 habitantes, lo cual se considera partiendo del punto que el sector 1 cuenta con 421 casas a la fecha, se consideró una población promedio de 6 habitantes por casa, se estima una longitud total para este sector de 3,158 metros lineales.

- Condiciones de diseño
  - Población: 4,002 habitantes

- Dotación: 150 l / hab / día
- Factor de día máximo: 1.80
- Factor de hora máximo: 2.00
- Caudal medio diario:
- Qmd: dotación / # habitantes / 86,400
- Qmd: 6.99 l/s
- Caudal máximo diario: 12.58 l/s
- Caudal máximo horario: 13.98 l/s

Figura 15. **Red de agua potable, tramo número 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación, se presentarán los resultados de la simulación realizada para el tramo número 1, en el programa EPANET, este es de licencia libre.

**Tabla III. Línea de nudo, tramo numero 1**

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud m	Diámetro mm
6.00	7.00	8.00	103.00	50.00
7.00	8.00	9.00	58.00	50.00
8.00	9.00	10.00	71.00	50.00
9.00	10.00	8.00	127.00	50.00
10.00	7.00	5.00	41.00	50.00
11.00	5.00	6.00	127.00	50.00
12.00	5.00	3.00	119.00	50.00
13.00	3.00	4.00	207.00	50.00
14.00	3.00	2.00	103.00	50.00
15.00	2.00	13.00	75.00	50.00
16.00	13.00	21.00	153.00	50.00
17.00	21.00	24.00	140.00	50.00
22.00	13.00	14.00	97.00	50.00
42.00	17.00	16.00	56.00	50.00
43.00	16.00	15.00	28.00	50.00
45.00	15.00	14.00	45.00	50.00
75.00	11.00	12.00	110.00	50.00
81.00	11.00	10.00	27.00	50.00
28.00	2.00	1.00	155.00	50.00
65.00	1.00	44.00	40.00	50.00
82.00	25.00	7.00	400.00	50.00
85.00	23.00	24.00	47.00	50.00
88.00	22.00	21.00	42.00	50.00
91.00	18.00	15.00	160.00	50.00
94.00	19.00	16.00	165.00	50.00
97.00	20.00	17.00	175.00	50.00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla IV. Resultado de nodo, tramo numero 1**

ID nudo	Demanda l/s	Altura m	Presión m	Calidad
7.00	1.11	912.41	2.41	0.00
8.00	0.50	910.22	5.22	0.00
9.00	0.23	910.00	5.00	0.00
10.00	0.58	909.88	8.88	0.00
12.00	0.28	909.76	12.76	0.00
6.00	0.23	914.86	11.86	0.00
5.00	0.17	914.93	5.93	0.00
3.00	0.28	924.24	11.24	0.00
4.00	0.33	924.03	26.03	0.00
2.00	0.17	935.33	17.33	0.00
13.00	0.50	931.72	15.72	0.00
21.00	0.69	930.69	15.69	0.00
24.00	0.08	930.65	15.65	0.00
15.00	0.07	930.28	15.28	0.00
14.00	0.17	930.66	15.66	0.00
16.00	0.07	930.16	15.16	0.00
17.00	0.17	930.07	15.07	0.00
11.00	0.13	909.84	8.84	0.00
1.00	0.17	982.28	62.28	0.00
25.00	0.17	912.28	2.28	0.00
23.00	0.08	930.65	15.65	0.00
22.00	0.08	930.69	15.69	0.00
18.00	0.23	930.20	17.20	0.00
19.00	0.25	930.06	17.06	0.00
20.00	0.25	929.96	16.96	0.00
44.00	-6.99	995.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.



**Tabla V. Resultado de línea, tramo numero 1**

ID Línea	Caudal l/s	Velocidad M/S	Perdida Unitaria m/km	Estado
6.00	1.72	0.88	21.27	abierto
7.00	0.67	0.34	3.64	abierto
8.00	0.44	0.22	1.69	abierto
9.00	-0.55	0.28	2.61	abierto
10.00	-3.00	1.53	61.48	abierto
11.00	0.20	0.12	0.54	abierto
12.00	-3.40	1.73	78.25	abierto
13.00	0.33	0.17	1.03	abierto
14.00	-4.01	2.04	107.66	abierto
15.00	2.64	1.34	48.10	abierto
16.00	0.93	0.47	6.73	abierto
17.00	0.16	0.08	0.29	abierto
22.00	1.21	0.62	10.97	abierto
42.00	-0.42	0.21	1.58	abierto
43.00	-0.74	0.38	4.42	abierto
45.00	-1.04	0.53	8.28	abierto
75.00	0.28	0.14	0.77	abierto
81.00	-0.41	0.21	1.52	abierto
28.00	-6.82	3.47	302.94	abierto
65.00	-6.99	3.56	317.91	abierto
82.00	-0.17	0.09	0.32	abierto
85.00	-0.08	0.04	0.05	abierto
88.00	-0.28	0.04	0.05	abierto
914.00	-0.20	0.12	0.54	abierto
94.00	-0.25	0.13	0.63	abierto
97.00	-0.25	0.13	0.60	abierto

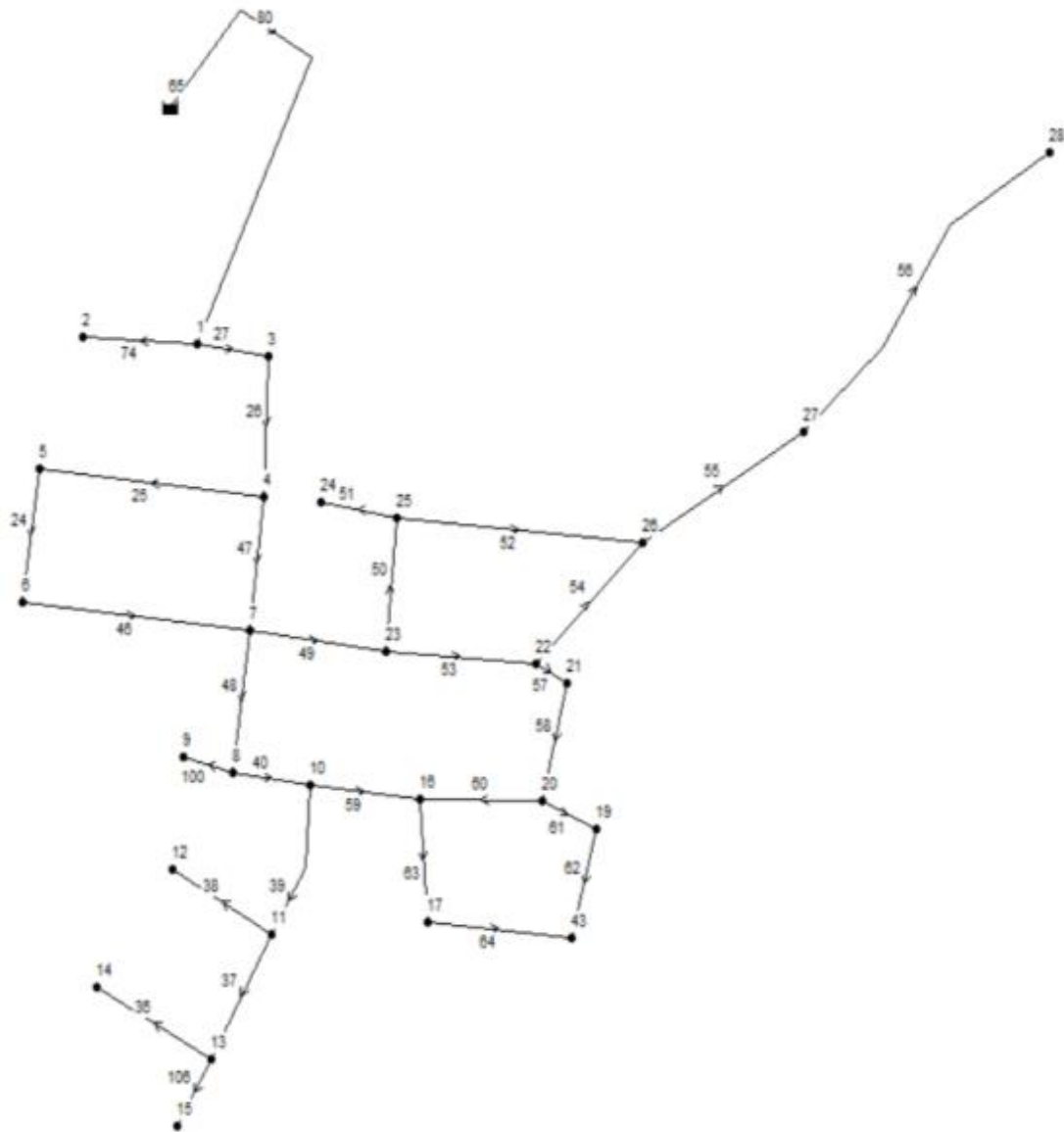
Fuente: elaboración propia.

### **5.3.2. Tramo numero 2**

El tramo número 2, se estima que abastecerá una población futura de 3,489 habitantes, lo cual se considero partiendo del punto que el sector 2 cuenta con 367 casas a la fecha, se consideró una población promedio de 6 habitantes por casa, se estima una longitud total para este sector de 2,907 metros lineales.

- Condiciones de diseño
  - Población: 3,489 habitantes
  - Dotación: 150.00 l / hab / día
  - Factor de día máximo: 1.80
  - Factor de hora máximo: 2.00
  - Caudal medio diario:
  - Qmd: dotación / # habitantes / 86,400
  - Qmd: 5.73 l/s
  - Caudal máximo diario: 10.31 l/s
  - Caudal máximo horario: 11.46 l/s

**Figura 16. Red de agua potable, tramo numero 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación, se presentarán los resultados de la simulación para el tramo número 2, realizada en el programa EPANET, este es de licencia libre.

**Tabla VI. Línea de nudo, tramo numero 2**

ID Línea	Nudo inicial	Nudofinal	Longitud m	Diámetro mm
24.00	6.00	5.00	65.00	50.00
25.00	5.00	4.00	130.00	50.00
26.00	4.00	3.00	71.00	50.00
27.00	3.00	1.00	39.00	50.00
36.00	13.00	14.00	78.00	50.00
37.00	13.00	11.00	68.00	50.00
38.00	11.00	12.00	73.00	50.00
39.00	11.00	10.00	85.00	50.00
40.00	10.00	8.00	45.00	50.00
46.00	6.00	7.00	132.00	50.00
47.00	7.00	4.00	69.00	50.00
48.00	7.00	8.00	72.00	50.00
49.00	7.00	23.00	78.00	50.00
50.00	23.00	25.00	68.00	50.00
51.00	25.00	24.00	47.00	50.00
52.00	25.00	26.00	139.00	50.00
53.00	23.00	22.00	89.00	50.00
54.00	22.00	26.00	86.00	50.00
55.00	26.00	27.00	111.00	50.00
56.00	27.00	28.00	209.00	50.00
57.00	22.00	21.00	11.00	50.00
58.00	21.00	20.00	70.00	50.00
59.00	10.00	16.00	62.00	50.00
60.00	16.00	20.00	71.00	50.00
61.00	20.00	19.00	27.00	50.00
62.00	19.00	43.00	60.00	50.00
63.00	16.00	17.00	68.00	50.00
64.00	17.00	43.00	88.00	50.00
80.00	1.00	65.00	257.00	50.00
74.00	2.00	1.00	80.00	50.00
100.00	9.00	8.00	40.00	50.00
106.00	15.00	13.00	55.00	50.00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VII. Resultado de nodo, tramo numero 2**

ID nudo	Demanda l/s	Altura m	Presión m	Calidad
1.00	0.08	959.61	29.61	0.00
3.00	0.10	951.65	20.65	0.00
4.00	0.15	937.67	17.67	0.00
5.00	0.00	935.03	16.03	0.00
6.00	0.17	933.71	19.71	0.00
7.00	0.50	931.51	18.51	0.00
23.00	0.46	928.47	14.47	0.00
25.00	0.46	927.96	4.96	0.00
24.00	0.28	927.93	5.93	0.00
26.00	0.13	927.88	6.88	0.00
22.00	0.08	927.89	10.89	0.00
21.00	0.07	927.84	9.84	0.00
20.00	0.23	927.58	13.58	0.00
19.00	0.17	927.55	10.55	0.00
43.00	0.31	927.52	14.52	0.00
17.00	0.20	927.53	19.53	0.00
13.00	0.23	926.59	14.59	0.00
11.00	0.43	926.76	18.76	0.00
10.00	0.23	927.70	19.70	0.00
8.00	0.23	928.89	19.89	0.00
12.00	0.26	926.71	17.71	0.00
14.00	0.17	926.57	13.57	0.00
27.00	0.10	927.82	15.82	0.00
28.00	0.12	927.80	15.80	0.00
16.00	0.23	927.58	17.58	0.00
2.00	0.08	959.60	29.60	0.00
9.00	0.13	928.88	18.88	0.00
15.00	0.13	926.58	15.58	0.00
65.00	-5.73	1015.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VIII. Resultado de línea, tramo numero 2**

ID Línea	Caudal l/s	Velocidad M/S	Perdida Unitaria m/km	Estado
24.00	-1.68	0.86	20.34	abierto
25.00	-1.68	0.86	20.34	abierto
26.00	-5.47	2.79	196.87	abierto
27.00	-5.57	2.84	203.95	abierto
36.00	0.17	0.09	0.32	abierto
37.00	-0.53	0.27	2.40	abierto
28.00	0.26	0.13	0.67	abierto
39.00	-1.22	0.62	11.15	abierto
40.00	-1.92	0.98	26.31	abierto
46.00	1.51	0.77	16.63	abierto
47.00	-3.64	1.85	89.28	abierto
48.00	2.28	1.16	36.47	abierto
49.00	2.37	1.20	38.98	abierto
50.00	0.99	0.50	7.49	abierto
51.00	0.28	0.14	0.77	abierto
52.00	0.25	0.13	0.61	abierto
53.00	0.92	0.47	6.59	abierto
54.00	0.10	0.05	0.09	abierto
55.00	0.22	0.11	0.50	abierto
56.00	0.12	0.06	0.13	abierto
57.00	0.74	0.37	4.36	abierto
58.00	0.67	0.34	3.63	abierto
59.00	0.47	0.24	1.97	abierto
60.00	-0.05	0.03	0.03	abierto
61.00	0.39	0.20	1.36	abierto
62.00	0.22	0.11	0.48	abierto
63.00	0.29	0.15	0.84	abierto
64.00	0.09	0.05	0.07	abierto
80.00	-5.73	2.92	215.54	abierto
74.00	-0.08	0.04	0.05	abierto
100.00	-0.13	0.07	0.17	abierto
106.00	-0.13	0.07	0.17	abierto

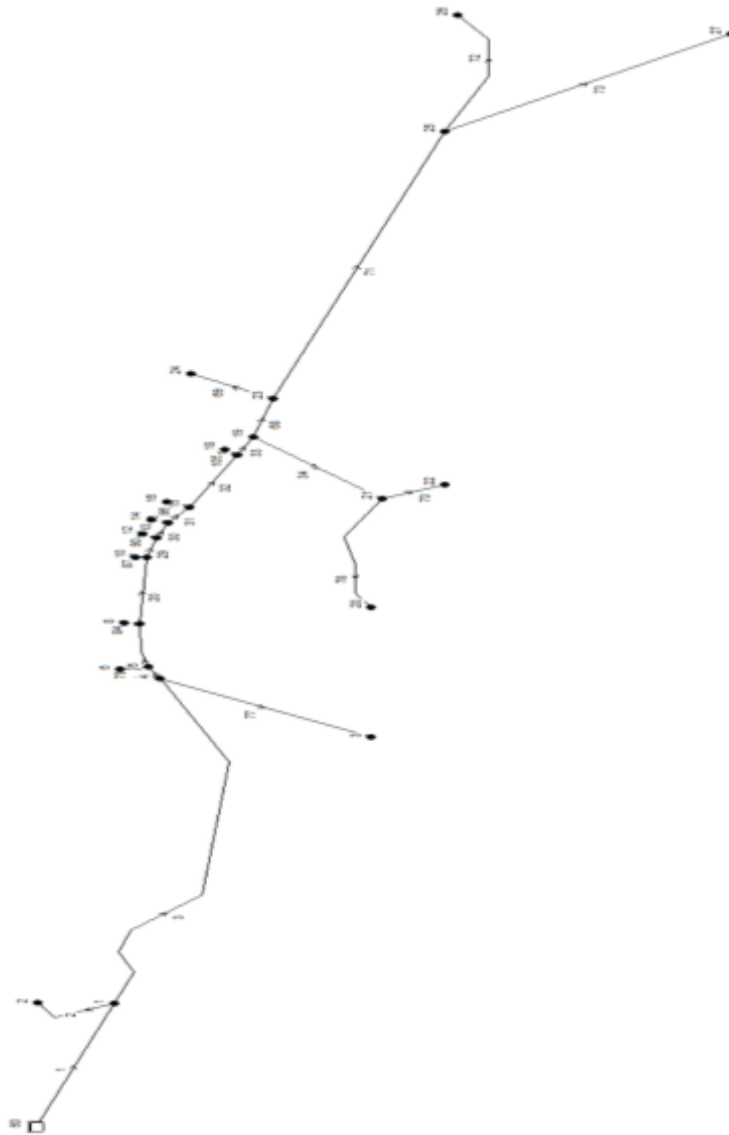
Fuente: elaboración propia.

### **5.3.3. Tramo numero 3**

El tramo número 3, se estima que abastecerá una población futura de 5,229 habitantes, lo cual se considera partiendo del punto que el sector 3 cuenta con 550 casas a la fecha y se consideró una población promedio de 6 habitantes por casa, se estima una longitud total para este sector de 5,118 metros lineales.

- Condiciones de diseño
  - Población: 5,229 habitantes
  - Dotación: 150 l / hab / día
  - Factor de día máximo: 1.80
  - Factor de hora máximo: 2.00
  - Caudal medio diario:
  - Qmd: dotación / # habitantes / 86,400
  - Qmd: 9.11 l/s
  - Caudal máximo diario: 16.40 l/s
  - Caudal máximo horario: 18.22 l/s

**Figura 17. Red de agua potable, tramo numero 3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación, se presentarán los resultados de la simulación para el tramo número 3, realizada en el programa EPANET, este es de licencia libre.



**Tabla IX. Línea de nudo, tramo numero 3**

ID Línea	Nudo inicial	Nudo final	Longitud m	Diámetro mm
2.00	1.00	2.00	115.00	50.00
3.00	1.00	4.00	755.00	50.00
4.00	4.00	5.00	22.00	50.00
19.00	5.00	7.00	95.00	50.00
20.00	7.00	9.00	135.00	50.00
29.00	9.00	11.00	45.00	50.00
30.00	11.00	13.00	30.00	50.00
31.00	13.00	15.00	37.00	50.00
32.00	15.00	17.00	129.00	50.00
33.00	17.00	19.00	39.00	50.00
34.00	19.00	21.00	204.00	50.00
68.00	19.00	23.00	84.00	50.00
69.00	23.00	24.00	120.00	50.00
70.00	21.00	22.00	86.00	50.00
71.00	23.00	25.00	635.00	50.00
72.00	25.00	26.00	287.00	50.00
73.00	25.00	27.00	873.00	50.00
1.00	1.00	60.00	257.00	50.00
77.00	4.00	3.00	298.00	50.00
78.00	20.00	21.00	297.00	50.00
79.00	5.00	6.00	10.00	50.00
84.00	7.00	8.00	10.00	50.00
87.00	9.00	10.00	10.00	50.00
90.00	11.00	12.00	20.00	50.00
93.00	13.00	14.00	20.00	50.00
96.00	15.00	16.00	20.00	50.00
105.00	17.00	18.00	20.00	50.00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla X. Resultado de nodo, tramo numero 3**

ID nudo	Demanda l/s	Altura m	Presión m	Calidad
1.00	0.13	1,412.60	458.60	0.00
2.00	0.53	1,412.32	456.20	0.00
4.00	1.77	1,064.40	134.40	0.00
5.00	0.07	1,058.46	128.46	0.00
7.00	0.13	1,033.90	104.90	0.00
9.00	0.35	1,000.70	78.70	0.00
21.00	0.41	951.73	37.73	0.00
22.00	0.36	951.63	41.63	0.00
19.00	0.26	952.90	35.90	0.00
17.00	0.10	958.68	40.68	0.00
15.00	0.13	979.18	61.18	0.00
13.00	0.12	985.53	67.53	0.00
11.00	0.35	991.07	72.07	0.00
24.00	0.33	945.35	36.35	0.00
23.00	0.41	945.48	31.48	0.00
25.00	1.39	909.38	19.38	0.00
26.00	0.50	908.76	24.76	0.00
27.00	0.99	902.79	35.79	0.00
20.00	0.08	951.72	63.72	0.00
3.00	0.25	1,064.21	139.21	0.00
6.00	0.07	1,058.46	128.46	0.00
8.00	0.03	1,033.90	107.90	0.00
10.00	0.07	1,000.70	78.70	0.00
12.00	0.07	991.07	72.07	0.00
14.00	0.07	985.53	70.53	0.00
16.00	0.07	979.18	64.18	0.00
18.00	0.07	958.68	40.68	0.00
60.00	-9.11	1,550.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XI. Resultado de línea, tramo numero 3**

ID Línea	Caudal l/s	Velocidad M/S	Perdida Unitaria m/km	Estado
2.00	0.53	0.27	2.40	ABIERTO
3.00	8.45	4.30	461.19	ABIERTO
4.00	6.43	3.27	269.97	ABIERTO
19.00	6.29	3.20	258.60	ABIERTO
20.00	6.13	3.12	248.90	ABIERTO
29.00	5.71	2.91	214.07	ABIERTO
30.00	5.29	2.69	187.44	ABIERTO
31.00	5.10	2.60	171.75	ABIERTO
32.00	4.90	2.50	158.89	ABIERTO
33.00	4.73	2.41	148.34	ABIERTO
34.00	0.85	0.43	5.70	ABIERTO
68.00	3.62	1.84	88.32	ABIERTO
69.00	0.33	0.17	1.03	ABIERTO
70.00	0.36	0.18	1.20	ABIERTO
71.00	2.88	1.47	56.84	ABIERTO
72.00	0.50	0.25	2.16	ABIERTO
73.00	0.99	0.50	7.55	ABIERTO
1.00	-9.11	4.54	534.64	ABIERTO
77.00	0.25	0.12	0.63	ABIERTO
78.00	-0.08	0.04	0.05	ABIERTO
79.00	0.07	0.04	0.05	ABIERTO
84.00	0.03	0.02	0.02	ABIERTO
87.00	0.07	0.04	0.05	ABIERTO
90.00	0.07	3.04	0.05	ABIERTO
93.00	0.07	0.04	0.04	ABIERTO
96.00	0.07	0.04	0.04	ABIERTO
105.00	0.07	0.04	0.05	ABIERTO

Fuente: elaboración propia.

El servicio de agua potable será proporcionado por la municipalidad de San José del Golfo, la tubería de agua potable a instalarse será de tipo 1, grado

1, PVC 1120 ASTM D2241, 250 psi, SDR26. Todos los accesorios de tubería deben cumplir la norma ASTM D2466.

#### **5.4. Costos**

A continuación se describirán los procesos que se necesitan para la construcción de la propuesta de proyecto, con el objetivo de plantear renglones y costos de cada uno, se colocaron tablas que ayudaran a la comprensión de los mismos.

##### **5.4.1. Costos del mejoramiento de la red de agua potable**

Las calles de la cabecera municipal, en un 95 por ciento, se encuentran pavimentadas, es uno de los pocos municipios que cuenta con un 85 por ciento de infraestructura vial y un 80 por ciento se encuentra en condiciones aceptables.

Para la construcción del mejoramiento de la red del sistema de agua potable, se necesitara realizar en primera instancia un replanteo topográfico, por lo general en la planificación se toman niveles, entre anchos de las calles y detalles necesarios para el diseño, como parámetro general la municipalidad solicita a los ejecutores que realicen este reglón.

Se deberá realizar el corte de pavimento, este tendrá un ancho de 0.80 metros, de deberá retirar el materia proveniente de dicho corte del área, la excavación será de una profundidad de 1.00 metro hasta la parte superior de la tubería, se agregara el diámetro de la tubería más una base de selecto compactado de 0.15 metros de ancho, posterior a la colocación de la base se colocara la tubería, se realizan pruebas a la red colocada para revisión de algún

daño realizado por el transporte o por la colocación, así como los accesorios colocados y válvulas.

Debiendo rellenar la zanja con material selecto, este será a consideración del supervisor municipal si se puede usar el materia de la excavación o materia selecto, esta compactación se realizara humedeciendo el material y por capas no mayor a 0.20 metros ni menor a 0.10 metros.

Se colocara la base de 0.15 metros con una compactación al 95 por ciento del Proctor normal, esto para que posteriormente se coloque la capa de rodadura de pavimento rígido, debido a que el 95 por ciento de las calles son de este material.

Se deberán seguir las indicaciones de los planos para lograr la conformación de las mallas de distribución, logrando una dotación constante y segura de agua a la población.

**Tabla XII. Integración de costos unitarios, red de agua potable**

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1.00	Trabajos preliminares				
1.01	Replanteo topográfico	16,248.00	m2	Q 8.00	Q 129,984.00
1.02	Corte y retiro de concreto	8,665.60	m2	Q 95.00	Q 823,232.00
1.03	Trazo y nivelación	16,248.00	m2	Q 7.00	Q 113,736.00
2.00	Línea de agua potable				
	Línea de distribución, suministro, excavación, nivelación, relleno de zanja y colocación tubería $\varnothing$ 2" (nivelación y compactación de cama de material selecto e= 0.15m)	10,832.00	ml	Q 670.00	Q 7,257,440.00
2.02	Suministro e instalación de válvulas varias	10.00	unidad	Q 636.00	Q 6,360.00
3.00	Obras complementarias				
3.01	Tendido y compactación de capa base t=0.15 m.	8,665.60	m2	Q 65.00	Q 563,264.00
3.02	Pavimento de concreto hidráulico de 4,000 psi e=0.15 m.	8,665.60	m2	Q 265.00	Q 2,296,384.00
4.00	Trabajos finales				
4.01	Limpieza final + retiro de material sobrante	16,248.00	m2	Q 13.00	Q 211,224.00
Costo total del proyecto					Q 11,401,624.00

Fuente: elaboración propia.

Los unitarios de los renglones se colocaran en los Apéndices para la compresión del costo total de la construcción del mejoramiento de la red de agua potable.

El tiempo de ejecución variara dependiendo del presupuesto con el que se cuente en la municipalidad, podría ser desde un año hasta volverlo

multianual con dos o tres años, esto a conveniencia de la administración municipal.

#### **5.4.2. Costo de la captación del agua potable con el caudal necesario para los habitantes de la cabecera municipal**

A continuación, se presentarán los renglones necesarios que la DMP de la municipalidad de San José del Golfo, utilizan según sus parámetros de diseño, los cuales realizan proyectos con obras complementarias, a fin de no tener que invertir fondos con ajustes o ampliaciones a corto o mediano plazo, este costo total del proyecto es por unidad de pozo, teniendo las condiciones del terreno ideal, para no invertir en renglones complementarios de modificación del mismo.

Se contempla la perforación de 300 metros de profundidad, con un diámetro de 12.50 pulgadas, esto para un encamisado de 8 pulgadas aproximadamente 0.20 metros, esta tubería será de acero negro, ranurado según indique el perfil de ingreso de agua al pozo y liso donde se necesite a captación de la misma, a los laterales se colocara graba fina para la filtración de líquido al pozo.

Al terminar la perforación y el encamisado se colocara un sello sanitario que consta de la fundición alrededor de la tubería del pozo.

Se procederá a la colocación de tubería de succión la cual llevara el motor y la bomba que realizara el trabajo de extracción de agua, los cables de la equipamiento se dirigirán hacia el tablero de control, este estará en la caseta de controles la cual también servirá de guardianía, la construcción de la caseta

será de mampostería con cimientó, columna y losa, en los acabados llevará ensabietado, repello, cernido y dos capas de pintura.

El predio será circulado con un muro perimetral de un metro de altura, llevará malla galvanizada con estructura de metal, esta llevará una altura de 2.00 metros, al final llevará alambre con púas para seguridad de los elementos electromecánicos que conforman el pozo.

Como plan de mitigación del ambiente se deberá colocar una capa de tierra negra que permitirá la adhesión de la grama, se deberá sembrar tipos de árboles que se den en el lugar, como arboles fruteros y en la actualidad se sabe por estudios realizados que el bambú se da en lugares semiáridos y no necesitan mucha agua para su crecimiento, esto solo será en el interior del terreno del pozo manteniendo el ambiente del lugar, así cumpliendo con los reglamentos nacionales y como propuesta de la reducción del corredor seco.

Se retirara todo material utilizado para en construcción que ya no se requiera en la obra, esto será por medio de transporte de camiones, pick up o como se requiera, llevando este material al botadero municipal a indicaciones del supervisor municipal.



**Tabla XIII. Integración de costos unitarios, construcción pozo y equipamiento**

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Trabajos preliminares				
1.01	Chapeo, limpieza y nivelación de área	150.00	m2	Q 17.00	Q 2,550.00
1.02	Replanteo topográfico	150.00	m2	Q 19.00	Q 2,850.00
2	Transporte de maquinaria y montaje de equipo	1.00	global	Q 11,500.00	Q 11,500.00
3	Perforación de pozo	300.00	ml	Q 3,715.00	Q 1,114,500.00
4	Brocal o sello sanitario	1.00	global	Q 3,377.00	Q 3,377.00
5	Desarrollo y limpieza de pozo	1.00	global	Q 24,133.00	Q 24,133.00
6	Prueba de bombeo	1.00	global	Q 18,780.00	Q 18,780.00
7	Equipamiento de pozo	1.00	unidad	Q 327,990.00	Q 327,990.00
8	Electricidad	1.00	global	Q 55,232.00	Q 55,232.00
9	Caseta de controles + guardianía	1.00	unidad	Q 102,900.00	Q 102,900.00
10	Gramá	110.00	m2	Q 105.00	Q 11,550.00
11	Circulación de predio	46.00	m	Q 2,350.00	Q 108,100.00
12	Desmontaje de equipo y transporte de maquinaria	1.00	global	Q 7,378.00	Q 7,378.00
13	Limpieza general más retiro de material desperdicio	1.00	global	Q 8,500.00	Q 8,500.00
Costo total					Q 1,799,340.00

Fuente: elaboración propia.

Los costos unitarios de cada renglón se encuentran en los Apéndices para la comprensión del costo total de la construcción de los pozos así como del mejoramiento de red de agua potable.

## **5.5. Factibilidad del proyecto general**

Según el diseño propuesto y las cantidades de agua necesarias para dotar a los habitantes durante las 24 horas al día, se tienen cálculos realizados basados por medio de tablas proporcionadas por UNEPAR, se requiere que se construyan por lo menos 3 pozos con caudales iguales o superiores a 200 GPM. Esto lograría cubrir y exceder el caudal, con el fin de prever baja de niveles dinámicos en los pozos por las sequillas.

Si se construyeran estos pozos faltantes, el presupuesto requerido sería de aproximadamente Q. 1, 799,340.00 X 3 = Q. 5, 398,020.00, esto sin incluir el costo de la tierra donde se colocara el proyecto, la municipalidad cuenta con áreas propias adecuadas para este tipo de obra por lo que no habría problemas para la construcción.

El tiempo de ejecución de un pozo por lo regular y en experiencia de la DMP es de 6 meses, pero para el requerimiento de dotación ya que serán aproximadamente 3 pozos, podría ser un pozo por año, lo que indica que podrían ser hasta 3 años para complementar la infraestructura necesaria.

El situado constitucional que es entregado a la municipalidad año tras año, ha ido decreciendo, esto debido a diversos parámetros que se son considerados por SEGEPLAN, lo cual deja sin fondos para inversión en proyectos de capital fijo, la mejor alternativa es el CODEDE, el cual da un aporte actual de 12 millones anuales, en la investigación se conoció el Plan Operativo Anual, en el cual se cuenta con diversidad de proyectos para todas las aldeas del municipio.

Se considera como más viable el aporte del CODEDE, por ser constitucional y seguro año tras año, tendiendo este a un leve crecimiento con forme se logre la ejecución del presupuesto cada año fiscal, así como parámetros propios de municipio.

También existen otras alternativas a considerar, como lo puede ser el propio INFON, pero este tiene la limitante que los fondos que otorga son en calidad de préstamo, por lo que como se mencionó anteriormente la municipalidad no cuenta con fondos para el pago mensual, otro podría ser ONGs las cuales se dedican a financiar diversidad de proyectos o programas a beneficio de las comunidades, pero en la actualidad la misma legislación hace que se difícil el contactar con alguna de ellas y mucho menos llegar a acuerdos para la realización de proyectos, esto debido a que anteriormente estas organizaciones tuvieron problemas con la ley.

En resumen se cuentan con por lo menos tres fuentes de financiamiento, CODEDE, INFOM y ONGs, queda a discreción de las autoridades municipales lograr el acercamiento con las últimas dos entidades, la primera es obligatoria por lo que siempre se cuentan con estos fondos, pero se utilizan para proyectos que sean de prioridad para las aldeas, por los que no solo son para la cabecera municipal.

Se presentara el cuadro resumen de costos que son necesarios para el proyecto de mejoramiento de del sistema de captación y distribución de agua potable, para la cabecera del municipio de San José del Golfo, Guatemala.

Tabla XIV. **Resumen de costos**

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Red de agua potable	1.00	unidad	Q11,401,624.00	Q 11,401,624.00
2	Construcción de pozos y equipamiento	3.00	unidad	Q 1,799,340.00	Q 5,398,020.00
Costo total					Q 16,799,644.00

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Con las fuentes de captación que se cuentan en la actualidad, la corporación municipal tiene un déficit grande en agua, por lo que no logra dotar a los habitantes de la cabecera municipal del vital líquido como lo regularizan los estándares nacionales, la red de distribución a llegado a vida útil y es de diámetros pequeño, por lo que ya es obsoleta.
2. En el capítulo 5 se plantean el diseño de la propuesta del proyecto para el mejoramiento del sistema general de agua potable, en el cual se incluye la red de distribución, captación y factibilidad para la realización del proyecto, se indican posibles fuentes de financiamiento accesibles para la municipalidad.
3. Según el diseño propuesto y con la construcción de 3 pozos adicionales y la mejora en la red de distribución, se podrá mantener la dotación diaria y constante del agua potable a los habitantes de la cabecera, con el fin de que tengan mejoras en sus actividades diarias, apoyando el tema de salud y desarrollo.
4. Se determinó que el costo total es de Q. 16, 799,644.00, el aporte anual del CODEDE es de aproximadamente 12 millones, lo cual podría ser en una ejecución multianual, debiendo tener en cuenta que el municipio tiene también otras prioridades en infraestructura.



## RECOMENDACIONES

1. Lograr la reducción del déficit de agua, por medio de construcción de más fuentes de captación así como el mejoramiento de la red, por medio de mejoras para evitar pérdida del líquido.
2. Los costos planteados son con datos del mercado nacional actual, por lo que se deberán actualizar al momento de plantearlos ante las entidades que financiaran el proyecto, si fuera posible logran conseguir fuentes además de las tres planteadas.
3. El diseño propuesto contiene los elementos necesarios, cumple con los parámetros de diseño para su implementación, deberá ser corroborado por la DMP y sus ingenieros planificadores, así como deberán tener en cuenta el crecimiento de la cabecera.
4. El costo total de proyecto corresponde a una mejora total del sistema, por lo que se deberá plantear ante el Concejo Municipal para su aprobación y planteamiento de propuesta ante las entidades que financiaran.





## REFERENCIAS

1. Anaya, M., Pérez, A., López, N., & Martínez, I. (2018). *Manual Técnico. Sistema de Captación del Agua de Lluvia (SCALL)*. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados. México.
2. AQUAE Fundación. (s.f.). *Fundación aquae*. Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/caracteristicas-agua-potable/>
3. Barrios Diego, H. (mayo de 2019). *Diseño del Sistema de Agua Potable para la colonia Las Margaritas y Localización predial y uso de suelo de la zona 10, San Miguel Petapa*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala
4. BBC Extra. (15 de Mayo de 2019). Que es el Corredor Seco y porque esta ligado a la Pobreza extrema en casi toda Centroamerica. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-48186820>
5. Bizlatin Hub. (04 de Agosto de 2020). Cuáles son las industrias más grandes para hacer negocios en Guatemala. Recuperado de <https://www.bizlatinhub.com/es/industrias-grandes-hacer-negocios-guatemala/>
6. Booking.com. (s.f.). [cuandovisitar.com.gt](https://www.booking.com). Recuperado de <https://www.cuandovisitar.com.gt/guatemala/san-jose-del-golfo-1442099/>

7. CARE-AVINA. (enero de 2012). Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo (5). Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Quito, Ecuador. Recuperado de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf)
8. Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. (S. d. Naturales, Ed.) Coyoacán, D.F., México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA. Recuperado el 3 de mayo de 2022, de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>
9. CONAGUA. (2018). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. México: Gobierno de la República. Recuperado de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf)
10. Cuaspué, J. (2020). *Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Vereda San Vicente del Municipio de Dagua*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Occidente Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12258/T09122.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

11. Duran, P. (2022). *Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable. Congreso Nacional del Medio Ambiente*. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado de 2022, de <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/41008.pdf>
12. Econet Desatascos. (28 de abril de 2022). EcoNet. Recuperado de <https://econetdesatascos.com/como-se-distribuye-el-agua-potable/es.weatherspark.com>.
13. García, R. (agosto de 2018). *El Impacto del cambio climático en el Corredor seco de Guatemala*. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11702/1/Rina%20Mar%C3%ADa%20Garc%C3%ADa%20Marroqu%C3%ADn.pdf>
14. Guzmán, S. (2014). *Sistema de captación de aguas pluviales adaptable a casas habitación*. (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, Huajapan de León, México. Recuperado de [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/12492.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12492.pdf)
15. Herrera, A. (2005). *Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, Aldea Sanguayabá, municipio de Palencia, Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_0041.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0041.pdf)
16. Hidraqua. (s.f.). Hidraqua. Recuperado de <https://www.hidraqua.es/captacion>

17. Jiménez, J. (2013). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y alcantarillado sanitario*. (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana. Veracruz, México: Recuperado de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
18. Marroquín, A. (Agosto de 2018). El impacto del cambio climático en el corredor seco de Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11702/1/Rina%20Mar%C3%ADa%20Garc%C3%ADa%20Marroqu%C3%ADn.pdf>
19. Ministerio de Gobernación. (2014). *Informe Demografico San Jose del Golfo Tercer Viceministerio de Gobernacion UPCV*. Guatemala: UPCV.
20. Mora, S. (30 de mayo de 2018). CONACYT. Recuperado de [http://www.rtmg.org/layers/geonode%3Acorredor\\_seco](http://www.rtmg.org/layers/geonode%3Acorredor_seco)
21. Municipalidad San José del Golfo. (2020). *Nuestra Historia*. Recuperado de <http://munisanjosedelgolfo.gob.gt/nuestra-historia/>
22. Pejerrey, L. (2018). *Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Saneamiento en la comunidad de Cullco Belén, Distrito de Potoni-Azángaro- Puno*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque, Perú.
23. Pineda, A. (2017). *Vulnerabilidad del sistema de agua potable del Área Protegida Cordillera Alux en Mixco Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

24. Quiñones, L. (08 de Agosto de 2019). Naciones Unidas. Recuperado de <https://news.un.org/es/audio/2019/08/1460401>
  
25. Quiroa Escobar, R. (2018). *Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la zona 2 de la cabecera municipal de Sibinal, San Marcos*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
  
26. SEGEPLAN. (marzo de 2010). Informe SEGEPLAN. Recuperado de [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=MDTA\\_PDF\\_104](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=MDTA_PDF_104)
  
27. SEGEPLAN. (Marzo de 2010). INFORME SEGEPLAN. Recuperado de [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=MDTA\\_PDF\\_104](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=MDTA_PDF_104)
  
28. Stauffer, B., & Spuhler, D. (2020). SSWM. Recuperado de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29#:~:text=La%20captaci%C3%B3n%20de%20aguas%20superficiales,del%20recurso%20a%20una%20po>
  
29. USAID. (2016). Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad. Manual 23, Servicios Públicos, caja de herramientas 2. Tegucigalpa, Honduras: United States Agency for International Development (USAID). Recuperado el 29 de abril de 2022, de

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/USAID  
%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimie  
nto%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/USAID%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf)

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Guía entrevista usuarios del servicio



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ESTUDIO DE POSGRADO

BOLETA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

#### ENCUESTA DE TIPO Y CALIDAD DE SERVICIO

El objetivo de esta encuesta es conocer el tipo y calidad de servicio, así como saber si las mejoras propuestas serán de la conveniencia de los habitantes de la Cabecera Municipal. La información que proporcione será estrictamente confidencial y se usará para colaboración al trabajo de graduación.

Instrucciones: favor de contestar con una "X" en el cuadro seleccionado.

	SI	NO
1 ¿El servicio de agua potable, es diario?		
2 ¿Le alcanza la cantidad de agua potable que se le suministra?		
3 ¿La calidad del agua es confiable?		
4 ¿Toma agua potable del chorro?		
5 ¿Paga el servicio de agua potable mensualmente?		
6 ¿El precio que paga por el agua potable, es razonable?		
7 ¿Estaría de acuerdo en pagar más, por un mejor servicio?		
8 ¿Estaría de acuerdo en que se le ponga contador de agua en su casa?		
9 ¿Cree que los comercios deberían pagar más por el agua potable?		
10 ¿Los fontaneros realizan su trabajo?		

¿Podría indicarnos con sus palabras como se podría mejorar el servicio de agua potable, en la cabecera municipal?

Gracias por su colaboración.

Fuente: elaboración propia.

- Hojas de costos unitarios, Integración de costos unitarios, red de agua potable.

## Apéndice 2. Hoja de unitario renglón 1.01

1.01	REGLON DE TRABAJO:	REPLANTEO TOPOGRAFICO				
	MEDIDA:	16,248.00	M <sup>2</sup>			
	COSTO UNITARIO:	Q 8.00				
MATERIALES						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	
	EQUIPO DE TOPOGRAFIA (ESTACION TOTAL)	64.99	dia	Q 700.00	Q	45,494.40
	ESTACAS	3435.29	unidad	Q 2.25	Q	7,729.41
	CAL HIDRATADA	37.14	bolsa	Q 40.00	Q	1,485.53
	PINTURA DE ACEITE	9.28	galon	Q 140.00	Q	1,299.84
	HILO PLASTICO	9.28	rollo	Q 30.00	Q	278.54
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	56,287.72
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q</b>	<b>56,287.72</b>
MANO DE OBRA						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL	
	TOPOGRAFO	64.99	dia	Q 300.00	Q	19,497.60
	CADENERO	64.99	dia	Q 125.00	Q	8,124.00
	SUB TOTAL				Q	27,621.60
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 27,621.60	Q	12,429.72
	SUB TOTAL				Q	12,429.72
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q</b>	<b>40,051.32</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q</b>	<b>96,339.04</b>
	<b>FACTOR DE COSTO INDIRECTO</b>				<b>Q</b>	<b>33,644.96</b>
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>Q</b>	<b>129,984.00</b>

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 3. Hoja de unitario renglón 1.02

1.02	REGLON DE TRABAJO:	CORTE Y RETIRO DE CONCRETO			
	MEDIDA:	8665.60	M <sup>2</sup>		
	COSTO UNITARIO:	Q 95.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	CORTADORA DE CONCRETO	128.62	dia	Q 450.00	Q 57,877.85
	DISCOS PARA CORTAR CONCRETO PUNTA DIAMANTE	128.62	unidad	Q 40.00	Q 5,144.70
	RETROEXCAVADORA	125.40	dia	Q 2,200.00	Q 275,884.41
	CAMION DE VOLTEO	125.40	dia	Q 1,200.00	Q 150,482.40
	CARRETILLAS	6.43	unidad	Q 275.00	Q 1,768.49
	PALAS	6.43	unidad	Q 75.00	Q 482.32
	SUB TOTAL				Q 491,640.16
	TOTAL MATERIALES				Q 491,640.16
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	OPERADOR RETROEXCAVADORA	125.40	dia	Q 200.00	Q 25,080.40
	PILOTO DE CAMION	125.40	dia	Q 150.00	Q 18,810.30
	AYUDANTE (3)	125.40	dia	Q 100.00	Q 37,620.60
	SUB TOTAL				Q 81,511.30
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 81,511.30	Q 36,680.09
	SUB TOTAL				Q 36,680.09
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 118,191.39
	TOTAL DIRECTO				Q 609,831.55
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 213,400.45
	COSTO TOTAL				Q 823,232.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Hoja de unitario renglón 1.03**

<b>1.03</b>	REGLON DE TRABAJO:	TRAZO Y NIVELACION				
	MEDIDA:	16248.00	M <sup>2</sup>			
	COSTO UNITARIO:	Q 7.00				
<b>MATERIALES</b>						
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>	
	RETROEXCAVADORA	32.50	dia	Q 2,200.00	Q	71,491.20
					Q	-
					Q	-
	<b>SUB TOTAL</b>				Q	<b>71,491.20</b>
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q	<b>71,491.20</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	
	OPERADOR RETROEXCAVADORA	32.50	dia	Q 200.00	Q	6,499.20
	AYUDANTES	27.85	dia	Q 100.00	Q	2,785.37
					Q	-
					Q	-
	<b>SUB TOTAL</b>				Q	<b>9,284.57</b>
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 9,284.57	Q	4,178.06
	<b>SUB TOTAL</b>				Q	<b>4,178.06</b>
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q	<b>13,462.63</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>				Q	<b>84,953.83</b>
	<b>FACTOR DE COSTO INDIRECTO</b>				Q	<b>28,782.17</b>
	<b>COSTO TOTAL</b>				Q	<b>113,736.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Hoja de unitario renglón 2.01

2.01	REGLON DE TRABAJO:	LINEA DE DISTRIBUCION, SUMINISTRO, EXCAVACION, NIVELACION, RELLENO DE ZANJA Y COLOCACION TUBERIA Ø 2" (Nivelacion y compactacion de cama de material selecto e= 0.15m)			
	MEDIDA:	10,832.00	ML		
	COSTO UNITARIO:	Q 670.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	TUBERIA PVC Ø 2" 250 PSI	1812.89	tubos	Q 260.00	Q 471,350.63
	ACCESORIOS Y PEGAMENTO DE TUBOS	9.06	global	Q 19,266.00	Q 174,635.41
	SELECTO	1631.60	m³	Q 100.00	Q 163,159.83
					Q -
	SUB TOTAL				Q 809,145.87
	TOTAL MATERIALES				Q 809,145.87
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	EXCAVACION	6825.52	m³	Q 125.00	Q 853,189.96
	RELLENO COMPACTADO	5801.24	m³	Q 110.00	Q 638,136.23
	RETIRO DE MATERIAL DE DESPERDICIO	1060.54	m³	Q 225.00	Q 238,621.26
	COLOCACION DE SELECTO	1631.60	m³	Q 40.00	Q 65,263.93
	INSTALACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS	10832.00	ml	Q 125.00	Q 1,354,000.00
	SUB TOTAL				Q 3,149,211.38
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 3,149,211.38	Q 1,417,145.12
	SUB TOTAL				Q 1,417,145.12
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 4,566,356.50
	TOTAL DIRECTO				Q 5,375,502.37
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 1,881,937.63
	COSTO TOTAL				Q 7,257,440.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Hoja de unitario renglón 2.02

2.02	REGLON DE TRABAJO:	SUMINISTRO E INTALACION DE VALVULAS VARIAS			
	MEDIDA:	10.00	UNIDAD		
	COSTO UNITARIO:	Q 636.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	VALVULAS DE COMPUERTA (diferentes diámetros)	10.00	unidad	Q 250.00	Q 2,500.00
	ACCESORIOS Y TEFLON PARA VALVULAS	0.29	global	Q 1,395.00	Q 398.57
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 2,898.57
	TOTAL MATERIALES				Q 2,898.57
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	INSTALACION DE VALVULAS Y ACCESORIOS	10.00	unidad	Q 125.00	Q 1,250.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 1,250.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 1,250.00	Q 562.50
	SUB TOTAL				Q 562.50
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 1,812.50
	TOTAL DIRECTO				Q 4,711.07
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 1,648.93
	COSTO TOTAL				Q 6,360.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Hoja de unitario renglón 3.01

3.01	REGLON DE TRABAJO:	TENDIDO Y COMPACTACION DE CAPA BASE t=0.15 mts.			
	MEDIDA:	8,665.60	M <sup>2</sup>		
	COSTO UNITARIO:	Q 65.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	CAMION CISTERNA	44.57	dia	Q 1,100.00	Q 49,022.54
	CAMION DE VOLTEO	49.52	dia	Q 1,200.00	Q 59,421.26
	PATROL	49.52	dia	Q 3,800.00	Q 188,167.31
	MATERIAL BALASTO	1322.12	m <sup>3</sup>	Q 65.00	Q 85,937.99
	SUB TOTAL				Q 382,549.10
	TOTAL MATERIALES				Q 382,549.10
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	OPERADOR DE PATROL	49.52	dia	Q 200.00	Q 9,903.54
	PILOTO DE CISTERNA	44.57	dia	Q 150.00	Q 6,684.89
	PILOTO DE CAMION DE VOLTEO	49.52	dia	Q 150.00	Q 7,427.66
	SUB TOTAL				Q 24,016.09
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 24,016.09	Q 10,807.24
	SUB TOTAL				Q 10,807.24
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 34,823.33
TOTAL DIRECTO					Q 417,372.43
FACTOR DE COSTO INDIRECTO					Q 145,891.57
COSTO TOTAL					Q 563,264.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Hoja de unitario renglón 3.02

3.02	REGLON DE TRABAJO:	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO DE 4,000 PSI e=0.15 m.				
	MEDIDA:	8,665.60	M <sup>2</sup>			
	COSTO UNITARIO:	Q 265.00				
MATERIALES						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	
	ARENA DE RIO	897.11	m <sup>3</sup>	Q 120.00	Q	107,652.80
	PIEDRIN DE 3/4"	1025.72	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q	205,144.82
	CEMENTO PORTLAND UGC	12350.49	saco	Q 79.00	Q	975,688.68
	CONCRETERA	45.02	dia	Q 350.00	Q	15,755.64
	VIBRADOR	45.02	dia	Q 275.00	Q	12,379.43
	ANTISOL	25.72	galon	Q 285.00	Q	7,331.19
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	1,323,952.55
	TOTAL MATERIALES				Q	1,323,952.55
MANO DE OBRA						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL	
	HACER + COLOCACION+ FUNDICION DE CONCRETO	1299.84	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q	259,968.00
					Q	-
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	259,968.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 259,968.00	Q	116,985.60
	SUB TOTAL				Q	116,985.60
	TOTAL MANO DE OBRA				Q	376,953.60
	TOTAL DIRECTO				Q	1,700,906.15
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q	595,477.85
	COSTO TOTAL				Q	2,296,384.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Hoja de unitario renglón 4.01

4.01	REGLON DE TRABAJO:	LIMPIEZA FINAL + RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE				
	MEDIDA:	16248.00	UNIDAD			
	COSTO UNITARIO:	Q 13.00				
MATERIALES						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	
	RETROEXCAVADORA	40.00	dia	Q 2,200.00	Q	88,000.00
	CAMION DE VOLTEO	40.00	dia	Q 1,200.00	Q	48,000.00
					Q	-
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	136,000.00
	TOTAL MATERIALES				Q	136,000.00
MANO DE OBRA						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL	
	OPERADOR RETROEXCAVADORA	40.00	dia	Q 120.00	Q	4,800.00
	PILOTO DE CAMION DE VOLTEO	40.00	dia	Q 150.00	Q	6,000.00
	AYUDANTE (2)	30.00	dia	Q 100.00	Q	3,000.00
	SUB TOTAL				Q	13,800.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 13,800.00	Q	6,210.00
	SUB TOTAL				Q	6,210.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q	20,010.00
	TOTAL DIRECTO				Q	156,010.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q	55,214.00
	COSTO TOTAL				Q	211,224.00

Fuente: elaboración propia.

- Hojas de costos unitarios. Integración de costos unitarios, construcción pozo y equipamiento.

Apéndice 10. **Hoja de unitario renglón 1.01**

<b>1.01</b>	REGLON DE TRABAJO:	CHAPEO, LIMPIEZA Y NIVELACION DE AREA				
	MEDIDA:	150	M <sup>2</sup>			
	COSTO UNITARIO:	Q	17.00			
MATERIALES						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	
	CARRETILLAS	1.00	unidad	Q 250.00	Q	250.00
	PALAS	2.00	unidad	Q 84.50	Q	169.00
	MACHETES	2.00	unidad	Q 40.00	Q	80.00
	PIOCHAS	1.00	unidad	Q 85.00	Q	85.00
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	584.00
	TOTAL MATERIALES				Q	584.00
MANO DE OBRA						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL	
	LIMPIEZA, CHAPEO Y NIVELACION DEL AREA	150.00	m <sup>2</sup>	Q 6.00	Q	900.00
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	900.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 900.00	Q	405.00
	SUB TOTAL				Q	405.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q	1,305.00
	TOTAL DIRECTO				Q	1,889.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q	661.00
	COSTO TOTAL				Q	2,550.00

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 11. Hoja de unitario renglón 1.02

1.02	REGLON DE TRABAJO:	REPLANTEO TOPOGRAFICO			
	MEDIDA:	150	M <sup>2</sup>		
	COSTO UNITARIO:	Q	19.00		
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1.50	día	Q 750.00	Q 1,125.00
	CLAVOS	1.00	lb.	Q 6.00	Q 6.00
	PINTURA	0.50	galón	Q 145.00	Q 72.50
	HILO PLASTICO	1.00	rollo	Q 30.00	Q 30.00
	ESTACAS	60.00	unidad	Q 2.00	Q 120.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 1,353.50
	TOTAL MATERIALES				Q 1,353.50
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	TOPOGRAFO	1.50	día	Q 250.00	Q 375.00
	CADENERO (1)	1.50	día	Q 100.00	Q 150.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 525.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 525.00	Q 236.25
	SUB TOTAL				Q 236.25
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 761.25
	TOTAL DIRECTO				Q 2,114.75
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 735.25
	COSTO TOTAL				Q 2,850.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. Hoja de unitario renglón 2

2	REGLON DE TRABAJO:	TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y MONTAJE DE EQUIPO			
	MEDIDA:	1	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 11,500.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	MAQUINA PERFORADORA	20.00	galon	Q 21.00	Q 420.00
	GRUA	20.00	galon	Q 21.00	Q 420.00
	COMPRESOR	16.00	galon	Q 21.00	Q 336.00
	CISTERNA	16.00	galon	Q 21.00	Q 336.00
	MONTAJE Y PRUEBA DE EQUIPOS	30.00	galon	Q 21.00	Q 630.00
	SUB TOTAL				Q 2,142.00
	TOTAL MATERIALES				Q 2,142.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	TRANSPORTE DE MAQUINAS	1.00	global	Q 2,800.00	Q 2,800.00
	MONTAJE Y PRUEBA DE EQUIPO	1.00	global	Q 1,600.00	Q 1,600.00
	SUB TOTAL				Q -
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 4,400.00	Q 1,980.00
	SUB TOTAL				Q 1,980.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 6,380.00
	TOTAL DIRECTO				Q 8,522.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 2,978.00
	COSTO TOTAL				Q 11,500.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Hoja de unitario renglón 3

3	REGLON DE TRABAJO:	PERFORACION DE POZO			
	MEDIDA:	300	ML		
	COSTO UNITARIO:	Q 3,715.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	GRAVA DE 1/4" (SELECTA)	20.00	m³	Q 200.00	Q 4,000.00
	BENTONITA. SACO DE 50 LB	300.00	saco	Q 98.00	Q 29,400.00
	LIQUI-TROL CUBETA 5 GLS.	4.00	cubeta	Q 3,200.00	Q 12,800.00
	EZ MUD CUBETA DE 5 GLS.	4.00	cubeta	Q 2,300.00	Q 9,200.00
	PENETROL CUBETA DE 5 GLS.	5.00	cubeta	Q 1,100.00	Q 5,500.00
	SODA ASH	200.00	lbs.	Q 40.00	Q 8,000.00
	OXIGENO CILINDRO DE 100 LB	1.00	u	Q 2,000.00	Q 2,000.00
	ACETILENO CILINDRO DE 100 LB	1.00	u	Q 1,200.00	Q 1,200.00
	DIESEL	4293.00	galon	Q 21.00	Q 90,153.00
	CEMENTO PORTLAND UGC	90.00	saco	Q 79.00	Q 7,110.00
	TUBERIA DE ACERO NEGRO 8" LISA	40.00	tubo	Q 3,650.00	Q 146,000.00
	TUBERIA DE ACERO NEGRO PARA FILTRO 8"	20.00	tubo	Q 4,690.00	Q 93,800.00
	MALLA DE GALLINERO 3/8"	20.00	ml	Q 10.00	Q 200.00
	ELECTRODO 7018	140.00	lbs.	Q 21.00	Q 2,940.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 412,303.00
	TOTAL MATERIALES				Q 412,303.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	EQUIPO DE TRABAJO PARA PERFORACION (INCLUYE PERFORACION DE POZO)	300.00	ml	Q 950.00	Q 285,000.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 285,000.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 285,000.00	Q 128,250.00
	SUB TOTAL				Q 128,250.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 413,250.00
	TOTAL DIRECTO				Q 825,553.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 288,947.00
	COSTO TOTAL				Q 1,114,500.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. Hoja de unitario renglón 4

4	REGLON DE TRABAJO:	BROCAL O SELLO SANITARIO			
	MEDIDA:	1	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 3,377.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	ARENA DE RIO	1.20	m³	Q 120.00	Q 144.00
	PIEDRIN DE 3/4"	0.90	m³	Q 200.00	Q 180.00
	CEMENTO PORTLAND UGC	5.00	saco	Q 79.00	Q 395.00
	HIERRO DE 3/8" CORRUGADO	3.00	varilla	Q 17.00	Q 51.00
	HIERRO DE 1/2" CORRUGADO	2.00	varilla	Q 32.00	Q 64.00
	ALAMBRE DE AMARRE	2.00	lb.	Q 6.00	Q 12.00
	CLAVO DE 3"	1.00	lb.	Q 6.00	Q 6.00
	MADERA PARA FORMALETA	50.00	pt.	Q 4.00	Q 200.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 1,052.00
	TOTAL MATERIALES				Q 1,052.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	HACER BROCAL	1.00	unidad	Q 1,000.00	Q 1,000.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 1,000.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 1,000.00	Q 450.00
	SUB TOTAL				Q 450.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 1,450.00
	TOTAL DIRECTO				Q 2,502.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 875.00
	COSTO TOTAL				Q 3,377.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Hoja de unitario renglón 5

5	REGLON DE TRABAJO:	DESARROLLO Y LIMPIEZA DE POZO			
	MEDIDA:	1.00	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 24,133.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	DIESEL PARA COMPRESOR A RAZON DE 5 TONELES CADA 24 HORAS	531.00	galon	Q 21.00	Q 11,151.00
					Q -
					Q -
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 11,151.00
	TOTAL MATERIALES				Q 11,151.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	DESARROLLO Y LIMPIEZA	2.00	DIA	Q 2,320.00	Q 4,640.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 4,640.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 4,640.00	Q 2,088.00
	SUB TOTAL				Q 2,088.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 6,728.00
	TOTAL DIRECTO				Q 17,879.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 6,254.00
	COSTO TOTAL				Q 24,133.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. Hoja de unitario renglón 6

6	REGLON DE TRABAJO:	PRUEBA DE BOMBEO			
	MEDIDA:	1.00	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 18,780.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	DIESEL PARA FUNCIONAMIENTO DE GENERADOR PARA EQUIPO DE BOMBEO	462.00	GALÓN	Q 21.00	Q 9,702.00
					Q -
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 9,702.00
	TOTAL MATERIALES				Q 9,702.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	PRUEBA DE BOMBEO	1.00	UNIDAD	Q 2,900.00	Q 2,900.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 2,900.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 2,900.00	Q 1,305.00
	SUB TOTAL				Q 1,305.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 4,205.00
	TOTAL DIRECTO				Q 13,907.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 4,873.00
	COSTO TOTAL				Q 18,780.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. Hoja de unitario renglón 7

7	RENGLON DE TRABAJO:	EQUIPAMIENTO DE POZO			
	MEDIDA:	1.00	UNIDAD		
	COSTO UNITARIO:	Q 327,990.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	BOMBA SUMERGIBLE	1.00	UNIDAD	Q 65,000.00	Q 65,000.00
	MOTOR PARA BOMBA	1.00	UNIDAD	Q 22,000.00	Q 22,000.00
	ARRANCADOR MAGNETICO	1.00	UNIDAD	Q 8,000.00	Q 8,000.00
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD	1.00	UNIDAD	Q 5,800.00	Q 5,800.00
	PROTECTOR DE FASES	1.00	UNIDAD	Q 1,800.00	Q 1,800.00
	GUARDANIVEL	1.00	UNIDAD	Q 1,700.00	Q 1,700.00
	ELECTRODOS BOTONERA	2.00	UNIDAD	Q 250.00	Q 500.00
	BOTONERA	1.00	UNIDAD	Q 600.00	Q 600.00
	LUZ PILOTO	1.00	UNIDAD	Q 150.00	Q 150.00
	FUNDA DE ENFRIAMIENTO	1.00	UNIDAD	Q 800.00	Q 800.00
	GABINETE METALICO	1.00	UNIDAD	Q 1,500.00	Q 1,500.00
	VALVULA DE CHEQUE	2.00	UNIDAD	Q 4,500.00	Q 9,000.00
	TUBERIA HG Ø 3" TM	40.00	UNIDAD	Q 950.00	Q 38,000.00
	CABLE SUMERGIBLE No.2/3	1000.00	PIE	Q 60.00	Q 60,000.00
	CABLE PORTA ELECTRODO No.14/2	1000.00	PIE	Q 8.00	Q 8,000.00
	COLLARIN DE SOPORTE	1.00	UNIDAD	Q 400.00	Q 400.00
	SELLO SANITARIO	1.00	UNIDAD	Q 400.00	Q 400.00
	CABEZAL DE DESCARGA	1.00	UNIDAD	Q 700.00	Q 700.00
	EMPALME	1.00	UNIDAD	Q 500.00	Q 500.00
	INSTALACION CON GRUA	1.00	UNIDAD	Q 1,500.00	Q 1,500.00
	TUBERIA, ACCESORIOS Y VALVULA DE COMPUERTA	1.00	UNIDAD	Q 3,700.00	Q 3,700.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 230,050.00</b>
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 230,050.00</b>
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	INSTALACION DE EQUIPO PARA POZO	1.00	UNIDAD	Q 8,900.00	Q 8,900.00
					Q -
					Q -
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 8,900.00</b>
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 8,900.00	Q 4,005.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 4,005.00</b>
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 12,905.00</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 242,955.00</b>
	<b>FACTOR DE COSTO INDIRECTO</b>				<b>Q 85,035.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. **Hoja de unitario renglón 8**

<b>8</b>	<b>REGLON DE TRABAJO:</b>	<b>ELECTRICIDAD</b>			
	<b>MEDIDA:</b>	1.00	GLOBAL		
	<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 55,232.00			
<b>MATERIALES</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
	ACOMETIDA ELECTRICA EN CASETA + CAJA SOQUET + FLIPON	1.00	unidad	Q 13,500.00	Q 13,500.00
	ACCESORIOS PARA INSTALACION EN CASETA	1.00	global	Q 9,836.00	Q 9,836.00
	COLUMNA EN CASETA	1.00	unidad	Q 7,500.00	Q 7,500.00
	<b>SUB TOTAL</b>				Q 30,836.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 30,836.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
	INSTALACION ELECTRICA	1.00	unidad	Q 6,950.00	Q 6,950.00
					Q -
					Q -
	<b>SUB TOTAL</b>				Q 6,950.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 6,950.00	Q 3,127.50
	<b>SUB TOTAL</b>				Q 3,127.50
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 10,077.50
	<b>TOTAL DIRECTO</b>				Q 40,913.50
	<b>FACTOR DE COSTO INDIRECTO</b>				Q 14,318.50
	<b>COSTO TOTAL</b>				Q 55,232.00

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 19. Hoja de unitario renglón 9

9	REGLON DE TRABAJO:	CASETA DE CONTROLES + GUARDIANIA			
	MEDIDA:	1.00	UNIDAD		
	COSTO UNITARIO:	Q 102,900.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	ARENA DE RIO	7.00	m³	Q 120.00	Q 840.00
	PIEDRIN DE 3/4"	6.00	m³	Q 200.00	Q 1,200.00
	CEMENTO PORTLAND UGC	68.00	saco	Q 79.00	Q 5,372.00
	REPELLO PREPARADO	15.00	bolsas	Q 65.00	Q 975.00
	HIERRO DE 1/4" LISO	15.00	varilla	Q 7.00	Q 105.00
	HIERRO DE 3/8" CORRUGADO	34.00	varilla	Q 17.00	Q 578.00
	ALAMBRE DE AMARRE	20.00	lb.	Q 6.00	Q 120.00
	CLAVO DE 3"	12.00	lb.	Q 6.00	Q 72.00
	MADERA PARA FORMALETA	400.00	pt.	Q 4.00	Q 1,600.00
	BLOCK POMEZ 0.15 x 0.20 x 0.40 mt.	400.00	u	Q 5.00	Q 2,000.00
	VENTANERIA	1.00	global	Q 850.00	Q 850.00
	PUERTA	2.00	unidad	Q 700.00	Q 1,400.00
	ELECTRICIDAD	1.00	global	Q 875.00	Q 875.00
	PINTURA	3.00	gls.	Q 125.00	Q 375.00
	SUB TOTAL				Q 16,362.00
	TOTAL MATERIALES				Q 16,362.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	EXCAVACION	6.00	m³	Q 60.00	Q 360.00
	CIMIENTO CORRIDO	14.50	ml	Q 150.00	Q 2,175.00
	SOLERAS	42.00	ml	Q 175.00	Q 7,350.00
	LEVANTADO DE COLUMNAS	11.00	unidad	Q 350.00	Q 3,850.00
	LEVANTADO DE BLOCK	38.00	m²	Q 75.00	Q 2,850.00
	PISO DE CONCRETO	11.50	m²	Q 300.00	Q 3,450.00
	LOSA DE CONCRETO	11.50	m²	Q 1,400.00	Q 16,100.00
	INSTALAR PUERTA	2.00	unidad	Q 300.00	Q 600.00
	INSTALACION ELECTRICA	1.00	global	Q 800.00	Q 800.00
	PINTURA	60.00	m²	Q 25.00	Q 1,500.00
	REPELLO	60.00	m²	Q 30.00	Q 1,800.00
	INSTALACION VENTANERIA	1.00	global	Q 450.00	Q 450.00
	SUB TOTAL				Q 41,285.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 41,285.00	Q 18,578.25
	SUB TOTAL				Q 18,578.25
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 59,863.25
	TOTAL DIRECTO				Q 76,225.25
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 26,674.75
	COSTO TOTAL				Q 102,900.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 20. Hoja de unitario renglón 10

10	REGLON DE TRABAJO:	GRAMA KIKUYU (TEPE)				
	MEDIDA:	110.00	M <sup>2</sup>			
	COSTO UNITARIO:	Q 105.00				
MATERIALES						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	
	GRAMA KIKUYU (TEPE)	110.00	m <sup>2</sup>	Q 35.00	Q	3,850.00
	TIERRA NEGRA	11.00	m <sup>3</sup>	Q 51.00	Q	561.00
					Q	-
					Q	-
	SUB TOTAL				Q	4,411.00
	TOTAL MATERIALES				Q	4,411.00
MANO DE OBRA						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL	
	TRANSPORTE DE GRAMA	110.00	m <sup>2</sup>	Q 10.00	Q	1,100.00
	COLOCACION DE GRAMA	110.00	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q	1,650.00
	COLOCACION DE TIERRA NEGRA	11.00	m <sup>3</sup>	Q 10.00	Q	110.00
	SUB TOTAL				Q	2,860.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 2,860.00	Q	1,287.00
	SUB TOTAL				Q	1,287.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q	4,147.00
	TOTAL DIRECTO				Q	8,558.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q	2,992.00
	COSTO TOTAL				Q	11,550.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. Hoja de unitario renglón 11

11	REGLON DE TRABAJO:	CIRCULACION DE PREDIO			
	MEDIDA:	46.00	ML		
	COSTO UNITARIO:	Q 2,350.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	ARENA DE RIO	7.00	m³	Q 120.00	Q 840.00
	PIEDRIN DE 3/4"	7.00	m³	Q 200.00	Q 1,400.00
	CEMENTO PORTLAND UGC	90.00	saco	Q 79.00	Q 7,110.00
	HIERRO DE 3/8" CORRUGADO	106.00	varilla	Q 17.00	Q 1,802.00
	HIERRO DE 1/4" LISO	96.00	varilla	Q 8.50	Q 816.00
	ALAMBRE DE AMARRE	30.00	lb.	Q 6.00	Q 180.00
	CLAVO DE 3"	8.00	lb.	Q 6.00	Q 48.00
	MADERA PARA FORMALETA	400.00	pt.	Q 4.00	Q 1,600.00
	BLOCK POMEZ 0.15 x 0.20 x 0.40 mt.	700.00	u	Q 5.00	Q 3,500.00
	BLOCK POMEZ U 0.15 x 0.20 x 0.40 mt.	180.00	u	Q 5.50	Q 990.00
	MALLA GALVANIZADA C-10 DE 2"	146.00	m²	Q 30.00	Q 4,380.00
	TUBERIA HG Ø 1½" TL	160.00	ml	Q 35.00	Q 5,600.00
	PORTON DE 4.15 x 2.60 mts.	1.00	unidad	Q 3,970.00	Q 3,970.00
	PINTURA	1.00	gls.	Q 150.00	Q 150.00
	REPELLO PREPARADO	16.00	bolsas	Q 65.00	Q 1,040.00
	SUB TOTAL				Q 33,426.00
	TOTAL MATERIALES				Q 33,426.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	EXCAVACION	5.30	m3	Q 60.00	Q 318.00
	CIMIENTO CORRIDO	46.00	ml	Q 150.00	Q 6,900.00
	SOLERAS	92.00	ml	Q 175.00	Q 16,100.00
	LEVANTADO DE BLOCK	45.00	m²	Q 75.00	Q 3,375.00
	INSTALAR PORTON	1.00	unidad	Q 800.00	Q 800.00
	INSTALACION DE MALLA	92.00	m²	Q 40.00	Q 3,680.00
	PINTURA	40.00	m²	Q 25.00	Q 1,000.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 32,173.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 32,173.00	Q 14,477.85
	SUB TOTAL				Q 14,477.85
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 46,650.85
	TOTAL DIRECTO				Q 80,076.85
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 28,023.15
	COSTO TOTAL				Q 108,100.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 22. Hoja de unitario renglón 12

12	REGLON DE TRABAJO:	DESMONTAJE DE EQUIPO Y TRANSPORTE DE MAQUINARIA			
	MEDIDA:	1.00	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 7,378.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	MAQUINA PERFORADORA	18.00	GALÓN	Q 21.00	Q 378.00
	GRUA	18.00	GALÓN	Q 21.00	Q 378.00
	COMPRESOR	12.00	GALÓN	Q 21.00	Q 252.00
	CISTERNA	12.00	GALÓN	Q 21.00	Q 252.00
					Q -
	SUB TOTAL				Q 1,260.00
	TOTAL MATERIALES				Q 1,260.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	DESMONTAJE DE EQUIPO Y TRANSPORTE	1.00	UNIDAD	Q 2,900.00	Q 2,900.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 2,900.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 2,900.00	Q 1,305.00
	SUB TOTAL				Q 1,305.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 4,205.00
	TOTAL DIRECTO				Q 5,465.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 1,913.00
	COSTO TOTAL				Q 7,378.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 23. Hoja de unitario renglón 13

13	REGLON DE TRABAJO:	LIMPIEZA GENERAL MAS RETIRO DE MATERIAL DESPERDICIO			
	MEDIDA:	1	GLOBAL		
	COSTO UNITARIO:	Q 8,500.00			
MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
	PALAS	2.00	unidad	Q 90.00	Q 180.00
	CAMION DE VOLTEO	2.00	dia	Q 1,200.00	Q 2,400.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 2,580.00
	TOTAL MATERIALES				Q 2,580.00
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	LIMPIAR EL AREA	1.00	global	Q 600.00	Q 600.00
	SACAR RIPIO Y MATERIAL SOBRANTE DEL AREA	1.00	global	Q 1,960.00	Q 1,960.00
					Q -
					Q -
	SUB TOTAL				Q 2,560.00
	PRESTACIONES LABORALES	45%		Q 2,560.00	Q 1,152.00
	SUB TOTAL				Q 1,152.00
	TOTAL MANO DE OBRA				Q 3,712.00
	TOTAL DIRECTO				Q 6,292.00
	FACTOR DE COSTO INDIRECTO				Q 2,208.00
	COSTO TOTAL				Q 8,500.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 24. **Roca metamórfica Esquisto**



Fuente: [Fotografía de Estuardo Orellana]. (San José del Golfo, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

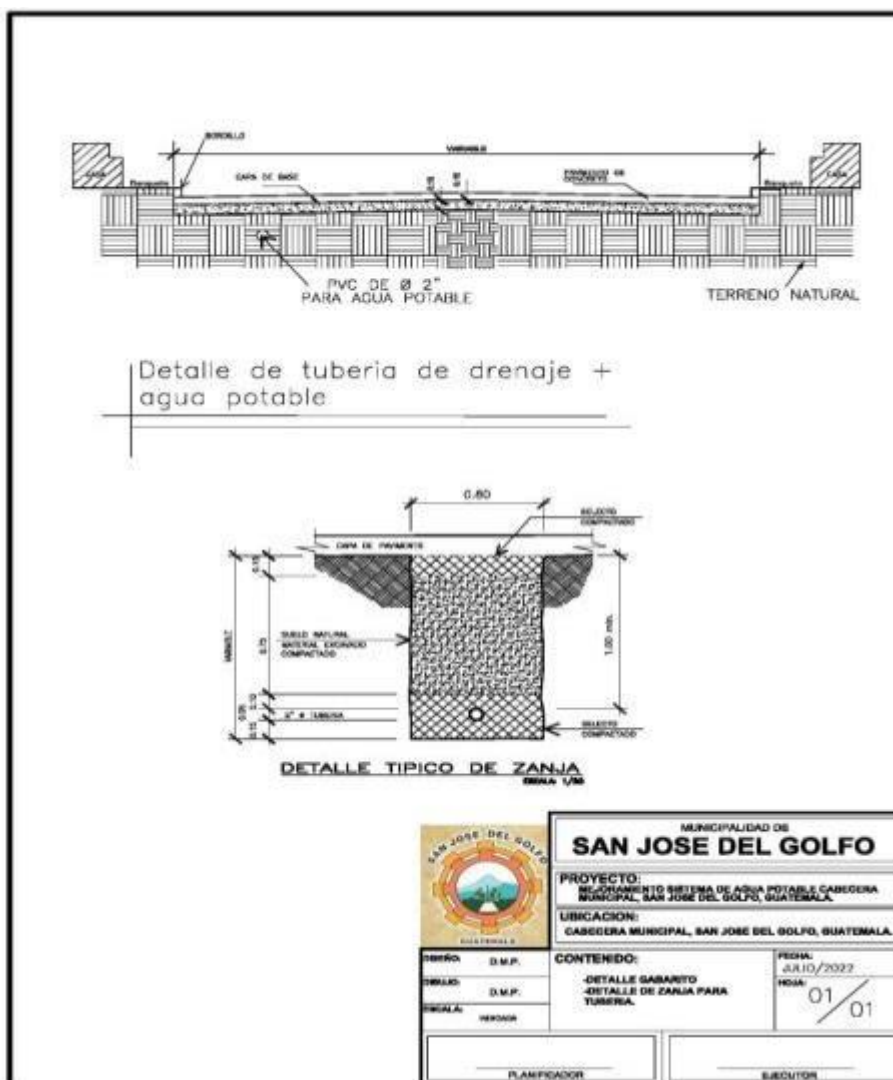
Apéndice 25. **Perforación de pozos mecánicos**



Fuente: [Fotografía de Estuardo Orellana]. (San José del Golfo, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

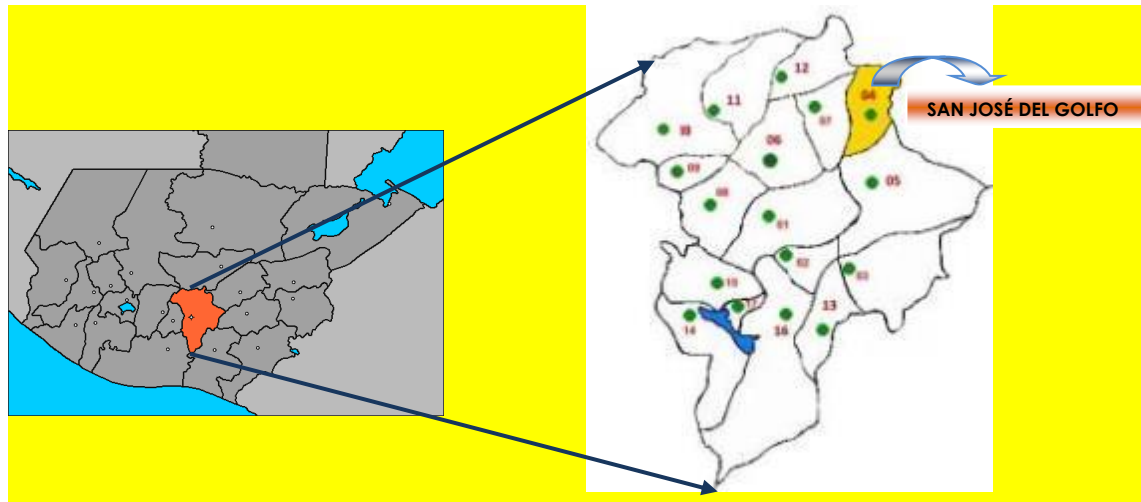
## ANEXOS

### Anexo 1. Hoja de detalles



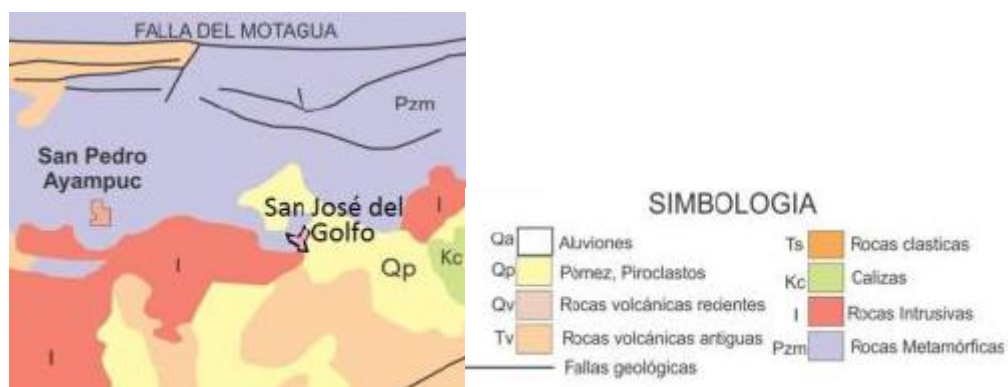
Fuente: Municipalidad de San José del Golfo. (2022). *Detalle de tubería y agua potable.*

## Anexo 2. Mapa ubicación del municipio de San José del Golfo



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo. (2022). *Mapa ubicación del municipio de San José del Golfo.*

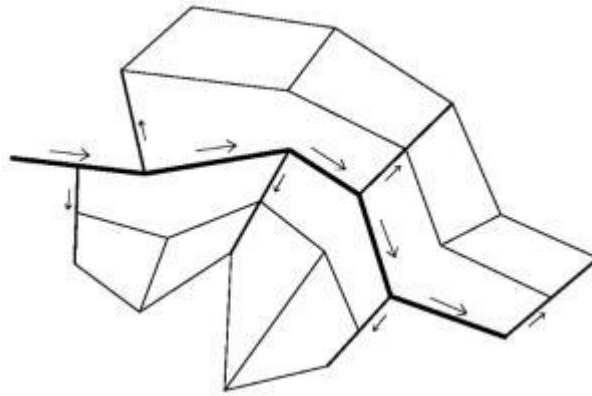
## Anexo 3. Mapa geológico del municipio



Fuente: Ministerio de agricultura (2022). *Ganadería y alimentación.*

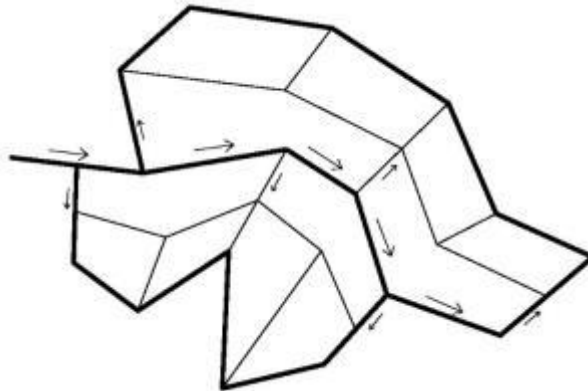


**Anexo 6. Red de distribución de agua potable abierta o ramificada**



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo. (2022). *Red de distribución de agua potable abierta o ramificada.*

**Anexo 7. Red de distribución de agua potable cerrada o malla**



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo. (2022). *Red de distribución de agua potable cerrada o malla.*

