



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Gestión de la Planificación para el Desarrollo

**PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN
QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA
UNIÓN, QUETZALTENANGO**

Ing. Axel David Esteban Fuentes

Asesorado por la Mtra. Inga. Leydi Yanín Ulín Choxóm

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN
QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA
UNIÓN, QUETZALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. AXEL DAVID ESTEBAN FUENTES

ASESORADO POR LA Mtra. Inga. LEYDI YANÍN ULÍN CHOXÓM

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR(A)	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR(A)	Mtra. Licda. Karen Marleni Ortiz López
EXAMINADOR(A)	Mtra. Licda. Alma Leticia Maldonado
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:

**PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN
QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA
UNIÓN, QUETZALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha veintinueve de enero de dos mil veintidós (29-01-2022).

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Ing. Axel David Esteban Fuentes

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: **PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA UNIÓN, QUETZALTENANGO**, presentado por: **Ing. Axel David Esteban Fuentes**, 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

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.101.2023

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:

“PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA UNIÓN, QUETZALTENANGO”

presentado por **Ing. Axel David Esteban Fuentes** 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, 21 de septiembre de 2022.

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

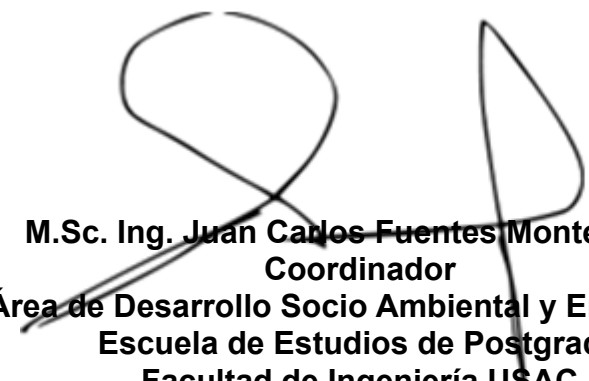
Estimado Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** del trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA UNIÓN, QUETZALTENANGO”**, del estudiante **AXEL DAVID ESTEBAN FUENTES** quien se identifica con número de carné **200530341** 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, 05 agosto 2022.

**Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12**

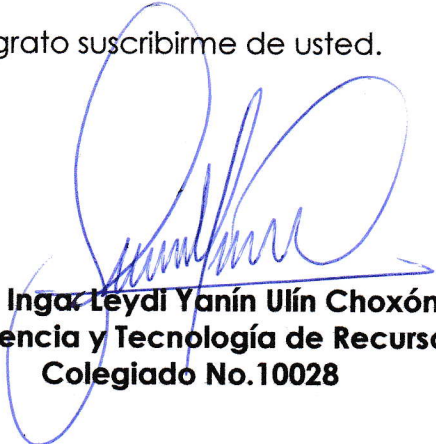
Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesora del trabajo de graduación del estudiante Axel David Esteban Fuentes, carné número 200530341, cuyo título es "**PROPUESTA DEL PLAN DE AGUA PARA INCREMENTAR LA COBERTURA Y DOTACIÓN QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LA UNIÓN, QUETZALTENANGO**", para optar al grado académico de Maestro(a) en Gestión de la Planificación para el Desarrollo, he procedido a la revisión del INFORME FINAL y del ARTÍCULO.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante en mención, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



**Msc. Inga Leydi Yanín Ulín Choxóm
Maestra en Ciencia y Tecnología de Recursos Hídricos
Colegiado No.10028**

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la base para recorrer una vida llena de bendiciones en mi formación académica.
Mis padres	Gustavo Esteban y María Fuentes. Su apoyo, amor y haberme enseñado el camino correcto que han sido la base para la inspiración de todos mis éxitos.
Mis hermanos	Gustavo y Nubia Esteban, con un especial cariño por siempre alentarme a conseguir las metas propuestas.
Mis sobrinos	Mariana García, Santiago Figueroa, Alessandra, Gustavo y Sebastián Esteban por ser un aliento y motivación en todos los ámbitos de mi carrera.
Mis amigos	Por la amistad y los grandes momentos que pasamos en esta aventura educativa.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me ha dado una formación académica de calidad y una importante influencia en mi carrera y permitirme crecer como un profesional.
Facultad de Ingeniería	Por inculcarme en mi formación académica la disciplina, respeto y calidad, siendo la base del desarrollo.
Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN	Por brindarme la oportunidad de mejorar mi formación académica y brindarme el apoyo laboral.
Municipalidad de San Francisco La Unión	Por permitirme desarrollar una investigación de calidad a través del apoyo de sus colaboradores y datos brindados.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
OBJETIVOS	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Estudios previos	1
1.2. Antecedentes de la Municipalidad	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Componentes básicos de un sistema de agua	5
2.1.1. Elemento 1: tipos de fuente	5
2.1.2. Elemento 2: conducción	6
2.1.3. Elemento 3: tanque para la distribución	6
2.1.4. Elemento 4: distribución	7
2.2. Tipos de sistemas de agua	7
2.2.1. Por gravedad	7
2.2.2. Por bombeo	8
2.2.3. Sistema mixto	8
2.3. Conexiones y sus tipos	8
2.3.1. Conexiones prediales	8

2.3.2.	Conexiones llenacántaros	9
2.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	9
2.4.	Dotación	10
2.5.	Determinación de la demanda	10
2.5.1.	Conceptualización de la demanda	10
2.5.2.	Beneficiarios directos e indirectos	11
2.6.	Calidad del agua	11
2.7.	Mantenimiento de los sistemas	12
2.7.1.	Preventivo	12
2.7.2.	Correctivo	12
2.8.	Tarifa	13
2.9.	Normativa y sus bases	13
2.9.1.	Regulación del derecho al agua	13
2.9.2.	Organización de servicios municipales	14
2.9.3.	Competencia propia municipal	15
2.10.	SIG como herramienta	15
2.10.1.	¿Qué es SIG?	16
2.10.2.	Ordenamiento territorial.....	16
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	17
3.1.	Situación actual de la infraestructura del sistema de agua	17
3.1.1.	Inversión pública en agua del municipio.....	17
3.1.2.	Sistemas de bombeo.....	19
3.1.3.	Tanques de almacenamiento y distribución	22
3.1.4.	Condiciones de infraestructura en tanques de agua	24
3.1.4.1.	Tanque Japón	26
3.1.4.2.	Tanque nacimiento.....	26
3.1.4.3.	Tanque nuevo	27

	3.1.4.4.	Tanque rebombeo	27
	3.1.4.5.	Tanque 300.....	28
	3.1.4.6.	Tanque bajo.....	28
	3.1.4.7.	Tanque alto.....	28
	3.1.4.8.	Tanque elevado	29
	3.1.4.9.	Tanque succión	29
	3.1.4.10.	Tanque distribución	30
	3.1.4.11.	Tanque Xeaj	30
	3.1.4.12.	Tanque Chilimup.....	31
3.2.		Análisis de oferta y demanda	31
	3.4.1.	Demanda total actual.....	32
		3.4.1.1. Consumo medio diario	32
		3.4.1.2. Consumo máximo diario	33
	3.4.2.	Demanda de servicio por conexiones actuales.	34
	3.4.3.	Oferta actual	35
	3.4.4.	Oferta por horas efectivas de bombeo.....	37
	3.4.5.	Análisis de oferta-demanda actual.....	38
	3.4.6.	Oferta y demanda futura	40
	3.4.7.	Análisis de escenarios	44
3.5.		Análisis de líneas de distribución de agua.....	45
	3.5.1.	Identificación de líneas por centro poblado	47
	3.5.2.	Digitalización de líneas de distribución	50
3.6.		Bases legales para la normativa en los sistemas de agua	53
	3.6.1.	Bases legales de acuerdo a la Constitución Política de la República de Guatemala	54
	3.6.2.	Bases legales de acuerdo al Código Municipal	54
	3.6.3.	Normativa actual de la Municipalidad	56
	3.6.4.	Bases legales para la implementación de reglamentos	58

3.6.5.	Análisis de tarifas	58
3.7.	Planteamiento del plan de agua	61
3.9.1.	Propuesta de proyectos.....	61
3.9.2.	Propuesta de interconexión.....	64
3.9.3.	Propuesta del procedimiento para la operación, mantenimiento y administración	66
3.9.3.1.	Lineamientos generales del mantenimiento.....	66
3.9.3.2.	Lineamientos generales para la operación.....	68
3.9.3.3.	Lineamientos generales para la administración	69
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.1.	Situación actual de la infraestructura de los sistemas.....	71
4.2.	Análisis de oferta y demanda	74
4.3.	Análisis de líneas de distribución	75
4.4.	Bases legales para la normativa en los sistemas de agua	77
4.5.	Planteamiento del plan de agua	78
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES		83
REFERENCIAS		85
APÉNDICES.....		89
ANEXOS.....		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional de la Municipalidad de San Francisco La Unión	4
2.	Ubicación de los sistemas de bombeo y tanques de agua del municipio de San Francisco La Unión	21
3.	Esquema de funcionamiento del sistema de agua del municipio de San Francisco La Unión	25
4.	Balance de la oferta-demanda actual por conexiones y total de la población en l/s	39
5.	Consumo de agua en el municipio por conexión registrada en la Municipalidad proyectada a 20 años	40
6.	Consumo de agua proyectado a 20 años en el municipio por viviendas totales registradas	42
7.	Escenario de aumento en el periodo de bombeo en función de la demanda total por la población	45
8.	Plano único de distribución de agua registrado en la Municipalidad	47
9.	Líneas principales de distribución en el Cantón Centro	49
10.	Zona 15N de referencia para Guatemala con relación a la latitud y longitud (Coordenadas X,Y)	51
11.	Propiedades del proyecto para el sistema de referencia de coordenadas (SRC) en el software QGis v3.20.....	52
12.	Proceso de creación y digitalización para las líneas de distribución de agua.....	53

13.	Proyección de caudal necesario para el abastecimiento en la Aldea Xeaj al 2042	62
14.	Proyección del caudal necesario para el abastecimiento en el Cantón Paxán al 2042	63
15.	Propuesta de interconexión y sectorización futura.....	65
16.	Proyección de oferta y demanda del sector resultante con la implementación de dos pozos mecánicos.....	79

TABLAS

I.	Inversión pública en proyectos de agua años 2017-2021	18
II.	Caudal de bombeo actual	20
III.	Tanques de almacenamiento y distribución del municipio de San Francisco La Unión	23
IV.	Costo del servicio de agua municipal.....	34
V.	Características de los pozos mecánicos del sistema de agua del municipio de San Francisco La Unión.....	35
VI.	Días de distribución de agua por poblado.....	36
VII.	Horarios efectivos en el funcionamiento de las bombas	37
VIII.	Proyección a 20 años de consumo de agua por conexiones registradas en la Municipalidad.....	41
IX.	Proyección a 20 años de consumo de agua por viviendas totales registradas en el municipio	43
X.	Escenarios de bombeo para mejorar la oferta en función de la demanda total por la población	44
XI.	Longitud de tuberías de distribución de agua por centro poblado....	46
XII.	Relación de cobertura de tubería de distribución con cantidad de conexiones por centro poblado	48

XIII.	Categorías de usuarios y tarifas por conexión	57
XIV.	Gasto por salarios al mes en temas de agua	59
XV.	Formulación presupuestaria de ingresos y egresos 2022	60
XVI.	Volumen total en tanques para distribución.....	72
XVII.	Amenazas ubicadas en el área de los tanques de agua	73
XVIII.	Propuesta de periodo de funcionamiento al sistema de bombeo actua.....	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza (Horse power)
Q	Caudal
Qm	Caudal medio diario
Qc	Consumo medio diario
d	día
Ø	Diámetro
hab	habitante
km	kilómetro
l	litro
m	metro
m ³	metro cubico
s	segundo

GLOSARIO

Aforo	Cantidad de agua que brota de una fuente en un tiempo determinado.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y apta para el consumo humano, es agua que se puede beber o usar para la preparación de alimentos, lavar o actividades de higiene en el hogar.
Caudal	Es el volumen de agua en la unidad de tiempo, regularmente se utiliza l/s.
Conexión predial	Se refiere a la conexión del servicio de agua con un solo chorro fuera de la vivienda.
Conexión domiciliar	Se refiere a la conexión del servicio de agua que se encuentra dentro de la vivienda.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante, según el INFOM en l/hab/d.
Conexión domiciliar	Se refiere a la conexión del servicio de agua que se encuentra dentro de la vivienda.
EPSCG	<i>European Petroleum Survey Group</i>

fdm	Factor de día máximo
<i>GTM</i>	<i>Guatemala Transversal Mercator</i>
INFOM	Instituto Nacional de Fomento Municipal.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
PDM-OT	Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial.
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
SRC	Sistema de Referencia de Coordenadas
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
<i>UTM</i>	<i>Universal Transversal Mercator</i>
WGS	<i>World Geodetic System (Sistema geodésico mundial)</i>

RESUMEN

Guatemala ha establecido diez prioridades nacionales de desarrollo, en la cual se establece el acceso al agua y gestión de los recursos naturales, en donde se cuenta con el resultado estratégico de desarrollo con la meta al 2024 de incrementar 10.8 puntos porcentuales el acceso al agua potable, por lo que se desea contar con el 87.10 % de cobertura, lo que conlleva un reto para desarrollar las estrategias necesarias sobre todo en aquellos municipios que mantienen una baja cobertura del promedio nacional.

El municipio de San Francisco La Unión actualmente no cuenta con la infraestructura necesaria para cubrir con el total de población actual, lo que conlleva a mantener una demanda insatisfecha con un costo para el funcionamiento del sistema alto en relación a los ingresos por la prestación del servicio.

Con la presente investigación y propuesta, se establece la estrategia necesaria para cubrir con la necesidad en el corto y mediano plazo, en el cual se deben generar nuevos proyectos para la obtención de un caudal adecuado y con ello la separación de los sistemas. Todo el sistema no es viable en su sostenibilidad si no se desarrollan las actualizaciones de las tarifas adecuadas de acuerdo a la categoría, por lo que mantener un reglamento adecuado y una oficina fortalecida para su implementación será la base para lograr la cobertura, calidad y cantidad de abastecimiento de agua necesaria para mejorar la satisfacción de la población.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cobertura de agua a nivel nacional de Guatemala es una prioridad marcada en las metas estratégicas de desarrollo que son parte del análisis de integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y del Plan Nacional de Desarrollo K'atun 2032, en base a ello, el municipio de San Francisco La Unión perteneciente al departamento de Quetzaltenango, de acuerdo a los resultados del Censo 2018 del Instituto Nacional de Estadística (2021), el 76.6% de las viviendas cuenta con acceso a servicio de agua con tubería dentro y/o fuera de la vivienda, el resto lo hace a través de conexiones llena cantaros, pozos privados, entre otros medios, lo cual va siendo considerado como una baja cobertura de los sistemas de agua.

De acuerdo a lo que establece la Municipalidad de San Francisco La Unión a través de la Oficina Municipal de Agua, para el año 2019 se cuenta con un registro total de 1,343 usuarios quienes son beneficiarios de los sistemas administrados por la Municipalidad, éstos cuentan con una cuota mensual de Q16.50, por otro lado, para aquellos nuevos usuarios que deseen contar con el servicio deben pagar una cuota por derecho de conexión de Q2, 300.00.

En el año 2019 se contabilizó un total de 135 nuevos usuarios que demandan el servicio de agua y para el año 2018 un total demandado de 75 conexiones nuevas (Municipalidad de San Francisco La Unión, 2020), lo que tiene un efecto de una oferta desequilibrada en función de la demanda, o bien una demanda insatisfecha en la población.

Ello se suma a que actualmente no se tiene un registro de las redes de distribución de cada sistema interconectado, por lo que el caudal otorgado es disminuido según se establece por la Oficina Municipal de Agua, por lo que se tiene un promedio del servicio entre 3 a 4 horas a cada 3 días variando según distancia de cada centro poblado.

De acuerdo a lo que establece la actual corporación municipal, en los últimos años no se han desarrollado propuestas para nuevos proyectos de inversión que complementen o mejoren la oferta de agua, de acuerdo a los parámetros que establece el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), por lo que aún se carece de un plan de agua a corto, mediano y largo plazo en función del crecimiento de la población y con ello la alta demanda del servicio.

- Contexto general

La baja cobertura de los sistemas de agua es una prioridad para el país, de acuerdo a los modelos del Ministerio de Salud y su relación directa con diferentes enfermedades digestivas, así como aporte a la problemática de la desnutrición en niños y niñas menores de cinco años. La Municipalidad de San Francisco La Unión del departamento de Quetzaltenango, en las últimas corporaciones no ha desarrollado una estrategia para mejorar la oferta en función de la demanda del servicio de agua apta para consumo humano, por lo que actualmente de acuerdo a los resultados del Censo 2018 del INE, se tiene una baja cobertura en las viviendas que cuentan con infraestructura o conexión de agua dentro de la vivienda, así mismo el deterioro e insuficiente infraestructura para la captación y distribución de agua tiene efecto en la cantidad y calidad de agua.

Es importante mencionar que la actual corporación 2020-2024, cuenta con las iniciativas para mejorar las condiciones, así mismo la incorporación y gestión de fondos financieros para implementar diferentes estrategias que mejoren las condiciones de los sistemas de agua, ello con la ejecución de proyectos de infraestructura, así como de campañas para sensibilizar a la población para el buen uso del recurso, pero él no contar con una herramienta que guíe los pasos dificulta la intervención de cada acción que pueda plantearse.

- Descripción del Problema

Contar con una baja cobertura de los sistemas de agua en el municipio de San Francisco La Unión (76.6 % de las viviendas), como efecto de una baja inversión en atender la demanda de la población, por lo que mejorar dicha cobertura incluye generar proyectos de infraestructura para la captación, impulso y distribución de agua, además de incluir la estrategia para generar las bases de administración, operación y mantenimiento a través de normativa clara que esté basada en la identificación de las redes de agua actuales y las propuestas futuras que mejoren la cobertura, cantidad y calidad de agua suministrada a la población.

De lo anterior, surgen diferentes interrogantes que ayudan a plantear las necesidades y los respectivos análisis para la implementación de acciones concretas, de las cuales se plantean la pregunta central y aquellas preguntas auxiliares.

- Formulación del problema

Para identificar la problemática actual con relación al abastecimiento de agua apta para consumo humano en el Municipio de San Francisco La Unión,

Quetzaltenango, se deben plantear diferentes tipos de preguntas, mismas que darán el escenario actual de las condiciones del servicio de agua.

- Pregunta central

¿Cuáles son las estrategias para mejorar la cobertura y cantidad de agua dentro y/o fuera de la vivienda?

- Preguntas auxiliares

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Qué tipo de infraestructura es necesaria para mejorar la cobertura de agua en el municipio?
- ¿Qué factores son necesarios para mejorar la continuidad y cantidad de caudal en las viviendas del municipio?
- ¿Qué sistemas de agua abastecen a cada centro poblado según la demanda?
- ¿Qué factores impactan a la sostenibilidad (en su operación y mantenimiento) la administración de los sistemas de agua por parte de la Municipalidad?

- Delimitación del problema

Para la investigación que se presenta, se pretende desarrollar un análisis sincrónico, para lo cual se tomará como parte de la investigación a los representantes de la Municipalidad de San Francisco La Unión, así como la aprobación de sus autoridades a través del Concejo Municipal; sumado a ello se desarrollará una investigación de campo para la recolección de datos necesarios para la formulación de las propuestas integrales y estratégicas que mejoren las condiciones plasmadas. Las áreas sustantivas a consultar dentro de la Municipalidad serán la Dirección Municipal de Planificación, Oficina Municipal de Agua y Oficina Forestal, las cuales se encuentran ubicadas dentro del edificio de la Municipalidad ubicadas en el municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango. Así mismo se estima que el estudio se desarrollará en un término de siete meses que contempla desde el mes de noviembre 2021 al mes de mayo del año 2022.

OBJETIVOS

General

Desarrollar el plan de agua que identifique las estrategias para mejorar la cobertura y dotación necesaria de acuerdo a los parámetros establecidos para conexiones domiciliarias en el Municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango.

Específicos

1. Desarrollar la propuesta de separación de sistemas por centro poblado del municipio a través de la identificación de las redes de distribución con el apoyo de sistemas de información geográfica.
2. Establecer las condiciones y recursos necesarios para mejorar la oferta a través del caudal demandado por parte de la población con escenarios futuros.
3. Definir los parámetros y lineamientos que contengan las especificaciones técnicas de acuerdo a la oferta y demanda para desarrollar la infraestructura necesaria y priorizada en la mejora de la cobertura de agua.
4. Desarrollar el programa que contenga la base para las normativas y procedimientos para asegurar el buen funcionamiento y su sostenibilidad de los sistemas de agua para la regularización de las conexiones.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Diseño

El diseño de la investigación es de tipo cuantitativo-descriptiva, la cual considera tanto el trabajo de campo en la identificación de infraestructura en los diferentes sistemas de agua, así como otros puntos y datos importantes para tomar la consideración en el diagnóstico y las propuestas futuras. Complementado la investigación, se cuenta con la información de tipo descriptiva de acuerdo al proceso de recolección de datos tanto en las diferentes entrevistas como en la percepción aleatoria de los usuarios.

- Características del estudio

Sumado a la investigación de campo, se desarrolló la consulta a través de diferentes técnicas, en donde se reconoce la percepción con el impacto que tiene la continuidad y calidad de agua que reciben, así mismo la consideración y evaluación de una nueva propuesta de tarifa para el mantenimiento y operación de estos sistemas.

Por último, con el acompañamiento del personal de la Municipalidad, se identificaron las redes existentes de una forma experimental y con el conocimiento de los técnicos que han tenido la participación en la ejecución de los proyectos anteriores, con ello desarrollar la descripción y análisis de cada uno de estos que serán la base para la propuesta de desarrollo futura.

- Fases del desarrollo de la investigación

Dentro de las diferentes fases, se contempla el trabajo de investigación con personeros de la Municipalidad, población del municipio, además de representantes institucionales que se encuentren involucrados en el tema de agua apta para consumo humano, así como otros actores en municipios que se encuentren en circunstancias similares que puedan aportar a las propuestas futuras.

- Fase 1. Exploración bibliográfica

En la presente se contempla la consulta bibliográfica relacionada al tema, así como la investigación dentro de las diferentes oficinas y/o direcciones de la Municipalidad, reconocimiento los diferentes programas, planes y/o proyectos que se han desarrollado en los últimos años, así como el reconocimiento de iniciativas de propuestas o planes maestros de agua que se hayan desarrollado por fuentes cooperantes u otras organizaciones que velan por el tema en el departamento.

- Fase 2. Gestión y recolección de la información

Dentro de la cual, se desarrolló la presentación en los espacios estratégicos de participación ciudadana y municipal, siendo el COMUDE el lugar adecuado para presentar la propuesta y la aprobación del inicio del estudio por parte de los mismos, el cual da la viabilidad para desarrollar las entrevistas y cualquier otro análisis o investigación de campo complementaria, el mismo se desarrolló bajo las mismas condiciones de horario y días respectivos de la semana para evitar sesgos de información.

Para la recolección de los diferentes datos, se cuenta con una boleta específica para la entrevista para los representantes de la Municipalidad, boletas puntuales para el diagnóstico de la infraestructura que incluya los tanques de distribución, fuentes de abastecimiento, entre otros datos importantes, todo lo anterior con la finalidad de conocer las condiciones actuales además de ubicar la infraestructura en relación a la topografía del municipio, así como el entorno en donde se encuentra cada una.

- Fase 3. Análisis de la información

Para el análisis de la información, se cuenta primeramente con la información recabada en los sistemas informáticos, Municipalidad y otra fuente secundaria de información, en ella se inicia la identificación de escenarios futuros si no se contempla una mejora en los sistemas de agua. Los escenarios se establecen de acuerdo a la demanda futura comparada con la oferta actual y toda la brecha no atendida, sumado a ello el escenario con el crecimiento promedio de demanda de conexiones identificado por la Municipalidad.

Teniendo un análisis de lo que está sucediente en el municipio, del por qué no se cuenta con una buena cobertura, cantidad y calidad de agua, se debe comparar con los estándares ideales de acuerdo a lo que establece el Instituto de Fomento Municipal, así como lo establecido por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, además de la normativa actual.

- Fase 4. Interpretación de información

De acuerdo con la identificación de información, la recolección y el análisis, se tiene la base del diagnóstico del escenario actual con relación a la cobertura, cantidad y calidad del servicio de agua que se tiene dentro del

Municipio, por lo que con dichos datos, se comparan con los ideales de acuerdo a las normas establecidas por el Instituto de Fomento Municipal así como del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, este paso nos dará el escenario sobre la brecha por alcanzar para contar con las condiciones necesarias para que la población pueda desarrollarse teniendo un servicio de agua adecuado.

- Fase 5. Desarrollo de propuestas

De acuerdo a los resultados obtenidos en las fases de investigación, análisis e interpretación de información, se desarrollará las propuestas congruentes con la realidad del municipio, tomando como base la demanda del servicio de agua futura, la implementación de normativa para la operación, administración y mantenimiento de cada sistema ya existente y futuro a ejecutarse, así como la infraestructura complementaria que sea necesaria para llegar a los estándares ideales de cobertura.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, se encuentra basado en la línea de investigación de planificación estratégica, operativa y gestión para el desarrollo en el tema de planificación estratégica para el desarrollo económico, social o ambiental. El municipio de San Francisco La Unión del departamento de Quetzaltenango, actualmente cuenta con una cobertura que no satisface al total de viviendas de acuerdo a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística para el año 2022, ante ello, la Municipalidad no cuenta con una orientación adecuada en un plan a mediano o largo plazo que establezca el camino correcto para mejorar dichas condiciones.

Actualmente la municipalidad cuenta con un registro de 1,423 conexiones que figuran en el listado y que generan un pago mensual de Q16.50, ingreso que no se da de la mejor manera, teniendo con ello una mora de aproximadamente el 50 % que no cubre con las necesidades para la sostenibilidad del sistema actual. Ante ello la Municipalidad ha desarrollado una distribución de sectores para racionalizar el servicio en un cronograma semanal, dotando con ello un máximo de dos días a la población, teniendo con ello una demanda insatisfecha con relación al caudal ofertado de 14.96 l/s, mismo que es insuficiente para cubrir al total de la población pero que si cubre al total de conexiones regulares actuales.

La propuesta del plan se basa en establecer una serie de propuestas para la ejecución de proyectos que mejoren las condiciones en relación al caudal distribuido, así como la infraestructura de almacenaje que permita una nueva redistribución de los sistemas y con ello dotar del servicio al menos cinco días a

la semana en el mediano plazo y en un largo plazo el total de días. Con ello es importante la implementación de reglamentos para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas, del cual se tiene aprobado en el año 2021 mismo que debe actualizarse o ratificarse en un periodo no mayor a dos años.

Para desarrollar la propuesta, se tiene determinada la investigación de tipo cuantitativa-descriptiva o cuantitativa-cualitativa, en donde se desarrolla la investigación de campo a través de diferentes técnicas, como la entrevista a los colaboradores de la Municipalidad, recolección de datos e identificación de redes para la digitalización en SIG, verificación y análisis de la infraestructura actual que da el parámetro sobre la cantidad de agua que se tiene como oferta en función de la demanda actual y futura para el desarrollo de los escenarios.

Con la propuesta se espera que se puedan gestionar el financiamiento a los nuevos proyectos para el beneficio de la población en abastecimiento de agua apta para consumo humano, así mismo que la Municipalidad desarrolle el análisis para la actualización del normativo que de la sostenibilidad de cada proyecto.

Para desarrollar el contenido de la investigación, el informe final contiene diversos capítulos en donde cada uno de ellos complementa el planteamiento y análisis establecido, para ello el capítulo uno incluye el marco referencial. Dentro del capítulo dos abarca el marco teórico que contiene toda la base del sustento técnico a través de criterios y lineamientos en temas de agua. Sumado a lo anterior, el capítulo tres contiene la presentación de resultados en función de la investigación de campo, así como los procesos utilizados en función del análisis desarrollado y las propuestas que le dan valor al plan; Por último, el capítulo cuatro incluirá la discusión de resultados de acuerdo a lo visto y verificado en el sistema de agua.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Estudios previos

En Guatemala, existen pocos esfuerzos que se han desarrollado para generar estudios relacionados a contar con planes de largo plazo que impacten en los indicadores de desarrollo, por lo que regularmente se cuentan con planes operativos de corto plazo, así como aquellas acciones de reacción ante diferentes problemas que puedan darse, tal es el caso por inundaciones o deslaves que dañen por completo los servicios de agua en una comunidad. Dado que las mismas Municipalidades no cuentan con dichos planes, tanto las agencias de cooperación como las Mancomunidades, se han dado la tarea de generar la información necesaria para establecer una ruta que permita mejorar las condiciones de diversos servicios públicos municipales.

Es por ello, que dentro de la administración pública no se cuentan con diversidad de planes o estrategias puntuales para mejorar la cobertura y calidad de agua. A continuación, se presentan algunos informes y estudios que aportan al tema:

De la investigación de tesis Sicán (2019), orientado en la generación de un diseño de agua potable, en el cual la problemática surge por el desabastecimiento de agua en la comunidad, teniendo con ello diferentes causalidades, dentro de las cuales se destacan el periodo de vida útil del actual sistema ya ha llegado a su fin.

Otra de las problemáticas que se establecen se da por el crecimiento de la población, por lo que el abastecimiento de las fuentes actuales no es suficiente para cubrir con toda la demanda, a lo que se le suma los diferentes problemas en la red debido al deterioro, lo cual genera un servicio irregular y en diferentes sectores de la Aldea con un servicio nulo, lo cual genera contar con un nuevo diseño de la mano con una participación fluida de todos los sectores.

La Municipalidad de Santiago Atitlán (2012), en su Plan director de agua y saneamiento, plan que fue conducido y apoyado por la Agencia Andaluza de Cooperación para el Desarrollo (AACID), teniendo como objetivo contar con un instrumento de planificación de largo plazo, el cual se generó con la participación comunitaria en el proceso de diagnóstico situacional, de la misma manera la generación de un muestreo para conocer la percepción del servicio que se brinda.

Aunado a ello se cuenta con la evaluación de los sistemas a través de la medición de su funcionalidad, así como de la administración, operación y mantenimiento, lo que resulta en la creación de propuestas de solución llevados a nivel de perfil por cada uno de los sistemas que benefician a las seis comunidades. La programación de acciones en un mediano plazo, mismos que son prioritarios para cambiar las condiciones de abastecimiento que se contaba en el municipio.

Además, cuenta con el análisis de los sistemas de drenaje del municipio, el cual es necesario para corroborar la contaminación que se tiene al lago, fuente de abastecimiento para todos los municipios que se encuentran alrededor del mismo, por lo que se consideran diferentes acciones para el tratamiento de las aguas residuales y evitar con ello la contaminación a la fuente principal de agua.

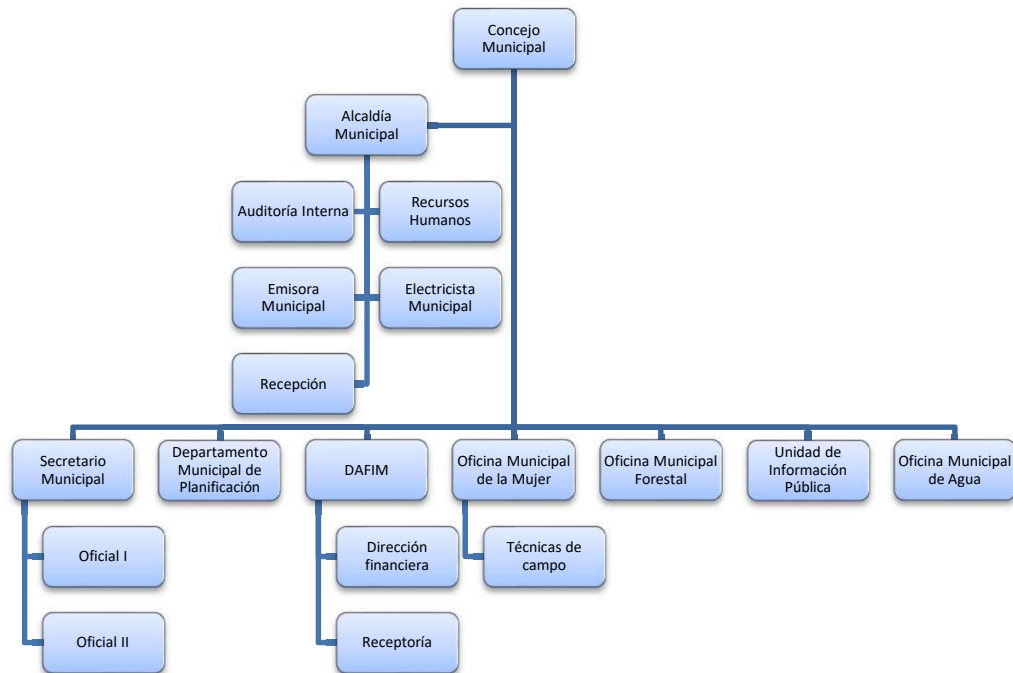
1.2. Antecedentes de la Municipalidad

La Municipalidad de San Francisco La Unión (2021), en la evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema de agua potable, se presenta un diagnóstico de la oferta y la demanda actual con el total de conexiones que se tienen, de la misma manera se cuenta con un planteamiento de mejoras con proyecciones de manera quinquenal.

En el mismo se presentan diferentes escenarios para el incremento del periodo de bombeo como la opción viable si no se desarrolla una infraestructura nueva para la captación y/o bombeo de agua para la distribución, llegando con ello a un periodo de 23 horas diarias, lo que daría paso a un desgaste del equipo y un alto costo de funcionamiento, así como un riesgo al fallo constante del sistema por la degradación del sistema de manera rápida.

Para efectos de la presente investigación, se desarrolló la fase de recolección de datos conjuntamente con la Dirección Municipal de Planificación así como la Oficina Municipal de Agua, esta última es la encargada de la administración, operación y mantenimiento de cada sistema que se encuentra funcionando en el municipio, para ello se tiene una estructura organizativa que permite el funcionamiento de cada una, teniendo en cuenta que aún no se cuenta con una oficina o dirección dedicada al ordenamiento territorial y catastro que aporte en la identificación de la información y generación de propuestas de desarrollo a nivel territorial.

Figura 1. **Estructura organizacional de la Municipalidad de San Francisco La Unión**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del sitio de acceso a la información pública de la Municipalidad de San Francisco La Unión, administración 2020-2024. Consultado el 02 de agosto de 2022. Recuperado de <https://munisanfranciscolaunion.com/>

Tal como se muestra, la Oficina Municipal de Agua no cuenta con mayor personal técnico que aporte en la generación de nuevas propuestas, por lo que se tiene únicamente el jefe de dependencia que mantiene las actividades de supervisión y gestión para el funcionamiento, saturando sus actividades en la parte operativa, por lo que las estrategias para la mejora quedan únicamente para las decisiones del Concejo Municipal y la coordinación con diferentes instituciones que mantienen una cercanía para el apoyo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Componentes básicos de un sistema de agua

Un sistema de abastecimiento de agua, según la conceptualización debe contener componentes mínimos para un eficiente funcionamiento, estos van a variar de acuerdo al sistema que se encuentre, por lo que pueden incluir unos más que otros, siendo estos componentes. (INFOM, 2011)

- Fuente
- Línea de conducción
- Almacenamiento
- Distribución (líneas y redes)

2.1.1. Elemento 1: tipos de fuente

Se conoce como fuente al origen donde se capta el agua que es necesaria para abastecer a la población y que sea adecuada tanto en cantidad como en calidad. Las fuentes de acuerdo a su origen pueden ser. (INFOM, 2011)

- Manantiales
- Ríos
- Lagos
- Agua subterránea (siendo las fuentes mayormente utilizadas)

Existen otros métodos, como lo puede ser el agua de lluvia o de condensación también es utilizada para abastecer una vivienda o una

comunidad, para ello existen mecanismos como los cosechadores de lluvia. En conclusión, las diferentes fuentes superficiales pueden ser: manantiales, ríos, lagos. Las fuentes subterráneas: pozos artesanales, pozos profundos. (INFOM, 2011)

2.1.2. Elemento 2: conducción

La conducción en un sistema, es el conjunto de dispositivos que incluyen diferentes tipos de tuberías, llaves, infraestructura física, entre otros, los cuales tienen la función de transportar desde la captación al tanque el agua. De acuerdo al caudal que contenga la fuente, la tubería realiza dicha función a sección llena, utilizando para la acción la fuerza de gravedad o bien es impulsada por medio de una bomba eléctrica. (INFOM, 2011)

2.1.3. Elemento 3: tanque para la distribución

El tanque de distribución se encuentra en el punto más alto en el diseño de un sistema de agua, según los criterios de diseño, en él se realiza un tratamiento de filtración o cloración previo a ser distribuida. Dicho procedimiento dependerá de la oferta en el caudal como de la demanda de agua por parte de la población. (INFOM, 2011)

Según las condiciones del territorio, pueden existir tanques elevados, los cuales se pueden localizar a 20 metros como altura máxima (tomando la altura desde el suelo a la parte inferior del tanque), esta altura es necesaria para la distribución eficiente. En comunidades relativamente pequeñas y que frecuentemente se encuentran en el área rural, el volumen de almacenamiento es por lo general un porcentaje del caudal de diseño.

En el caso de los cosechadores de lluvia, el almacenamiento varía en su volumen, mismos que pueden ser de diferentes tipos de materiales como puede ser barro o arcilla, así mismo pueden ser de material plástico o bien de concreto reforzado que por lo general se ubica dentro del predio del usuario. (INFOM, 2011, pág. 18)

2.1.4. Elemento 4: distribución

Se encuentra conformada por un conjunto de dispositivos que van entre las líneas, redes, válvulas entre otros dispositivos que son necesarios para la distribución en un sistema. La distribución en cada vivienda o beneficiario se realiza mediante los diferentes tipos de conexiones, éstas que pueden ser de tipo domiciliar, tipo predial o del tipo llenacántaros. (INFOM, 2011)

2.2. Tipos de sistemas de agua

El sistema de agua es un conjunto de componentes que permite transportar el agua de manera continua de una fuente de captación a un tanque de distribución para finalizar la distribución hasta las viviendas donde será consumida.

2.2.1. Por gravedad

Este tipo de sistema se basa en la captación del agua desde el nacimiento, mismo que fluye y cae por su propio peso, a través de las tuberías de agua; conducción y distribución (Nexos Locales, 2016), en este tipo de sistema no interviene otro tipo de mecanismo eléctrico.

2.2.2. Por bombeo

Este tipo de sistema, se utiliza cuando el nacimiento o la fuente de agua se encuentren ubicado por debajo de la altura del tanque de almacenamiento o distribución (Nexos Locales, 2016).

2.2.3. Sistema mixto

El sistema mixto es una combinación de los sistemas mencionados anteriormente, en el cual la fuente de agua se encuentra topográficamente por debajo de la altura de la base del tanque de distribución, por lo que se necesita la línea de impulsión y bombeo para suministrar el tanque, para que seguidamente por medio de gravedad se realice la distribución.

2.3. Conexiones y sus tipos

Para los sistemas de agua que se puedan desarrollar ya sean urbanos como rurales existen diversos tipos de conexiones, mismos que van a depender de las condiciones territoriales, la población y su demanda, así como el diseño que se realice contemplando los criterios anteriores.

2.3.1. Conexiones prediales

Las conexiones prediales están establecidas para aquellos sistemas que contemplan un grifo instalado fuera de la vivienda, pero, que se encuentran dentro del lote o predio del usuario, eso quiere decir que no se tendrá la opción de contar con otras conexiones de grifos dentro de la vivienda por la cantidad del caudal que se maneja en el sistema. (INFOM, 1997)

Este tipo de conexión se desarrolla principalmente para población del área rural, considerando la economía de la población, sin dejar de lado las condiciones de higiene y salud. (INFOM, 2011)

2.3.2. Conexiones llenacántaros

Es utilizado cuando se tiene alguna limitación en el abastecimiento del caudal o bien cuando existe una fuerte dispersión de las viviendas y no se pueda generar un sistema con una conexión por vivienda. Además, se contempla utilizar este tipo de sistema cuando el caudal que se tiene como oferta es menor de 60 l/hab/d. Para el caso de Guatemala, se contempla de acuerdo a la guía de normas desarrollada por el INFOM, en donde establece que para viviendas dispersas se deberá contar con un sistema por cuatro viviendas; en el caso de viviendas concentradas, recomienda un sistema para más de cinco viviendas y menos de 10. Se recomienda para este sistema que deberá existir la cantidad necesaria de llena cántaros para evitar que las viviendas tengan acceso a una conexión no mayor de 200 metros de uno. (INFOM, 2011)

2.3.3. Conexiones domiciliarias

El sistema intradomiciliar o conexiones intradomiciliares, permite la contar con uno o más grifos dentro de la vivienda o fuera de ella, comúnmente es conocida como condiciones mínimas. Para el área rural, este tipo de sistema no es aconsejable debido a las razones económicas, sin embargo, por razones urbanísticas, socioeconómicas y de desarrollo no se debe impedir su empleo. (INFOM, 2011)

2.4. Dotación

Se considera la dotación a la cantidad que se le asigna de agua en un día por persona o usuario del sistema, está expresada en la cantidad de litros que se le otorga a un habitante por día (l/hab/d) (INFOM, 1997).

Para establecer una dotación se deberán tomar en cuenta análisis y la dinámica social y económica de la población o bien de poblaciones similares, sin embargo, si no existiese, se podrán tomar como base los valores siguientes:

- Llenacántaros exclusivamente: 30 hasta 60 litros.
- Llenacántaros y conexiones prediales: 60 hasta 90 litros.
- Conexiones prediales: 60 hasta 120 litros.
- Conexiones intradomiciliares: 90 hasta 170 litros.

2.5. Determinación de la demanda

La dotación o cantidad de agua que se diseñe para proporcionar a cada persona, está regulado por el INFOM. Para diseñar el caudal necesario o dotación, se toma en cuenta la proyección en función de los años de vida útil del sistema, sumado a ello los resultados de un estudio hidrogeológico que otorga los datos para asegurar el caudal que se necesita (CIDECALLI-CP, 2007).

2.5.1. Conceptualización de la demanda

Se encuentra definida como la extracción de agua de un entorno natural, misma que está destinada para suplir las necesidades de una población en función de su consumo. Para el consumo de las personas, se podrá tomar como parte de los procesos la preparación de alimentos, el uso en los servicios

sanitarios, así mismo para el lavado de ropa como para aseo de la vivienda. (González - Saldarriaga - Jaramillo, 2010)

2.5.2. Beneficiarios directos e indirectos

Los beneficiarios llamados directos, serán todas aquellas personas que reciben directamente los beneficios de un proyecto, para un sistema de agua, serán todos aquellos que tengan en una vivienda infraestructura o conexión de un sistema dentro de los límites o área de la misma. Para los beneficiarios indirectos, está definido que son todos aquellos que por la ejecución de un proyecto de inversión se benefician por sus efectos. (SEGEPLAN, 2007)

2.6. Calidad del agua

Es el conjunto de características del recurso hídrico que de alguna manera pueden generar cambios o afectar su adaptabilidad para un uso en específico, la relación que se cuenta en la calidad y las necesidades del usuario. También se define por los contenidos tanto de sólidos como gases, bien sean que se encuentren presentes en suspensión o en solución. (Mejía, 2005)

Las diferentes actividades productivas o económicas humanas son las que contribuyen a la degradación del recurso hídrico, la cual afecta tanto la calidad como la cantidad. Como una de las causas que más impacta en la calidad del agua es el aumento de la población, crecimiento de la frontera agrícola, así como el mal uso del suelo por la carencia de normativas, además de lo anterior, se considera otro factor la poca cobertura de saneamiento, que según establece la OMS se da principalmente en las áreas rurales. (Mejía, 2005)

2.7. Mantenimiento de los sistemas

Existen dos tipos de mantenimientos para los sistemas de agua, el mantenimiento preventivo y el correctivo.

2.7.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo se desarrolla en base a una programación o planificación de actividades establecidas por un manual en específico, con la finalidad de prolongar la vida útil del sistema, a través de dichas acciones se evita la aparición de diferentes tipos de daños en el equipo, mobiliario e instalaciones del sistema, éste se realizará con el objetivo de disminuir o eliminar todo tipo de falla que pueda generar costos en las actividades correctivas no programadas. (Municipalidad de Tejutla, 2008)

2.7.2. Correctivo

El mantenimiento correctivo se desarrolla en base a una planificación o programación que incluyen acciones para el cambio de equipo o piezas que según el diseño deben cambiarse. El otro momento del mantenimiento correctivo se basa en la reparación de daños en el equipo o bien de las instalaciones que han tenido algún deterioro, daños por accidentes u otros imprevistos. (Municipalidad de Tejutla, 2008)

Para ambos tipos de mantenimiento correctivo, se pueden desarrollar actividades para:

- Reparación de tuberías de hierro galvanizado
- Reparaciones de tuberías de PVC

- Otras reparaciones.

2.8. Tarifa

Es conocida como la cuota que se debe pagar por cada usuario que contrata el servicio, mismo que debe encontrarse regulado. Para una tarifa por servicios de abastecimiento de agua, se le conoce como la cantidad de dinero aprobado por el Comité de Agua de la comunidad o que la misma Municipalidad establezca que los beneficiarios deberán pagar según los costos que genera para su funcionamiento como la administración, la misma operación y el mantenimiento de manera mensual el sistema.

La tarifa como tal no debe ser un monto fijo en el tiempo, ésta debe ser adaptada de acuerdo a la variación de la moneda que afecta a los costos para el funcionamiento del sistema y como tal podrá ser reajustada anualmente por el comité o bien ante un acuerdo municipal, según las variaciones de salarios, costo de materiales, entre otros. (Municipalidad de Tejutla, 2008)

2.9. Normativa y sus bases

Según la Constitución Política de la República de Guatemala, establece que son las Municipalidades las responsables de prestar los diferentes servicios básicos como agua, saneamiento, entre otros servicios. Ésta otorga la autonomía para cada Municipalidad en función de la atención de las necesidades con relación a los servicios, promover iniciativas para ordenar el territorio como su ámbito jurisdiccional. (Lentini, 2010)

2.9.1. Regulación del derecho al agua

En Guatemala existen diversas normativas locales que regulan el uso y tarifa del servicio, sin embargo, como derecho está contenida en la Constitución Política de la República de Guatemala como un derecho a la vida establecido en el artículo 2 además se presenta en el artículo 253 en su inciso c) el cual establece la obligación a los Gobiernos Locales para la prestación de los diferentes servicios públicos de manera local. (SERJUS, 2019)

2.9.2. Organización de servicios municipales

Los diferentes servicios que se presten a la población como la de agua y saneamiento es una función descentralizada que a través de la autonomía queda responsable la Municipalidad, para lograr ello cada uno puede establecer el tipo de gestión además de definir su administración de cada servicio.

Cada una de las modalidades varía según si se encuentra dentro del área rural o bien urbana, para ello se establecen tres tipos de gestión pública para el área urbana, siendo las siguientes:

- Directa: en esta la administración de cada servicio es por parte de la Municipalidad por medio de una dependencia en la estructura orgánica (Lentini, 2010).
- Delegada: comprende a las diferentes empresas municipales que administrativamente se encuentren separadas del gobierno local o bien pueden ser autónomas de la administración pública. En estas se puede encontrar las empresas municipales como Empagua, Emax, Emapet, así como las de Cobán y Huehuetenango. (Lentini, 2010)

- Privada: comprende a las empresas privadas de una pequeña escala, regularmente aquellas que funcionan para abastecer a condominios, clientes comerciales o bien industriales (Lentini, 2010).

En el caso del área rural, la administración más común de estos servicios, se da a través de diferentes tipos de comités comunitarios, los cuales se encuentran integrados por personas de la localidad, además que realizan la labor de manera ad honorem, por lo que únicamente funcionan para dar el seguimiento y mantenimiento a los sistemas.

2.9.3. Competencia propia municipal

De acuerdo al Código Municipal¹, en el artículo 68 donde menciona sobre las diferentes competencias propias, responsabiliza a los gobiernos locales para el abastecimiento de agua, así como la prestación de otros servicios.

De la misma manera, la Constitución menciona en su artículo 253 sobre la autonomía municipal, menciona que los municipios son considerados como instituciones autónomas, por lo que cuentan con las funciones de generar ordenanzas o bien reglamentos para el ordenamiento del territorio, así como la atención de los servicios.

2.10. SIG como herramienta

También conocido como GIS, son herramientas para la recopilación, la gestión y sobre todo para desarrollar análisis de datos espaciales, necesarios para desarrollar propuestas para ordenar el territorio.

¹ Decreto número 12-2002

2.10.1. ¿Qué es SIG?

El concepto de SIG tiene una amplia gama de definiciones según diferentes documentos, pero se va a definir el SIG como el método gráfico que es utilizado para organizar, procesar y mapear con el apoyo de herramientas de software, la información que se disponga en temas de medio ambiente sobre un área específica, así como la preparación y la interacción de variables bióticas, abióticas, sociales y económicas de un territorio en específico (Guevara, 2010).

También se considera como la tecnología para el geo-procesamiento la cual maneja la información geográfica en forma de datos, además permite que se conozca la estructura geométrica de los objetos de estudios, la posición en el espacio geográfico incluyendo sus atributos.

2.10.2. Ordenamiento territorial

La guía metodológica que fue elaborada en el año 2018 para la actualización de los PDMOT en Guatemala, establece que el ordenamiento territorial es una herramienta que es base de la planificación, que tiene como base central delimitar las diferentes áreas de un territorio, así mismo para establecer el uso adecuado del mismo. Lo anterior tiene el fundamento para generar normativos que sean la guía estructurada para las autoridades, basado en la vocación del suelo, debido al tipo de clima y pendientes, así como otras características geográficas. La normativa define los usos adecuados a través de condicionar o bien prohibir actividades que puedan poner en riesgo a la población. (SEGEPLAN, 2018)

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Situación actual de la infraestructura del sistema de agua

Las diferentes municipalidades, desarrollan y ejecutan proyectos que forman capital fijo en la tipología de agua con el apoyo de los fondos del sistema de consejos de desarrollo, así como de fuente municipal para el mantenimiento y operación, siendo estos últimos los proyectos que no forman capital fijo.

3.1.1. Inversión pública en agua del municipio

De acuerdo a lo que nos establece la página de SEGEPLAN, en los datos del SNIPGT, el municipio únicamente cuenta con inversión de la Municipalidad, tanto con los fondos propios como de consejo departamental de desarrollo (CODEDE), teniendo con ello una asignación para la inversión total desde el año 2017 de Q 9,458,855.00, de lo cual únicamente llegó a tener un financiamiento total de Q 6,673,541.00 por lo que la modificación financiera fue de 29 % con el total de un proyecto que no ha sido ejecutado de código SNIP 268202 siendo una construcción de pozo mecánico y otro más con código SNIP 280226 que fue ejecutado físicamente más no se ha logrado finiquitar.

La información de la Tabla I, nos establece que son ocho proyectos los que se han desarrollado desde el año 2017 al 2021, sin embargo, dos de ellos han sido proyectos de arrastre, el primero con código 186749 del año 2017 contempla un monto de arrastre de Q19, 243.00 además de una ampliación del presupuesto de Q269, 432.00 por lo que se complementa la ejecución de dicho proyecto.

Tabla I. **Inversión pública en proyectos de agua años 2017-2021**

Año	SNIP	Nombre	Asignado	Vigente	Ejecutado financiero
2021	268202	Conservación sistema de agua potable 2021 San Francisco La Unión Quetzaltenango	Q2,000,000	Q1,500,000	Q 704,055
2021	280226	Construcción pozo(s) mecánico sector Xe Chaj, Cantón Tzanjuyup San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q1,150,000	Q -	Q -
2020	249987 *	Mejoramiento sistema de agua potable (equipamiento de pozo mecánico No. 3) San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q 454,750	Q454,750	Q 454,750
2019	223751	Mejoramiento sistema de agua potable (Línea de conducción y distribución), Aldea Xeaj, San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q2,160,000	Q2,158,685	Q 2,150,649
2019	249987 *	Mejoramiento sistema de agua potable (equipamiento de pozo mecánico No. 3) San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q 100,000	Q -	Q -
2018	205685	Mejoramiento sistema de agua potable Aldea Xeaj, San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q1,058,000	Q1,058,000	Q 1,054,671
2018	186749 +	Mejoramiento sistema de agua potable (Perforación de pozo mecánico), municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q1,213,431	Q288,675	Q 288,675
2017	186749 +	Mejoramiento sistema de agua potable (Perforación de pozo mecánico), municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango	Q1,232,674	Q1,213,431	Q 924,756

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de SNIPGT. Consultado 06 de julio 2022.

Recuperado de <https://snip.segeplan.gob.gt>

Otro de los proyectos que contienen algún tipo de arrastre y modificación presupuestaria, es el que lleva por código 249987 del año 2019, el cual tiene una solicitud de Q100,000.00 para dicho año, de lo cual no cuenta con una asignación presupuestaria, convirtiendo así en un proyecto de arrastre contemplando una ampliación para un monto total de Q454,750.00.

Por lo que los datos establecen que son seis los proyectos propuestos, de los cuales uno no fue ejecutado y queda en espera para una futura asignación presupuestaria, misma que no se tiene contemplada para el ejercicio fiscal 2022.

Cabe destacar que ninguno de los proyectos genera una ampliación en la dotación o bien una mejora en la oferta del servicio, teniendo con ello proyectos para el mantenimiento de la red existente, así como proyectos para mejorar la infraestructura y/o cambio de bombas a los pozos mecánicos ya existentes, por lo que aún se sigue manteniendo la misma oferta de caudal con una creciente demanda.

3.1.2. Sistemas de bombeo

Los sistemas que actualmente cuenta el municipio se basan en tres pozos con bombas ubicadas en el Cantón Chuistancia, mismas que abastecen a todo el municipio con una duración de funcionamiento de 18 horas de acuerdo a los representantes de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad. Dos de estas funcionan con energía eléctrica trifásica y cuentan con una potencia por cada una de 60 HP y una más ubicada en el pozo 3 funciona con un generador a base de diésel, siendo una bomba de 30 HP.

Además, existen tres bombas extras, las cuales funcionan como un rebombeo entre los tanques de distribución, siendo el funcionamiento de la manera siguiente:

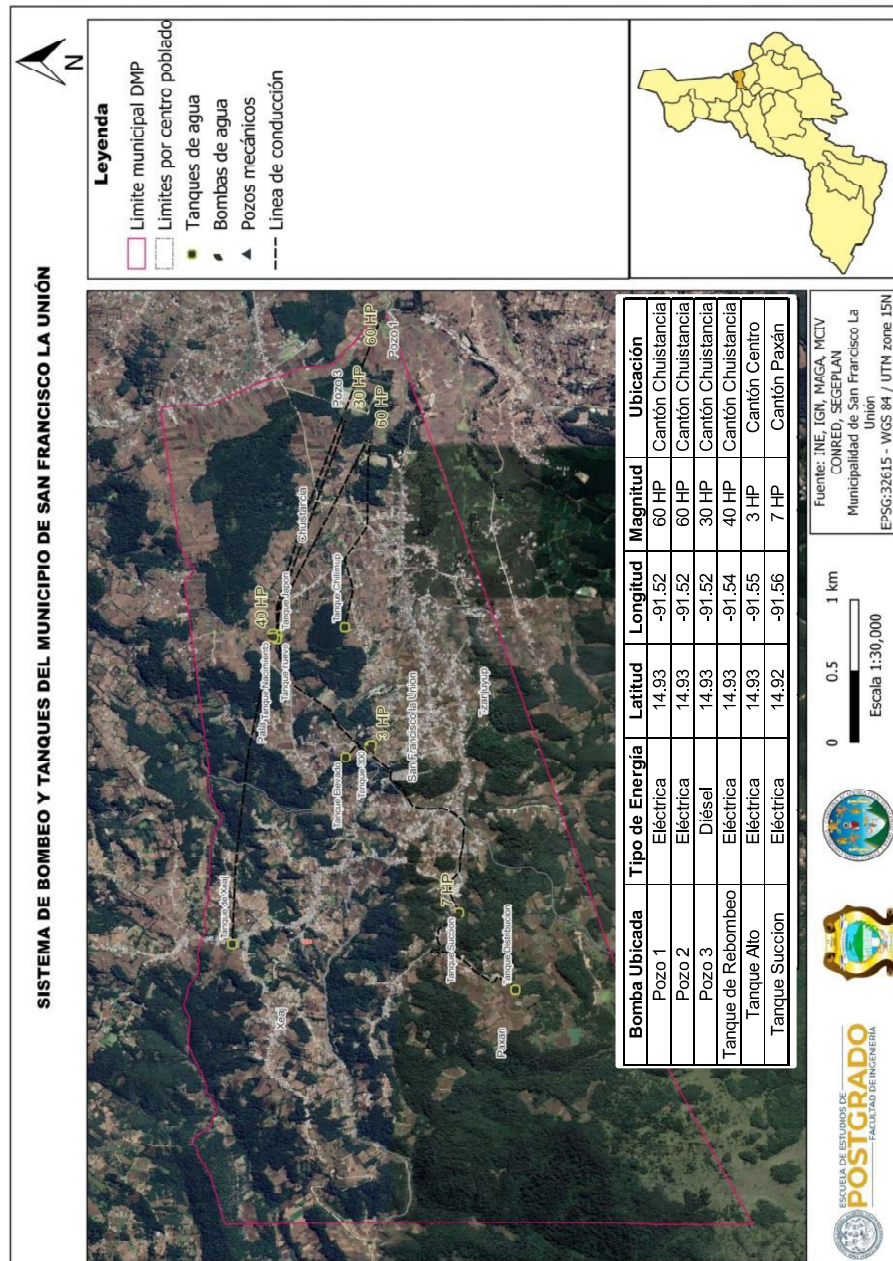
- Bomba de rebombeo con una potencia de 40 HP, la cual tiene la función de llevar el caudal desde el punto denominado tanque de rebombeo hasta el tanque 300, tanque bajo y tanque alto, estando estos últimos tres en el mismo sector.
- Bomba de 3 HP, ubicada en el tanque alto, el cual tiene la función de llevar el caudal de agua hacia el tanque elevado que se ubica en el Cantón Palá y que abastece un sector del centro poblado.
- Bomba de 7 HP ubicada en el tanque denominado de succión, mismo que tiene la función de realizar un rebombeo hacia el tanque denominado distribución, ubicado en la parte alta del Cantón Paxán.

Tabla II. **Caudal de bombeo actual**

No Pozo	Ubicación	Potencia de la bomba	Horas de bombeo al día	Volumen de bombeo en litros	Caudal equivalente diario l/s
1	Cantón Chuistancia	60 HP	18	783,000.00	9.06
2	Cantón Chuistancia	60 HP	18	570,937.50	6.61
3	Cantón Chuistancia	30 HP	18	579,093.75	6.70
Caudal diario equivalente					22.37

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Informe de Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango*

Figura 2. Ubicación de los sistemas de bombeo y tanques de agua del municipio de San Francisco La Unión



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGIS v3.20.

Con las tres bombas ubicadas en los pozos mecánicos, se cuenta con un caudal equivalente diario a 22.37 l/s, el cual es producto del funcionamiento de 18 horas al día de dichas bombas. Cabe resaltar que el bombeo puede variar con menos horas de acuerdo al consumo o demanda que esté realizando la población, pero no mayor al tiempo estipulado.

3.1.3. Tanques de almacenamiento y distribución

La infraestructura actual que cuenta el municipio se basa en 11 tanques de almacenamiento y distribución, todos ellos de concreto además de contar con un tanque elevado. El funcionamiento de estos tanques se basa en la interconexión que se tiene con los pozos mecánicos que bombean el caudal de agua hacia el tanque Japón, el cual se encuentra conectado por gravedad al tanque de rebombeo. En el sector donde se encuentra el tanque Japón, se encuentran los tanques de rebombeo, tanque nuevo y tanque nacimiento, por lo que su ubicación es básicamente la misma.

El tanque nacimiento es llamado de esa forma debido a que es el único que se encuentra abastecido por cuatro nacimientos, dicho tanque se encuentra conectado de la misma manera por gravedad con el tanque de rebombeo. El último tanque del sector denominado tanque nuevo, actualmente no se encuentra en funcionamiento, ello debido a que anteriormente recibía el caudal del pozo 2 y seguidamente era bombeado al tanque Chilimup, situación que cambio con la conexión directa desde el pozo 2 hacia el tanque Chilimup, ello para evitar generar un gasto extra.

Tabla III. **Tanques de almacenamiento y distribución del municipio de San Francisco La Unión**

No	Nombre	Ubicación	Año	Volumen m ³	Altitud msnm	Latitud	Longitud
1	Tanque Chilimup	Cantón Chuistancia	2011	100	2,800	14.93	-91.54
2	Tanque Japón	Cantón Chuistancia	1999	200	2,755	14.93	-91.54
3	Tanque nuevo	Cantón Chuistancia	2011	100	2,755	14.93	-91.54
4	Tanque de Rebombeo	Cantón Chuistancia	1984	60	2,751	14.93	-91.54
5	Tanque Nacimiento	Cantón Chuistancia	1999	100	2,751	14.93	-91.54
6	Tanque 300	Cantón Centro	2010	300	2,833	14.93	-91.54
7	Tanque Bajo	Cantón Centro	1984	60	2,833	14.93	-91.54
8	Tanque Alto	Cantón Centro	1999	50	2,833	14.93	-91.54
9	Tanque Succión	Cantón Paxán	2011	100	2,847	14.92	-91.55
10	Tanque Distribución	Cantón Paxán	2011	60	2,914	14.92	-91.56
11	Tanque de Xeaj	Aldea Xeaj	2019	321	2,836	14.94	-91.55
12	Tanque Elevado	Cantón Pala	S/D	50	2,830	14.93	-91.54

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión. Visita de campo 27 de julio de 2022.

Otro sector en donde se encuentra un grupo de tanques es en la parte alta del Cantón Centro, en donde se ubica el tanque 300, tanque alto y tanque bajo,

estos tres reciben o son abastecidos con el caudal del tanque de rebombeo, además de ello el tanque alto funciona básicamente como un tanque para almacenaje y bombeo al tanque elevado que se encuentra en el Cantón Palá y que abastece la parte alta de dicho poblado.

El tanque bajo abastece una parte del Cantón Centro y Tzanjuyup, así mismo se complementa la cobertura con la distribución que realiza el tanque 300, el cual es el de mayor volumen de almacenaje, de la misma manera abastece al tanque de succión en el Cantón Paxán. En el funcionamiento del presente circuito, se tiene el tanque de distribución, el cual es abastecido desde el tanque de succión con una bomba de 7 HP, dicho tanque cubre al Cantón Paxán.

Por último, se tiene el tanque Xeaj, mismo que cuenta con conexión de tubería de impulsión desde el tanque rebombeo, ubicado según la figura 3, para lograr el abastecimiento de éste, se cuenta con la programación a través de un cronograma para dotar de agua por dos días cada sector. El tanque de distribución de la Aldea es el más grande en volumen de todos, así como el más nuevo, mismo que se construyó en el año 2019 con el aporte tripartito del Consejo Departamental de Desarrollo, la Municipalidad y los aportes de la Comunidad, teniendo con ello un total de beneficiarios de 2,600 y un volumen de 321.55 m³.

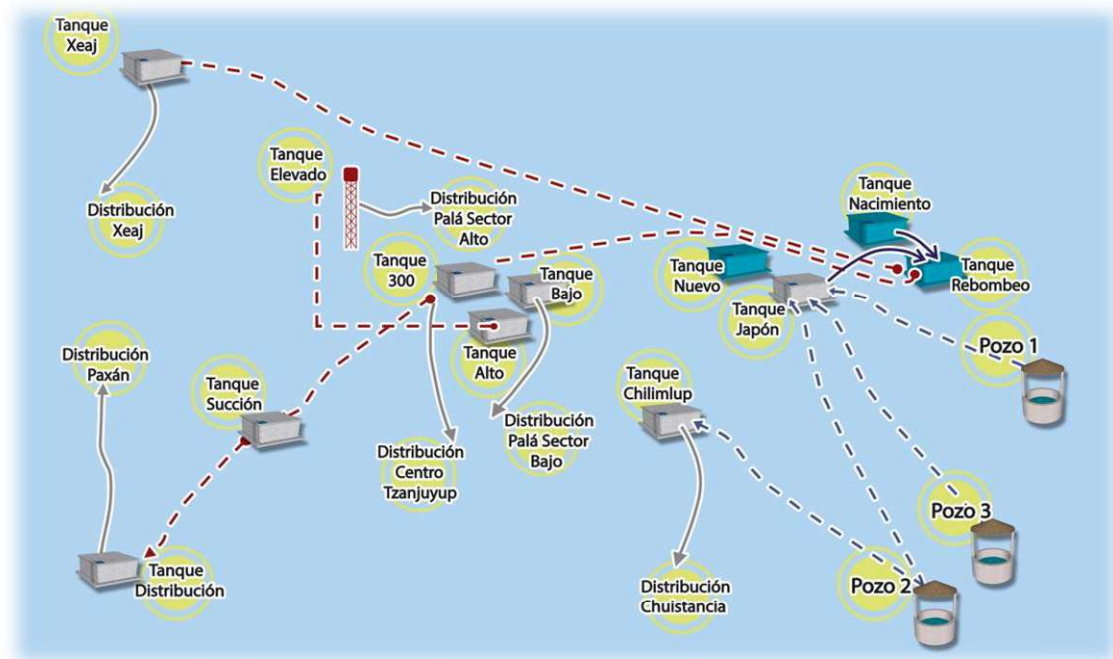
3.1.4. Condiciones de infraestructura en tanques de agua

Para obtener una radiografía completa de las condiciones del sistema de agua del municipio, se debe considerar cual es la condición de la infraestructura actual, así como del entorno de cada uno de ellos, de acuerdo a la línea lógica de cómo funcionan estos se tiene el esquema en el cual existen varios de ellos que funcionan de una forma paralela.

Por consiguiente, existen cinco tanques de concreto y el tanque elevado que funcionan completamente como tanques de distribución siendo los llamados tanque Xeaj, Chilimup, Distribución, Bajo y 300, además de tres tanques como almacenaje de agua siendo el tanque Japón, Nacimiento y Nuevo, este último actualmente no se encuentra conectado en la red y se utiliza únicamente como emergencia en su conexión directa con el tanque de rebombero.

Por último, existen tres tanques que abastecen a los tanques de distribución, siendo el tanque de Rebombero, Succión y Alto, por lo que estos no tienen ninguna conexión directa con la red de distribución.

Figura 3. **Esquema de funcionamiento del sistema de agua del municipio de San Francisco La Unión**



Fuente: elaboración propia, realizado con Adobe Photoshop.

3.1.4.1. Tanque Japón

Es el primer tanque en el sistema, mismo que se encuentra en buenas condiciones con una caseta y llaves en buen estado, además no existe una vegetación tan cercana al mismo. En su infraestructura no se denota ningún tipo de fisuras o grietas además de encontrarse fuera de cualquier tipo de riesgo por condiciones climáticas.

El tanque tiene como función principal recibir el caudal que se bombea por parte de los tres pozos mecánicos, en la recepción del caudal y antes de ser llevado al tanque de rebombeo, es clorada el agua en la caseta que se encuentra a un costado del mismo. Por su ubicación no se visualiza amenaza por algún evento climático, siendo el único riesgo de tipo social al no existir muro perimetral de limite el acceso al mismo.

3.1.4.2. Tanque nacimiento

Es el único tanque que su abastecimiento se da a través de nacimientos, el cual cuenta con cuatro cajas de captación, teniendo una infraestructura que en su lado norte se encuentra a nivel del suelo con plantaciones de milpa y su lado sur descubierto completamente. Dicho tanque muestra un deterioro por falta de mantenimiento de limpieza externa, así mismo puede presentar fisuras en un corto plazo por la fuerza que ejerce el suelo.

Otro aspecto que presenta el tanque, es una próxima filtración del agua por daños ocasionados, así también la tubería se encuentra expuesta ante cualquier daño que puedan causar diversos animales o ramas de los árboles que se encuentran rodeando un sector de la infraestructura. Por último, el área del

terreno no cuenta con la delimitación donde se ubica, ello por ningún tipo de cerco o muro perimetral, estando con ello expuesto.

3.1.4.3. Tanque nuevo

El presente tanque se encuentra totalmente por debajo del suelo, por lo que únicamente se puede apreciar la parte superior del mismo. La infraestructura se ve en condiciones buenas y con un entorno limpio y con vegetación a un costado (lado norte) y sobre el costado sur se encuentra el camino con pavimento hidráulico.

La infraestructura como tal no presenta ningún daño o fisura expuesta, así como de encontrarse fuera de cualquier riesgo o daño que se pueda dar por escorrentía o derrumbes. Además, no cuenta con un muro perimetral o cerco que pueda delimitar y evitar la exposición a la población que pueda dañarlo.

3.1.4.4. Tanque rebombeo

Dicho tanque se encuentra por debajo del suelo, teniendo únicamente expuesto la parte superior, por lo que puede estar soportando cargas o fuerza de presión por el suelo que se encuentra a sus costados, mismos que sobresalen de la altura del tanque. Aunado a lo anterior, por el sector donde se encuentra se visualiza una alta humedad y saturación del suelo, por lo que a un mediano plazo puede presentar daños en la infraestructura del mismo.

El tanque se encuentra por debajo de una altura del suelo desde la perspectiva de los costados, por lo que está expuesto a daños por escorrentía y pequeños deslaves mismos que tienen la probabilidad de dañar la tubería tanto de bombeo como de alimentación desde los tanques a los alrededores.

3.1.4.5. Tanque 300

El presente, abastece al Cantón Centro, así como de abastecer al tanque de succión y distribuye su caudal en los tanques bajo y alto para su distribución posterior. Cuenta con el apartado para la distribución por sectores a través de diferentes llaves de paso. El tanque cuenta con una infraestructura en buen estado sin ningún tipo de riesgo natural. La ubicación se encuentra dentro de distintas viviendas por lo que el riesgo es social por daños que se puedan ocasionar por la población.

De manera superficial no se encuentra ningún daño por fisuras o filtración, además el sector no se visualiza ningún tipo de acumulación de agua, residuos o desechos sólidos (basura), de acuerdo a los personeros de la Oficina Municipal de Agua, se realiza limpieza periódicamente.

3.1.4.6. Tanque bajo

El tanque bajo abastece al sector de Tzanjuyu así como un porcentaje del Cantón Chuistancia. El tanque está ubicado en el mismo sector que el tanque 300, por lo que mantiene el mismo mantenimiento, limpieza y protección otorgado por los vecinos. Su infraestructura se encuentra visualmente en buenas condiciones y no presenta ningún signo de fisura o de filtración de agua. El único riesgo que corre el tanque es por daños que puedan darse por parte de personas al no contar con un muro perimetral o cerco de malla.

3.1.4.7. Tanque alto

Este tanque al igual que el tanque bajo, se encuentra en el mismo sector que el tanque 300, el cual cuenta con una infraestructura en buenas condiciones

y una caseta extra de bombeo, el cual es utilizado para llevar el caudal hacia el tanque elevado, por lo que la función del presente es un almacenaje y volumen intermedio, debido a que el sector que abastece se encuentra por arriba de la altura del mismo.

El tanque mantiene la misma programación de limpieza y cuidado tanto interior como exterior, por lo que sus condiciones prevalecen al no presentar signos de fisura o filtración de agua, teniendo el riesgo único de tipo social por daños que se puedan presentar por personas al no contar con un muro perimetral o cerco de malla que limite el paso por la infraestructura.

3.1.4.8. Tanque elevado

El tanque se encuentra en los límites del Cantón Palá, su función es abastecer el sector más alto del Cantón debido a su topografía y que los tanques de concreto que abastecen el sector intermedio y bajo del mismo poblado se encuentran con una altura por debajo de las viviendas ubicadas en el sector.

Dicha infraestructura es metálica y se encuentra visiblemente en buenas condiciones, así mismo no presenta daños visibles de filtración u oxido que genere un deterioro a mediano plazo. No presenta vulnerabilidad ante amenazas climáticas, por lo que únicamente se consideran las amenazas de tipo social por estar expuesto en un área sin restricción o muros perimetrales.

3.1.4.9. Tanque succión

Se encuentra en la parte media del Cantón Paxán y su función única es almacenar el volumen de agua y a través de bombeo llevarlo hacia el siguiente tanque de distribución, por lo que cuenta con una caseta de bombeo y todo ello

dentro de un cerco perimetral que se encuentra en malas condiciones, lo que puede causar que cualquier persona pueda ingresar al área del mismo.

En su infraestructura no presenta daños por fisuras o filtración, considerándose de buenas a perfectas condiciones, además no presenta ningún riesgo ante cualquier evento climático por su ubicación. El mantenimiento es visible al no presentar ningún tipo de desecho en sus alrededores, así como la vegetación se encuentra controlada.

3.1.4.10. Tanque distribución

El tanque se ubica en un sector boscoso y alto del Cantón Paxán, tiene como función la distribución a todo el centro poblado. Su infraestructura se encuentra en buenas condiciones, teniendo la excepción que no presenta pintura para impermeabilizar el mismo. No presenta visiblemente ningún tipo de daño como fisuras o filtraciones de agua.

En su alrededor se encuentra vegetación y árboles que pueden ser una amenaza por caída de ramas o bien escorrentía en la época lluviosa, por lo que puede sufrir algún tipo de daño. A pesar de contar con un cerco de alambre con púas, su ingreso se puede realizar de manera rápida, por lo que cuenta con una amenaza alta de daño por personas.

3.1.4.11. Tanque Xeaj

Es uno de los tanques más grandes en su volumen de almacenaje, su función principal es la distribución de agua en la Aldea Xeaj. Siendo la infraestructura más reciente en el sistema, se considera en buenas a perfectas condiciones al no presentar visiblemente fisuras o bien filtraciones de agua. Cabe

destacar que su ubicación está en el área del cementerio de la Aldea, por lo que está expuesto al no contar con un muro perimetral.

Según su ubicación, presenta infraestructura del cementerio pegado al tanque, por lo que puede llegar a dañarse si no se maneja con precaución, así mismo la circulación de personas y áreas cercanas con desechos sólidos. No presenta ninguna amenaza a eventos climáticos o factores forestales que puedan incidir en su buen funcionamiento.

3.1.4.12. Tanque Chilimup

El tanque se encuentra en el Cantón Chuistancia y abastece de igual manera a dicho poblado. Este se ubica en una zona boscosa y de sembradíos, por lo que puede estar expuesto a daños por eventos climáticos como lo es la escorrentía o bien las caídas de ramas de árboles que puedan ser dañados por las lluvias o vientos.

El área donde se encuentra el tanque, se encuentra cercada con malla y de difícil acceso desde la carretera principal, no presenta ningún daño visible en su infraestructura como fisuras o filtración de agua. Es visible la limpieza que se realiza alrededor del mismo, teniendo controlada la vegetación y no se presentan desechos sólidos que puedan depositar en el área.

3.2. Análisis de oferta y demanda

Para desarrollar el análisis de la oferta y la demanda, se debe tomar en cuenta el volumen total del tanque de distribución, las bombas y el caudal que pueden manejar, además del rango de tiempo en su funcionamiento. Sumado a

ello, la demanda lo genera la población basada en los criterios de diseño que establece el INFOM.

3.4.1. Demanda total actual

Para el municipio, se considera un servicio domiciliar o intradomiciliar, el cual tiene como base diferentes grifos o chorros dentro de la vivienda, para lo cual se establece una dotación mínima de 90 l/hab/d, con ello la demanda actual será basada en el total de población de acuerdo a los resultados de las proyecciones al año 2022, teniendo un total de 9,666 personas. (INE, 2021)

Otro dato necesario es la cantidad de viviendas para calcular el número de conexiones ideales y reales que tiene el municipio, para lo cual se cuenta con los datos del Censo 2018 en el cuadro de resultados de características generales del hogar, en el cual para dicho año se tiene una cantidad de 1,616 viviendas con un promedio de 5.59 personas por vivienda. Con estos datos se obtiene la misma composición para el año 2022, teniendo un total de 1,729 viviendas.

3.4.1.1. Consumo medio diario

Para la determinación del consumo, primeramente, se deberá conocer el Q_m , el cual está dado por la cantidad de consumo de agua en un día, mismo que se obtiene de la ecuación:

$$Q_m = (\text{población} * \text{dotación}) / 86,400$$

En donde:

- Q_m = caudal medio diario

- Población = 9,666 personas al año 2,022 (variable por cada año)
- Dotación = 150 l/hab/d
- 86400 = cantidad de segundos en un día

$$Q_m = \left(9666 \text{ hab} * \frac{150 \frac{\text{l}}{\text{hab}}}{\text{d}} \right) / \left(86,400 \frac{\text{s}}{\text{d}} \right)$$

$$Q_m = 16.78 \text{ l/s}$$

3.4.1.2. Consumo máximo diario

También conocido como caudal de conducción, este consumo es el máximo que se requiere en un día, el cual es el resultado de la multiplicación del Q_m por un factor de 1.2 para una población final o futura mayor a 1,000 habitantes, o bien un factor de 1.5 en el caso de poblaciones finales o futuras menores de 1,000 habitantes. El Q_c está dado por la fórmula:

$$Q_c = Q_m * f_{dm}$$

$$Q_c = 16.78 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 1.2$$

$$Q_c = 20.14 \text{ l/s}$$

La demanda actual por parte de total de habitantes en el municipio de San Francisco La Unión, queda determinada entonces por el Q_c , siendo de 20.14 l/s, dicha demanda es la ideal de según los parámetros para conexiones domiciliarias o intradomiciliares.

3.4.2. Demanda de servicio por conexiones actuales

La Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad, establece que actualmente existen 1,423 conexiones registradas en el servicio, con un pago establecido en su reglamento de manera mensual de Q16.50 por usuario, de los cuales aproximadamente el 50 % no realiza el pago por lo que se tiene una alta mora que repercute en los fondos para el funcionamiento del sistema.

Tabla IV. Costo del servicio de agua municipal

Detalle	Monto
Conexión y habilitación	Q 2,300.00
Conexión y entroncado	Q 1,000.00
Traslado	Q 200.00
Reconexión	Q 100.00
Cambio de usuario	Q 50.00
Mensualidad	Q 16.50

Fuente: Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Reglamento para la administración y prestación del servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado del municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango.*

De acuerdo al número de conexiones y los criterios de dotación según las normas de diseño del INFOM, se tienen los resultados:

- Conexiones 1,423
- Dotación 150 l/s
- fdm 1.2
- Habitantes promedio 4.91

Por lo que la demanda actual total es de 14.56 l/s del total de registro de conexiones. Sin embargo, es de destacar que según se confirma, existen conexiones irregulares que no se tienen contempladas en el registro de la Municipalidad, por lo que la demanda cuenta con un dato extra no contemplado.

Aunado a lo anterior, la población cuenta en su mayoría con diferentes tipos de cisternas o tanques de almacenamiento, lo cual puede variar en el consumo, situación que actualmente no se encuentra regulada por la falta de contadores que registren el consumo y que puedan marcar el exceso que las viviendas puedan generar y que no se paga a la Municipalidad por la prestación del servicio.

3.4.3. Oferta actual

Dentro del municipio funcionan tres pozos mecánicos, mismos que abastecen todo el sistema por medio de un tanque central, considerado un sistema mixto.

Tabla V. **Características de los pozos mecánicos del sistema de agua del municipio de San Francisco La Unión**

Nombre pozo	Caudal (l/s)	Potencia de bomba	Ubicación	Latitud	Longitud
Pozo No. 1	12.08	60 HP	Cantón Chuistancia	14.92	-91.51
Pozo No. 2	8.81	60 HP	Cantón Chuistancia	14.92	-91.52
Pozo No. 3	8.94	30 HP	Cantón Chuistancia	14.93	-91.52

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Informe de Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango.*

Todo el sistema en su distribución se encuentra conectado a un conjunto de tanques para su distribución, considerando la existencia de un único sistema para todo el municipio con tres fuentes para su abastecimiento y doce tanques para su distribución, de los cuales se incluye un tanque metálico elevado. Según los datos recolectados, los pozos mecánicos cuentan con las descripciones como lo establece la Tabla V.

Tabla VI. **Días de distribución de agua por poblado**

Día de la semana con distribución de agua						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Centro	Chuistancia, Tzanjuyup sector 1	Centro Tzanjuyup sector 2	Chuistancia Tzanjuyup sector 1	Centro	Aldea Xeaj	Aldea Xeaj
Tzanjuyup sector 2	Centro de Paxán	Shecorral	Ciénaga y Saquich	Tzanjuyup sector 2	Chuxan sector Don Marcos en Paxán	
Shecorral	Ciénaga y Saquich	Sector alto en Palá	Sector bajo en Palá	Shecorral		
Sector alto Palá	Sector bajo en Palá	Sector Don Marcos y Chuxan de P.	Chicasmir y Alvarado en Paxán	Sector alto en Palá		
Chicasmir y Alvarado en Paxán		Sector Chuxanja de Chuistancia		Centro de Paxán		
Chuxanja en Chuistancia						

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022).

De acuerdo a lo que establece la Tabla II, el caudal resultante como oferta es de 22.37 l/s, resultado entre la relación de la cantidad de horas de bombeo, el

aforo y su equivalente de 24 horas o un día. De acuerdo al resultado del aforo, también es importante establecer que el mismo no es distribuido a toda la población diariamente, es por ello que actualmente se cuenta con una sectorización de poblados que cuentan con agua en diferentes días, tal como lo muestra la tabla VI.

3.4.4. Oferta por horas efectivas de bombeo

Los datos recolectados por el funcionamiento de cada bomba, presentan un rango de horas efectivas diferentes, utilizando dicho dato para así obtener el caudal de bombeo que se administra al sistema por día, por lo que se convierte en la oferta efectiva de acuerdo al volumen que se obtiene por cada pozo mecánico.

Tabla VII. Horarios efectivos en el funcionamiento de las bombas

No Pozo	Ubicación	Potencia de la bomba	Horas de bombeo al día	Volumen de bombeo en litros	Caudal equivalente diario Lt/seg
1	Cantón Chuistancia	60 HP	18	783,000.00	9.06
2	Cantón Chuistancia	60 HP	12	380,625.00	4.41
3	Cantón Chuistancia	30 HP	4	128,687.50	1.49
Caudal diario equivalente					14.96

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Informe de Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango.*

Teniendo como resultado un caudal suministrado al sistema de 14.96 l/s, siendo resultado que el pozo 1 funciona exclusivamente para el suministro del

tanque Japón sin ningún contratiempo, aunado a ello la bomba es alimentada con corriente eléctrica trifásica. El horario de bombeo del pozo 2 disminuye tomando en cuenta que alimenta tanto al tanque Japón como al tanque de distribución Chilimup, por lo que este último es el que puede marcar el tiempo en horas efectiva de funcionamiento.

Por último, el pozo 3 cuenta con una bomba que se alimenta de energía con un generador a base de diésel, por lo que puede condicionar su funcionamiento.

3.4.5. Análisis de oferta-demanda actual

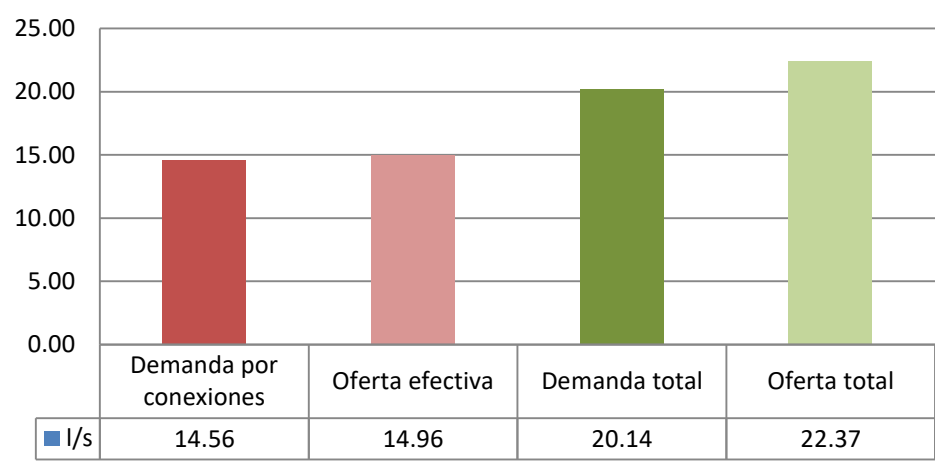
En el ideal de la oferta actual, el sistema produce un caudal para su efectiva distribución de 22.37 l/s, mismo que es suficiente para abastecer a toda la población dentro del municipio, según la demanda total que se tiene por parte de toda la población (dato del INE) es de 9,666 para el año 2022, demandando con ello un total de 20.14 l/s, por lo que en su balance se tiene la cobertura con un grado de holgura.

Tal como lo presenta la Tabla VII, la oferta puede suministrar de agua a la población por un tiempo prudente, ello debido a que se tiene en promedio una demanda por arriba de las 100 conexiones anuales nuevas, lo que reduce el abastecimiento si no se consideran nuevas propuestas para captar y distribuir el recurso hídrico a la población que así lo solicite.

Actualmente la demanda por conexiones registradas es de un total de 14.55 l/s, ello sin contar con aquellas conexiones irregulares que se puedan dar en viviendas no autorizadas por la misma municipalidad. Es de destacar que existen áreas que no son atendidas por parte del sistema municipal,

abasteciéndose de diferentes formas. De acuerdo al INE, al año 2022 se cuenta con un total de 1,729 viviendas en el municipio, por lo cual se tiene un 82 % de cobertura total con las 1,423 conexiones registradas en la Oficina Municipal de Agua.

Figura 4. **Balance de la oferta-demanda actual por conexiones y total de la población en l/s**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Si se toma como referencia la oferta efectiva con relación al horario de bombeo, se tiene un déficit con la demanda total o viviendas totales de 5.18 l/s que se transforma en el volumen faltante para atender a toda la población.

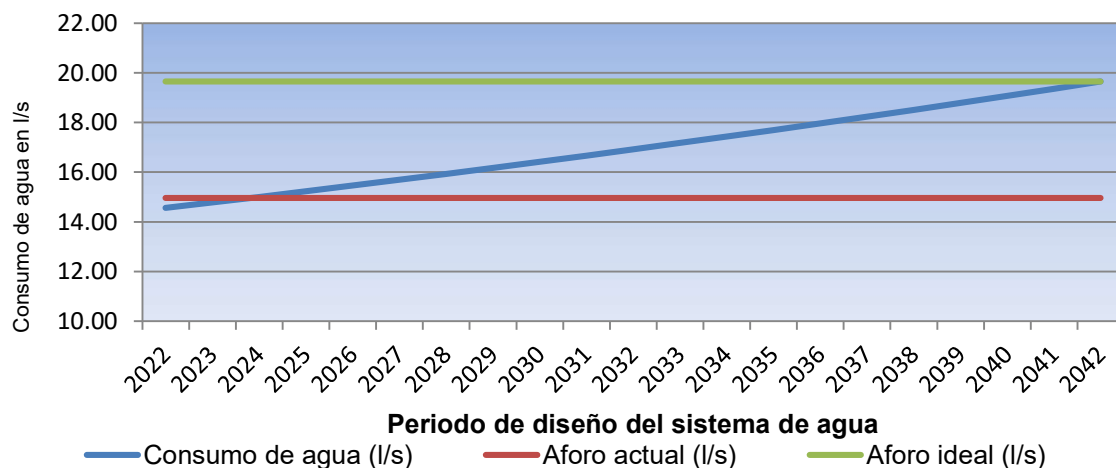
Tomando como referencia la demanda por conexiones, se cuenta con un equilibrio en su oferta-demanda de 0.40 l/s, dato que de acuerdo a la demanda de conexiones anuales quedará con un déficit para el año 2024.

3.4.6. Oferta y demanda futura

Con relación a los datos establecidos, en adelante se tendrá como dato base el caudal efectivo, teniendo una comparación entre la demanda de conexiones actuales y la proyección de viviendas.

De acuerdo a la proyección de la demanda de conexiones, tomando como base las registradas en el año 2022, se realiza una línea tendencial con el crecimiento poblacional como la variable de demanda de nuevas conexiones, con esta base, a un periodo de diseño o proyección de 20 años, se obtiene un total de volumen demandado de 19.64 l/s, lo que genera un déficit si no se cambia el volumen de bombeo actual, de 4.68 l/s, con lo que se disminuye la cantidad de recurso brindado a la población.

Figura 5. **Consumo de agua en el municipio por conexión registrada en la Municipalidad proyectada a 20 años**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Tabla VIII. **Proyección a 20 años de consumo de agua por conexiones registradas en la Municipalidad**

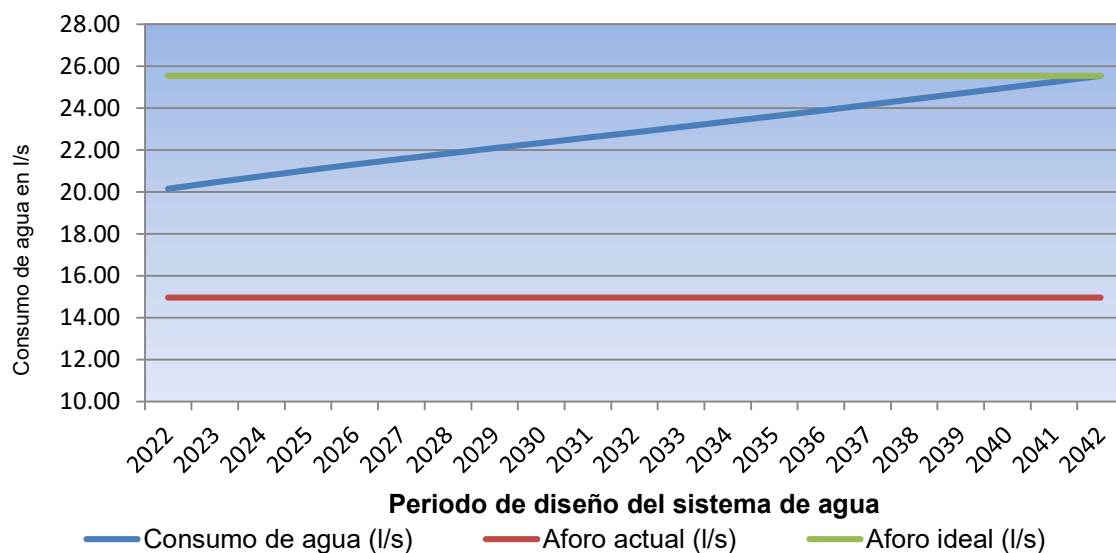
Año	Número de conexiones	Número de Habitantes	Consumo de agua (l/s)	Aforo actual (l/s)	Aforo ideal (l/s)
2022	1,423	6,987	14.56	14.96	19.64
2023	1,445	7,093	14.78	14.96	19.64
2024	1,466	7,200	15.00	14.96	19.64
2025	1,488	7,308	15.23	14.96	19.64
2026	1,511	7,419	15.46	14.96	19.64
2027	1,534	7,531	15.69	14.96	19.64
2028	1,557	7,644	15.93	14.96	19.64
2029	1,580	7,760	16.17	14.96	19.64
2030	1,604	7,877	16.41	14.96	19.64
2031	1,629	7,996	16.66	14.96	19.64
2032	1,653	8,117	16.91	14.96	19.64
2033	1,678	8,239	17.17	14.96	19.64
2034	1,703	8,364	17.42	14.96	19.64
2035	1,729	8,490	17.69	14.96	19.64
2036	1,755	8,618	17.95	14.96	19.64
2037	1,782	8,748	18.23	14.96	19.64
2038	1,809	8,880	18.50	14.96	19.64
2039	1,836	9,014	18.78	14.96	19.64
2040	1,864	9,151	19.06	14.96	19.64
2041	1,892	9,289	19.35	14.96	19.64
2042	1,920	9,429	19.64	14.96	19.64

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Por otro lado, la proyección de las viviendas que otorga el INE, existe 1,729 viviendas actuales, lo que resultad con un déficit en la cobertura tanto de la infraestructura como del volumen necesario para cubrir a la población y en ese sentido se tiene que al año 2042 se tendrá con un déficit de 10.57 l/s si no se desarrollan proyectos para ampliar el volumen de bombeo o captación actual.

Con el crecimiento de la población, en un periodo de diseño de 20 años, se tiene un aforo demandado de 25.53 l/s, representando un aumento de la demanda con relación al funcionamiento aproximado de una bomba por un rango de tiempo de al menos 18 horas, lo cual cubre la brecha demandada en veinte años, más no la brecha de la oferta efectiva.

Figura 6. **Consumo de agua proyectado a 20 años en el municipio por viviendas totales registradas**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Tabla IX. **Proyección a 20 años de consumo de agua por viviendas totales registradas en el municipio**

Año	Número de Viviendas	Número de Habitantes	Consumo de agua (l/s)	Aforo actual (l/s)	Aforo ideal (l/s)
2022	1,729	9,666	20.14	14.96	25.53
2023	1,998	9,812	20.44	14.96	25.53
2024	2,027	9,953	20.74	14.96	25.53
2025	2,055	10,090	21.02	14.96	25.53
2026	2,082	10,222	21.30	14.96	25.53
2027	2,108	10,352	21.57	14.96	25.53
2028	2,134	10,477	21.83	14.96	25.53
2029	2,158	10,598	22.08	14.96	25.53
2030	2,183	10,717	22.33	14.96	25.53
2031	2,207	10,837	22.58	14.96	25.53
2032	2,232	10,959	22.83	14.96	25.53
2033	2,257	11,082	23.09	14.96	25.53
2034	2,282	11,207	23.35	14.96	25.53
2035	2,308	11,332	23.61	14.96	25.53
2036	2,334	11,460	23.87	14.96	25.53
2037	2,360	11,588	24.14	14.96	25.53
2038	2,387	11,718	24.41	14.96	25.53
2039	2,413	11,850	24.69	14.96	25.53
2040	2,441	11,983	24.96	14.96	25.53
2041	2,468	12,118	25.24	14.96	25.53
2042	2,496	12,254	25.53	14.96	25.53

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

3.4.7. Análisis de escenarios

De acuerdo a la oferta actual de infraestructura en los pozos mecánicos, se podrá cubrir con la demanda proyectada por el total de la población, lo cual conllevará a desarrollar un aumento en el periodo de bombeo por cada pozo mecánico existente, por lo que en el escenario de generar el aumento a cada diez años para cubrir con la demanda, se deberá aumentar a un ritmo que al final del periodo proyectado no podrá contar con un tiempo para que la bomba se enfríe o descanse en su funcionamiento, por lo que estará expuesta a fallar.

Por lo tanto, se tendrá un periodo de descanso de cada bomba de 3 a 4 horas, teniendo en cuenta el ideal del consumo constante por parte de la población. Dicha proyección tendrá repercusiones en contar con un aumento en la tarifa actual para cubrir los costos de energía eléctrica además del diésel utilizado en el generador.

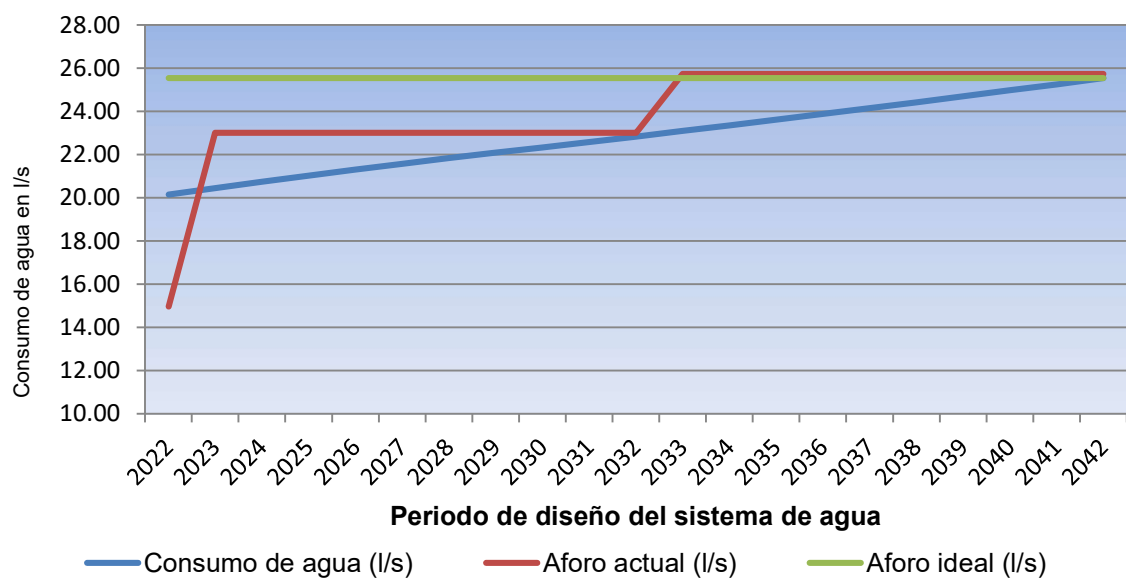
Tabla X. **Escenarios de bombeo para mejorar la oferta en función de la demanda total por la población**

Pozo mecánico		Bombeo recomendado por pozo periodo 2022		Bombeo recomendado por pozo periodo 2023-2032		Bombeo recomendado por pozo periodo 2033-2042	
No Pozo	Potencia de la bomba	Horas de bombeo al día	Caudal equivalente diario l/s	Horas de bombeo al día	Caudal equivalente diario l/s	Horas de bombeo al día	Caudal equivalent e diario l/s
1	60 HP	18	9.06	20	10.07	21	10.57
2	60 HP	12	4.41	20	7.34	21	7.71
3	30 HP	4	1.49	15	5.58	20	7.45
Caudal diario equivalente			14.96			22.99	25.73

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022).

Otro punto a destacar es que se podrá contar con un rango de modificaciones de los horarios de manera quinquenal, ello con la finalidad de no generar un alto gasto por ampliar los periodos de funcionamiento.

Figura 7. **Escenario de aumento en el periodo de bombeo en función de la demanda total por la población**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

3.5. Análisis de líneas de distribución de agua

Actualmente la Municipalidad cuenta con un único plano de la distribución de agua, el cual se tiene de manera impresa, el mismo presenta la cobertura según la Tabla VI. El sector que comprende el Cantón Centro, sectores de

Tzanjuyup, Palá y sectores de Paxán. Los restantes poblados no cuentan con información física o digital en sus líneas de distribución.

Según los resultados en la investigación, cada poblado cuenta con una cobertura en tubería para la distribución de agua y de manera aproximada existe más de 26 kilómetros de tubería central, la misma se distribuye en diferentes diámetros según los diseños apegados a las necesidades de abastecimiento en la población.

Tabla XI. **Longitud de tuberías de distribución de agua por centro poblado**

Centro Poblado	Diámetro de tubería					Total
	2"	2" 1/2	3"	4"	6"	
Aldea Xej	3,423.91		2,913.18			6,337.09
Cantón Centro	1,132.81	983.79	227.93	813.75		3,158.29
Cantón Chuistancia		804.79	3,289.51			4,094.31
Cantón Palá	1,554.30				596.16	2,150.46
Cantón Paxán	1,554.51	597.91	3,068.09	1,193.37		6,413.89
Cantón Tzanjuyup		1,764.57	2,278.25			4,042.82
Total general	7,665.52	4,151.06	11,776.97	2,007.13	596.16	26,196.85

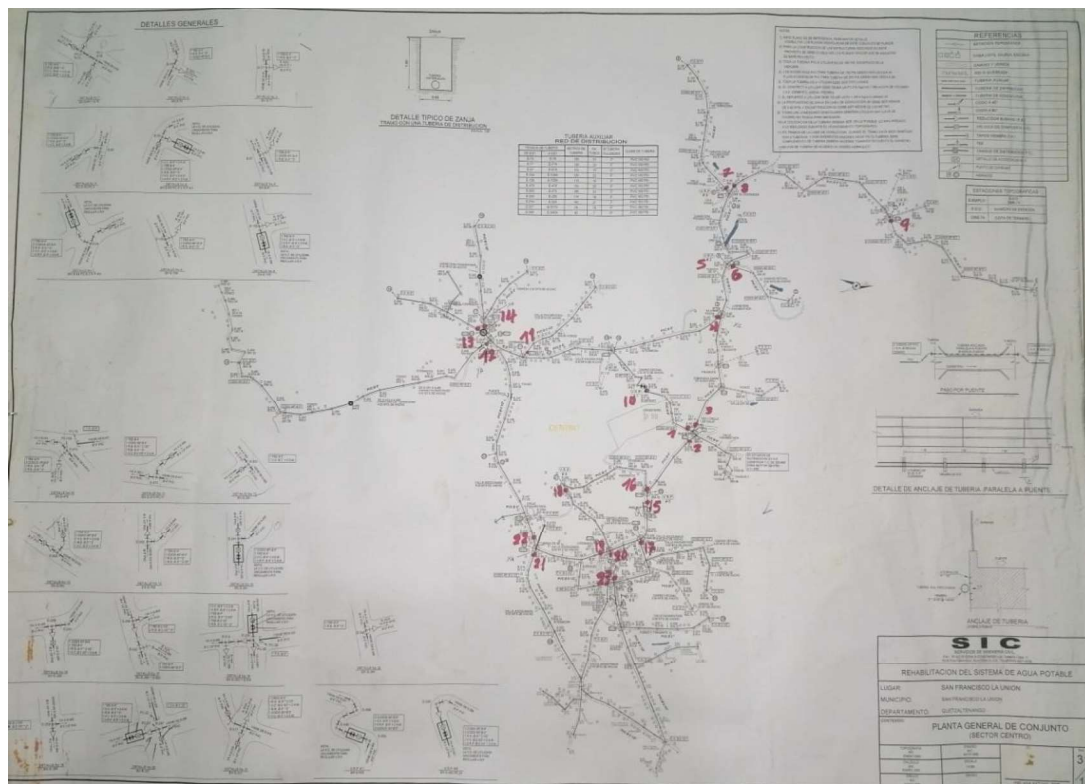
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022).

Cabe destacar que el dato es aproximado de acuerdo a diferentes líneas que no se tienen contempladas en los registros reales o que hayan sido realizados por la misma Municipalidad, lo cual genera una cifra negra por conexiones irregulares en líneas centrales y de conexión a viviendas, por lo que la longitud de mantenimiento será la establecida en 26.2 kilómetros.

3.5.1. Identificación de líneas por centro poblado

Para identificar las líneas de distribución del sistema del municipio, se tuvo la identificación del plano en físico que cuenta la Oficina Municipal de Agua, el mismo plano data del año 2009, en él se pueden identificar sectores que cubre tanto del Cantón Centro, Paxán, Tzanjuyup, Chuistancia y Palá, esta cobertura es para aquellas viviendas que se encuentran colindantes al centro del municipio.

Figura 8. **Plano único de distribución de agua registrado en la
Municipalidad**



Fuente: Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022).

El plano contiene todos aquellos accesorios necesarios para desarrollar una interconectividad y con la visión de generar sectores para la racionalización del servicio, mismo que se da en la actualidad teniendo como base la dotación de dos días a la semana por cada sector de los poblados.

De acuerdo a la integración de las líneas de distribución, el Cantón Paxán es quien cuenta con una mayor longitud en su línea de distribución, abarcando con ello el 24.48 % del total del municipio, lo cual tiene una repercusión por la dispersión de las viviendas, generando con ello una mayor inversión para la ejecución de nuevos proyectos, además de contar con una mayor pérdida de carga que genera una sensación de menor cantidad de caudal.

Tabla XII. **Relación de cobertura de tubería de distribución con cantidad de conexiones por centro poblado**

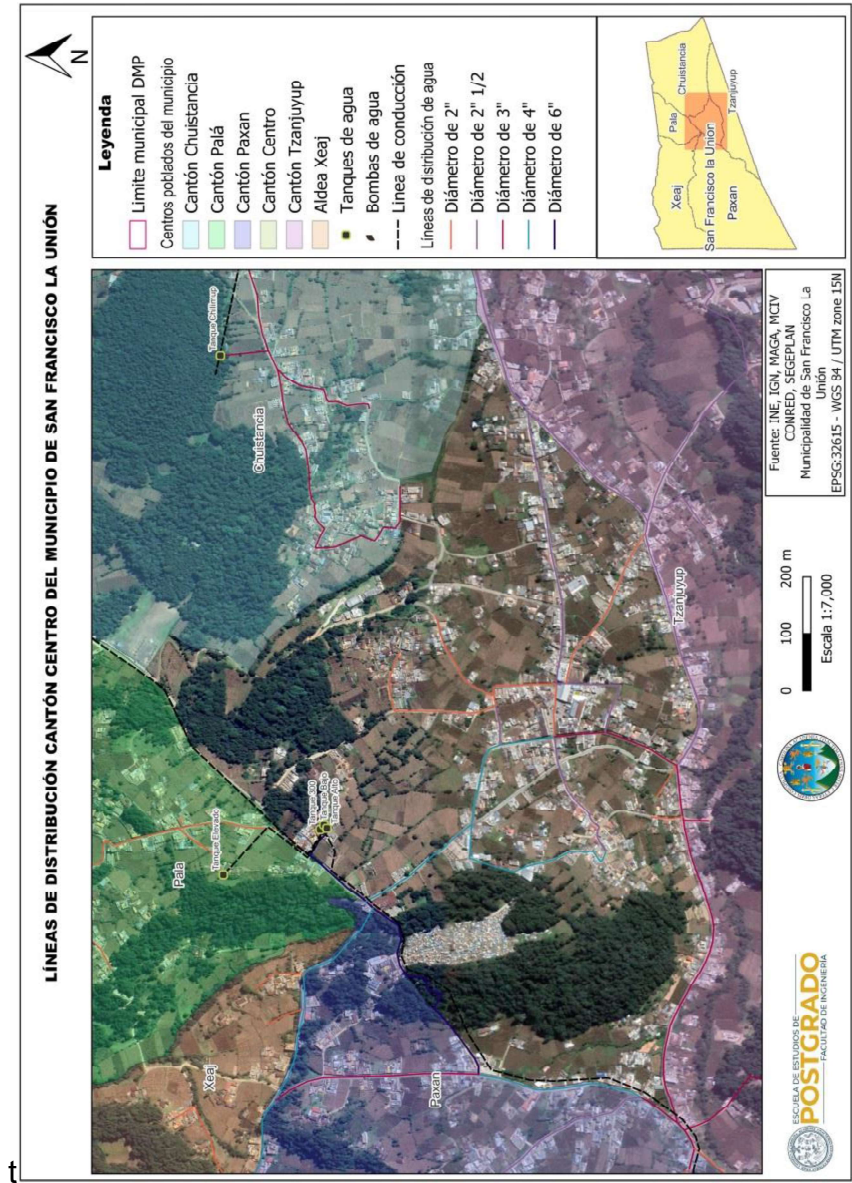
Centro poblado	Usuarios	% de usuarios	% de tubería de distribución	Relación tubería-usuarios
Aldea Xeaj	313	22.00%	24.19%	2.19%
Cantón Centro	266	18.69%	12.06%	-6.64%
Cantón Chuistancia	194	13.63%	15.63%	2.00%
Cantón Pala	108	7.59%	8.21%	0.62%
Cantón Paxán	295	20.73%	24.48%	3.75%
Cantón Tzanjuyup	247	17.36%	15.43%	-1.93%
TOTAL	1423	100.00%	100.00%	-----

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Informe de Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango.*

Actualmente el servicio se distribuye de tal manera que se mantiene un equilibrio entre el porcentaje de cobertura de la tubería de distribución por centro

poblado con el porcentaje de usuarios por centro poblado, ambos datos en función del total que se encuentra dentro del municipio.

Figura 9. **Líneas principales de distribución en el Cantón Centro**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGIS v3.20.

Únicamente el Cantón Centro mantiene una mayor cantidad de conexiones con relación a la longitud de tubería de distribución, ello se puede establecer debido a que existe una mayor cantidad de área con construcciones tanto de viviendas como de comercio, lo cual genera una mayor demanda del servicio, además es el poblado que menor cantidad de área representa con un 4.46 % con relación al total del municipio, siendo un poblado con poca dispersión.

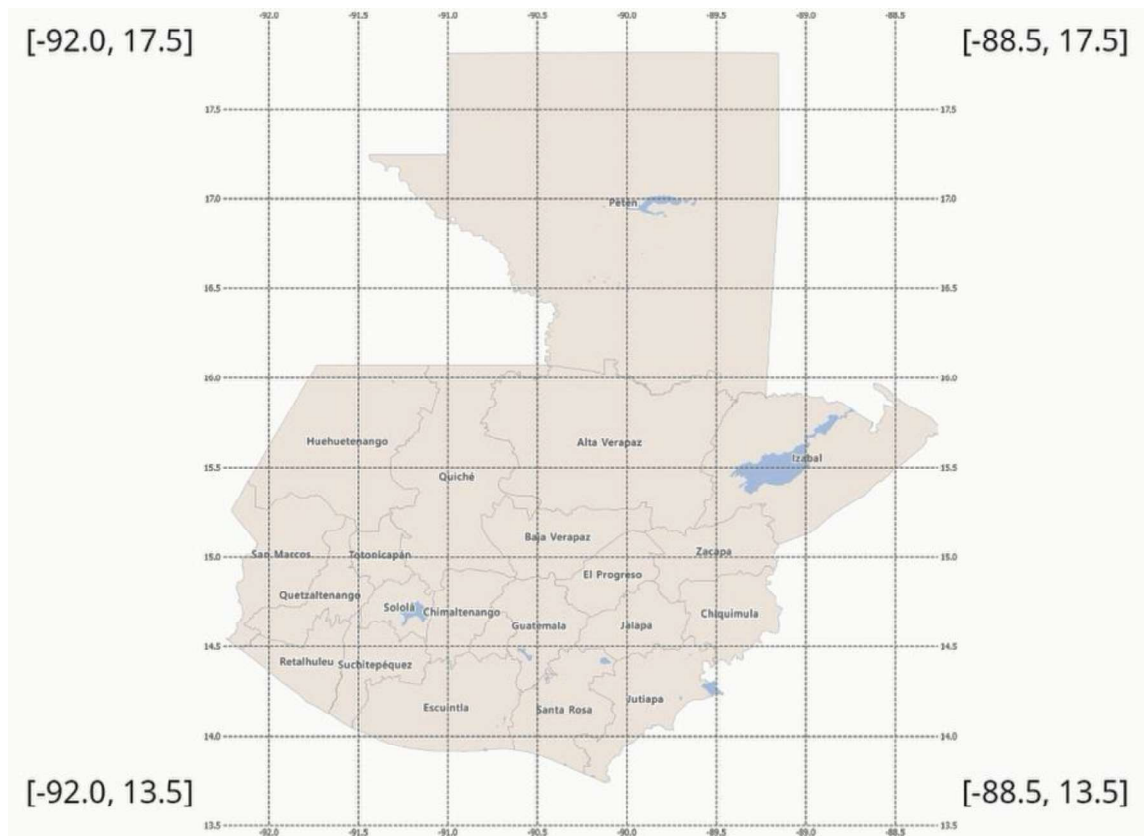
3.5.2. Digitalización de líneas de distribución

Para la digitalización de las diferentes líneas de distribución, se realiza a través del sistema QGis v3.20, el cual es un software de licencia abierta, con él se tiene un sistema de referencia de coordenadas (SRC) del proyecto EPSG:32615 - WGS 84 / UTM zone 15N, lo cual representa para Guatemala una zona establecida que tiene una aproximación en su rango de latitud que va de 13.5 a 17.5 y su rango de longitud de -88.5 a -92.0.

Lo anterior es la base para el desarrollo de la ubicación tanto de las líneas de distribución, como para establecer las coordenadas geográficas de los diferentes tanques de distribución, así como de los pozos mecánicos y de las bombas.

Con dicha configuración del sistema, se crea un nuevo sistema de referencia de coordenadas para Guatemala en el sistema, conocido como GTM, el cual se utiliza únicamente para la extensión territorial nacional, siendo los parámetros `+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=-90.5 +k=0.9998 +x_0=500000 +y_0=0 +datum=WGS84 +units=m +no_defs`, el cual se utiliza como apoyo o complemento a las coordenadas UTM en el proyecto a digitalizar.

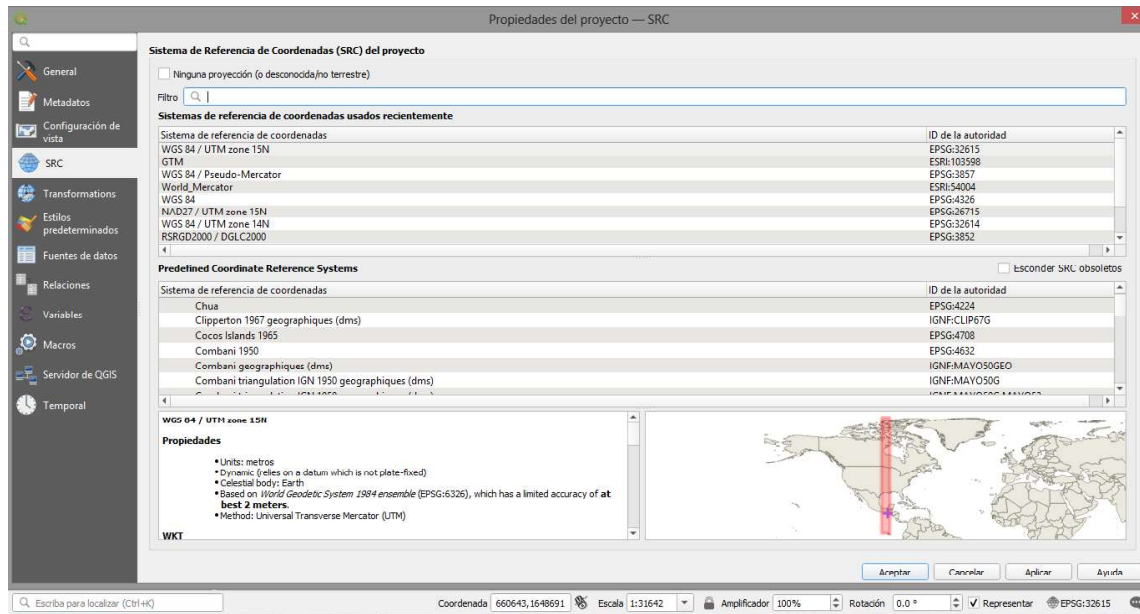
Figura 10. **Zona 15N de referencia para Guatemala con relación a la latitud y longitud (Coordenadas X,Y)**



Fuente: FLACSO, Guatemala. *Programa de metodología en investigación social*. Sistemas de información geografía con QGis I.

En la digitalización de las líneas de distribución, se crea como primer paso la nueva capa shape, ello a través del comando nueva capa de archivo shape desde el menú capa y crear capa, seguidamente se establece el nombre, tipo de geometría en cadena de líneas y establecer SRC bajo la referencia de EPSG:4326-WGS84. Lo anterior es la base trabajar cualquier capa shape en los diferentes software que existen para el análisis cualitativo y cuantitativo utilizado en los sistemas SIG (GIS – geographic information system).

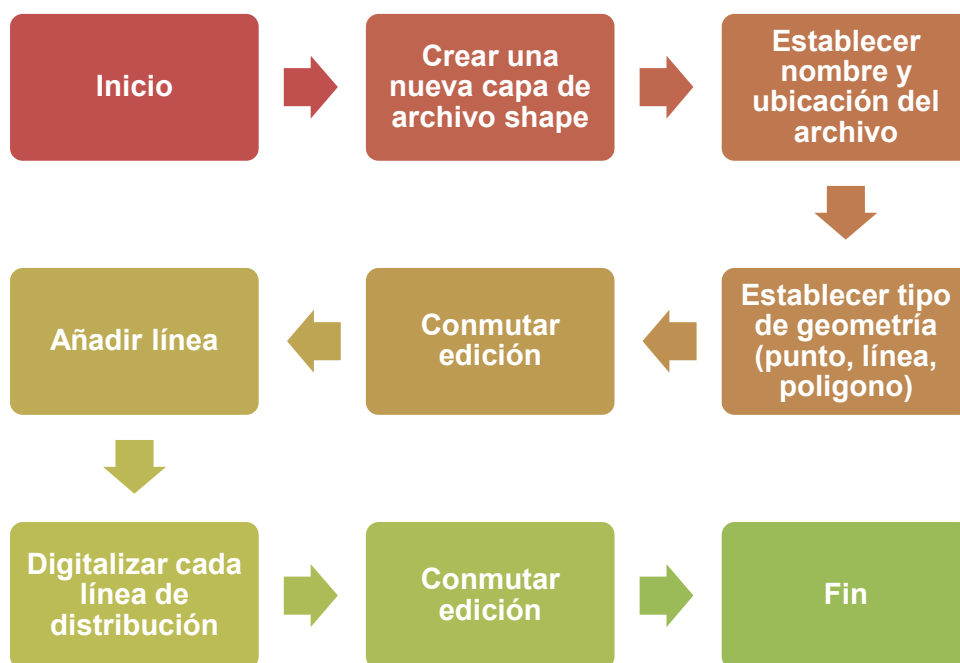
Figura 11. **Propiedades del proyecto para el sistema de referencia de coordenadas (SRC) en el software QGIS v3.20**



Fuente: EQGIS v3.20, consultado el 14 de agosto de 2022.

Cada capa shape se encuentra dividida por campos, los cuales contienen los valores por el tipo de geometría definida, por lo que cada campo puede ser una variable de tipo texto, de número real o decimal, así como de fecha, siendo los valores predeterminados. El software se apoya con los valores generados por parte de proveedores externos, siendo uno de ellos google® a través de la generación de las fotos satelitales, para lo cual se utiliza de referencia en la digitalización.

Figura 12. **Proceso de creación y digitalización para las líneas de distribución de agua**



Fuente: elaboración propia, realizado con SmartArt.

3.6. Bases legales para la normativa en los sistemas de agua

Para todas las Municipalidades del territorio de Guatemala, deberán observar lo que establece tanto la Constitución Política de la República de Guatemala, como en el Código Municipal, siendo estos los que establecen las responsabilidades tanto en la administración de los sistemas, así como ciertos procedimientos para la sostenibilidad de los mismos. Aunado a ello, se cuentan con diversas normativas que establecen diferentes funciones o responsabilidades, mismas que deberán ser vistas constantemente por cada administración municipal en el deber de su cumplimiento.

3.6.1. Bases legales de acuerdo a la Constitución Política de la República de Guatemala

Todas las municipalidades son instituciones autónomas, establecido según el artículo 253 de la Constitución y de acuerdo a su literal c en donde establece que todos los servicios públicos, incluyendo el servicio de agua para consumo humano, será función propia y que para los efectos correspondiente se podrá emitir las ordenanzas y reglamentos necesarios de acuerdo al ordenamiento del territorio.

El artículo 255 establece que las corporaciones municipales deberán velar por el fortalecimiento económico y captación financiera para la ejecución de obras y proyectos que beneficien la prestación de diversos servicios que así sean demandados.

3.6.2. Bases legales de acuerdo al Código Municipal

El artículo 3, reitera la autonomía municipal estableciendo con ello que cada Municipalidad podrá administrarse a sus intereses, atendiendo con ello las necesidades locales en los servicios públicos, además de buscar el fortalecimiento financiero y el desarrollo de ordenanzas y reglamentos en la administración de todos los servicios y su ordenamiento del territorio.

Para el gobierno municipal, el artículo 33 hace mención que el Concejo Municipal deberá velar y garantizar los intereses como las necesidades que plantea la población, acorde a la disponibilidad tanto de recursos físicos como financieros, lo cual complementa lo establecido en el mismo artículo 34 en donde se cuenta con la base para los reglamentos internos de funcionamiento de las

oficinas y direcciones necesarias para la buena marcha y atención de la administración de la Municipalidad (Código Municipal, 2002).

Para que un normativo o reglamento tenga validez, el artículo 35 establece las atribuciones generales del Concejo Municipal, en donde de acuerdo a la literal b, establece el mismo ordenamiento territorial y control urbanístico de la circunscripción municipal, con ello se cuenta con la base de generar el control del territorio en función del desarrollo tanto urbano como rural. Aunado, la literal e establece que la planificación así como la reglamentación, control y evaluación de los servicios públicos teniendo en cuenta los intereses de la población. En su literal i, aclara que serán atribuciones la emisión y aprobación de los diferentes de acuerdos, reglamentos y ordenanzas municipales. (Código Municipal, 2002)

Las competencias propias municipales están establecidas por el artículo 68, en donde se establece en su literal a) el abastecimiento de agua domiciliario debidamente clorada, así como otros servicios. La literal m) menciona sobre la regulación de las construcciones de obras públicas o privadas, la cual debe ir de la mano con la licencia u autorización tanto del uso como el aval para la conexión al sistema municipal de abastecimiento de agua. (Código Municipal, 2002)

La administración de cada servicio, establece la regulación, el mantenimiento, ampliación, así como el mejoramiento, siendo el artículo 72 el que establece que la Municipalidad deberá regular además de prestar a la población los servicios públicos, garantizando el funcionamiento seguro, eficiente, continuo y para ello, podrá establecer el cobro de diferentes tasas o contribuciones para la sostenibilidad del servicio. (Código Municipal, 2002)

Los artículos 100, 101 y 102 establecen los ingresos del municipio, el principio de legalidad y la contribución por mejoras, en donde se menciona y

aclara que los fondos recaudados por concepto de pago de servicios, tendrán que ser destinados para cubrir los gastos de administración, operación y mantenimiento. Se establece la base del régimen sancionatorio, en el cual el artículo 150 menciona las faltas que podrán ser sancionadas en cuanto estén consignadas en las ordenanzas, reglamentos, acuerdo y disposiciones municipales, las cuales serán de obligación de los vecinos la observancia para su cumplimiento. (Código Municipal, 2002)

Consignadas las faltas, se establecen las sanciones y los tipos que puedan darse, lo cual el artículo 151 menciona sobre el derecho que puede hacer la Municipalidad para imponer las mismas, ello de acuerdo el caso y que podrán ser de tipo administrativas o infracciones legales, por lo que podrá contarse con amonestación verbal o escrita, multa, suspensión, cancelación de licencias o permisos entre otras. (Código Municipal, 2002)

3.6.3. Normativa actual de la Municipalidad

La municipalidad como parte de sus obligaciones de acuerdo al artículo 35 del Código Municipal, se crea y aprueba el Reglamento para la administración y prestación del servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado del municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango, ello bajo el punto noveno del acta número 33-2021 del Concejo Municipal, con fecha diez de junio del año dos mil veintiuno. (Municipalidad de San Francisco La Unión, 2021).

El reglamento cuenta con cinco capítulos:

- Capítulo I. Disposiciones generales y administración, objeto, principios y administración.

- Capítulo II. Operación y mantenimiento del servicio
- Capítulo III. Tasas por servicio
- Capítulo IV. Prohibiciones y sanciones
- Capítulo V. Disposiciones finales

Dentro del reglamento, se destaca el artículo 6 de las definiciones, en el cual se establecen las categorías de usuarios, así como las tarifas que cada uno de ellos deberá pagar por uso del servicio de agua, cabe resaltar que dicho apartado deberá ser parte al capítulo III donde se establecen las tasas por servicios más no en un artículo de definiciones. Dentro de las categorías se cuentan las establecidas por la Municipalidad según la Tabla XIII.

Tabla XIII. **Categorías de usuarios y tarifas por conexión**

Categorías de usuarios	Concepto de la categoría	Tarifa	
Doméstica	Cuando el agua se utiliza para usos del hogar y el inmueble para vivienda	Q	16.50
Comercial	Cuando el agua se utiliza para consumo humano y el inmueble para fines comerciales	Q	35.00
Pública	Cuando el agua se utiliza para consumo de las entidades del sector público será exento	Q	-
Industrial	Cuando el agua se utiliza como insumo de procesos industriales o instalaciones destinadas a esos fines	Q	125.00
Especial	Cuando el agua se utiliza para abastecer gasolineras, negocios dedicados a lavar vehículos y otros considerados especiales	Q	125.00
Especial	Cuando el agua se utiliza para abastecer gasolineras, negocios dedicados a lavar vehículos y otros considerados especiales en el caso de hoteles	Q	50.00

Fuente: Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Reglamento para la administración y prestación del servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado del municipio de San Francisco La Unión, Quetzaltenango.*

3.6.4. Bases legales para la implementación de reglamentos

El artículo 35 del Código Municipal Decreto número 12-2022 establece las atribuciones generales del Concejo Municipal, que literalmente dice: “e) El establecimiento, planificación, reglamentación, programación, control y evaluación de los servicios públicos municipales, así como las decisiones sobre las modalidades institucionales para su prestación, teniendo siempre en cuenta la preeminencia de los intereses públicos” (Código Municipal, 2002, art., 35).

De la misma manera se complementa con la literal i) que literalmente dice: “i) La emisión y aprobación de acuerdo, reglamentos y ordenanzas municipales” (Código Municipal, 2002, art., 35).

Por último, se cuenta la base de la implementación de tarifas o tasas por la prestación del servicio, en donde literalmente dice: “n) La fijación de rentas de los bienes municipales, sean éstos de uso común o no, la de tasas por servicios administrativos y tasas por servicios públicos locales, contribuciones por mejoras...” (Código Municipal, 2002, art., 35).

3.6.5. Análisis de tarifas

Actualmente la Municipalidad cuenta con un cobro mensual de Q16.50 para uso residencial, del cual se tiene un aproximado de mora del 50 % de los usuarios, por lo que la recaudación no cubre con el gasto que se tiene para el pago por concepto de energía eléctrica y diésel de las diferentes bombas conectadas al sistema. De la misma manera se cuenta con el costo de insumos

y materiales para el proceso de cloración, herramientas para el mantenimiento correctivo y preventivo.

El total de personal que se encuentra para el funcionamiento y mantenimiento del sistema es de 8 personas, siendo un jefe de la Oficina Municipal de Agua y supervisor encargado de verificar que se tenga el servicio en las viviendas según al sector; 4 personas encargadas directamente del mantenimiento tanto preventivo como correctivo y por último 3 personas encargadas del proceso de distribución y conducción.

Tabla XIV. **Gasto por salarios al mes en temas de agua**

Cargo	Salario
Encargado de la Oficina Municipal de Agua	Q 3,750.00
Fontanero	Q 3,392.00
Fontanero	Q 3,392.00
Jornalero en Mantenimiento de tubería del servicio Municipal de Agua potable	Q 3,500.00
Jornalero en Mantenimiento de tubería del servicio Municipal de Agua potable	Q 3,500.00
Jornalero en Mantenimiento de tubería del servicio Municipal de Agua potable	Q 3,500.00
Cloración y jornalero en mantenimiento de tubería del servicio municipal de agua potable	Q 4,000.00
Fontanero	Q 3,000.00
Total de salarios	Q 28,034.00

Fuente: Municipalidad de San Francisco La Unión (2022). Consultado el 02 de agosto de 2022.

Recuperado de <https://munisanfranciscolaunion.com/>

El monto aproximado que se percibe por ingresos en pago del servicio incluyendo el porcentaje de usuarios con mora es de Q140, 877.00 al año, dato que se considera en el proyecto de presupuesto del año 2022, en el cual la Municipalidad establece un ingreso por el servicio de Q150, 000.00 y un monto representativo en concepto de pago de multas.

Por otro lado, se establece en el proyecto de presupuesto un monto de personal asignado a la Oficina Municipal de Agua de Q177, 592.40 el cual incluye la bonificación de ley, complementos y aporte a las clases pasivas y aporte patronal al IGSS, teniendo el resto de personal asignado al proyecto que no forma capital fijo donde se incluye los materiales, suministros y personal no permanente el cual no se le incluyen los beneficios de ley.

Tabla XV. **Formulación presupuestaria de ingresos y egresos 2022**

Ingreso por rubro presupuesto 2022	Total año		Mensual	
Concesión de servicios de agua (pajas de agua)	Q	150,000.00	Q	12,500.00
Multas de agua potable	Q	1,500.00	Q	125.00
Total ingresos	Q	151,500.00	Q	12,625.00
Egresos por rubro presupuesto 2022				
Pago de salarios	Q	483,592.00	Q	28,034.00
Materiales y suministros	Q	2,564,320.00	Q	213,693.00
Total egresos	Q	3,047,912.00	Q	241,727.00
Balance ingresos - egresos	-Q	2,896,412.00	-Q	229,102.00

Fuente: Municipalidad de San Francisco La Unión (2022). Consultado el 02 de agosto de 2022.

Recuperado de <https://munisanfranciscolaunion.com/>

Considerando los montos del proyecto de presupuesto del año 2022, el balance es negativo y el total de ingresos no logra la sostenibilidad de los sistemas, lo que genera que la Municipalidad establezca un subsidio de Q89.97 por beneficiario dentro de su presupuesto municipal.

3.7. Planteamiento del plan de agua

Para generar una estructura del plan de agua necesario con una visión de al menos diez años, se debe considerar establecer los puntos prioritarios para la generación de nueva infraestructura que se complemente con la captación de nacimientos o la construcción de pozos mecánicos, además de generar la información necesaria que valide la red de conducción y distribución planteada, misma que se toma como referencia en base a los conocimientos de los colaboradores de la municipalidad.

Otro aspecto importante es generar una actualización del reglamento aprobado en el año 2021, en el cual se incluyan factores necesarios para mejorar los ingresos, así como asegurar los medidores de consumo que faciliten el reconocimiento de excesos en el consumo, así como proyectos de impacto como lo es el catastro, el cual es necesario en la identificación de usuarios como del ordenamiento territorial del municipio.

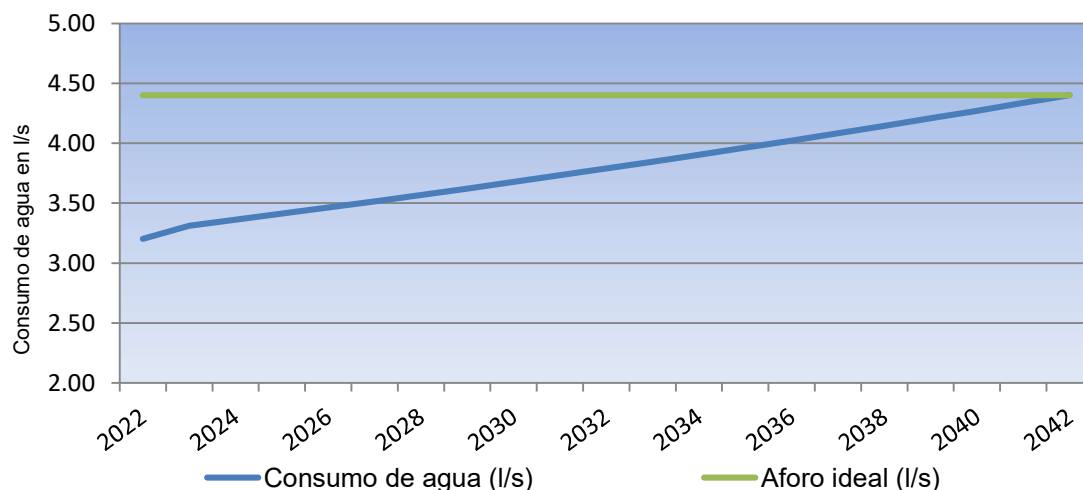
3.9.1. Propuesta de proyectos

De acuerdo a los datos obtenidos en las diferentes visitas de campo, cada poblado o sector que ha dividido la Municipalidad para abastecer, cuenta con dos días de servicio de agua, dejando con ello cinco días sin la posibilidad de abastecerse del sistema, lo que genera percepción de escases o mala administración del recurso. Para lo anterior se tienen contempladas acciones y

proyectos necesarios para mejorar el abastecimiento a la población demandante del servicio.

Según la distribución de los centros poblados, la Aldea Xeaj cuenta con los días sábado y domingo el servicio, siendo un poblado que se encuentra básicamente fuera de la conectividad con el resto del municipio, es necesario la construcción de un pozo mecánico que genere un caudal de al menos 4.50 l/s, lo cual sacaría del circuito a la Aldea de todo el sistema, por lo que podrá abastecerse manera continua o racionalizada con más días y horas de abastecimiento.

Figura 13. **Proyección de caudal necesario para el abastecimiento en la Aldea Xeaj al 2042**

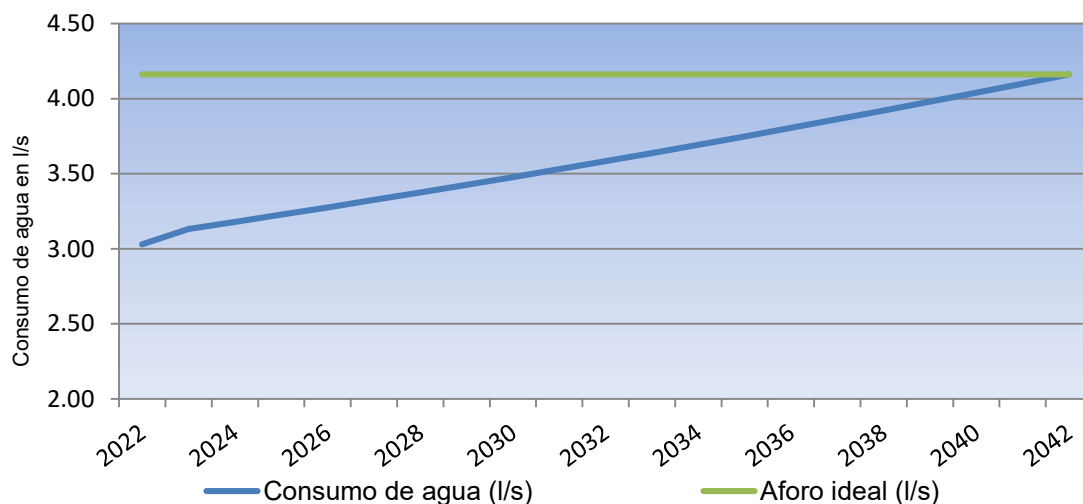


Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Contar con un pozo mecánico que abastezca a la Aldea Xeaj, dejará con ello dos días para incrementar el servicio a la población, sin embargo, el costo de operación tendrá un incremento en el pago de energía eléctrica por la utilización de una bomba.

El segundo poblado que se encuentra de alguna manera alejado de la conectividad es el Cantón Paxán, de la misma manera cuenta con un tanque de distribución único para el poblado, por lo que contar con un pozo mecánico para el abastecimiento lo dejará fuera del circuito actual. Teniendo ello en cuenta, será necesario contar con un pozo que genere un caudal de al menos 4.16 l/s, ello para asegurar el servicio con un periodo de diseño de 20 años.

Figura 14. Proyección del caudal necesario para el abastecimiento en el Cantón Paxán al 2042



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

Contar con dos poblados fuera del circuito y con un caudal sumado por ambos y aproximado de 8.16 l/s, asegura una mayor oferta en el sistema principal, teniendo con ello un resultado de mayor caudal u oferta en el servicio o bien establecer menores rangos de tiempo para el funcionamiento de cada bomba, todo ello con relación a darle el tiempo respectivo de descanso y con ello alargar el tiempo de vida útil de cada equipo.

3.9.2. Propuesta de interconexión

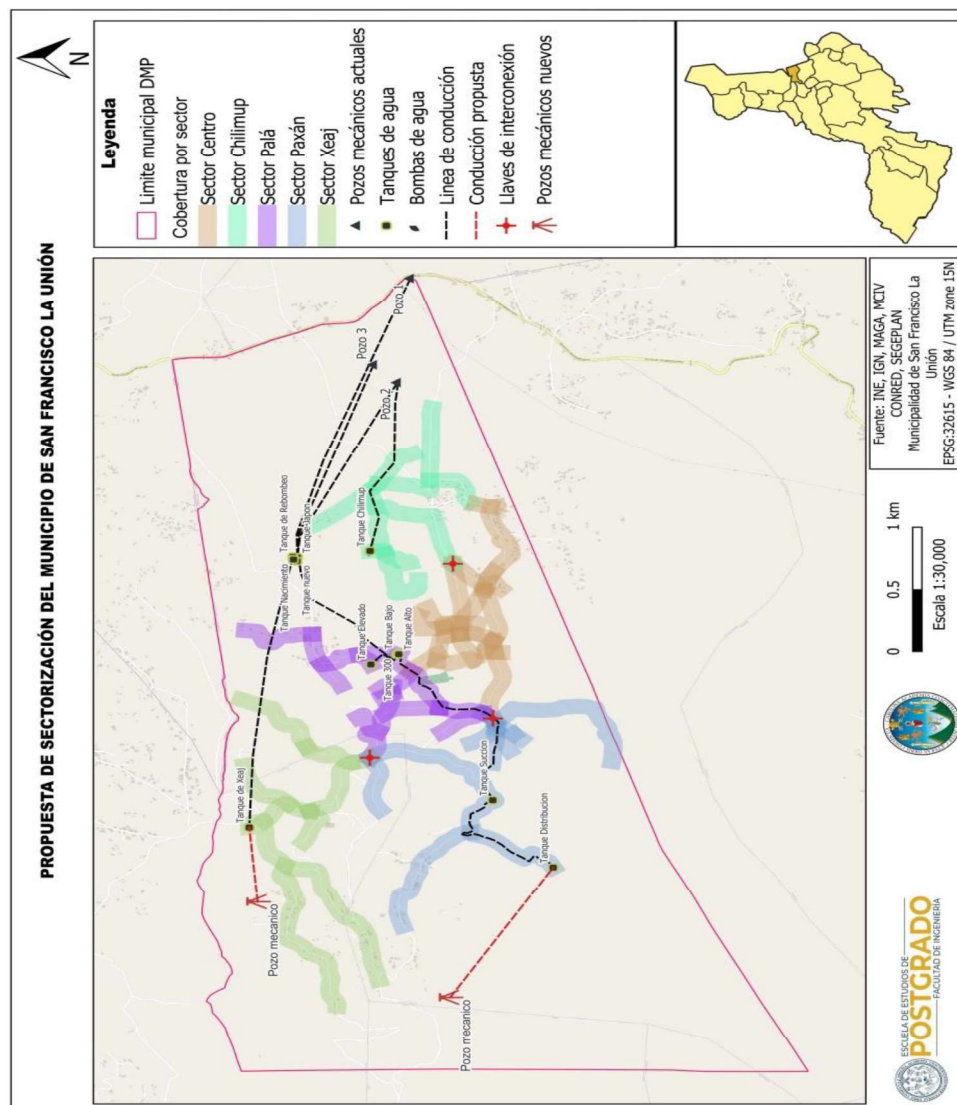
Con la base de contar con dos nuevos pozos mecánicos que abastezcan los tanques de distribución de la Aldea Xeaj y Cantón Paxán, se procede a desarrollar una nueva sectorización, apoyado de las llaves actuales que se utilizan para la distribución, por lo que se proponen llaves maestras para generar cinco sectores que contemplen cinco bombas en pozos mecánicos, dos exclusivas para los antes mencionados y tres más que son las que actualmente funcionan para el abastecimiento de los sectores llamados en este plan, centro, Chilimup y Palá.

Con la propuesta de sectorización nueva, se contemplan dos sistemas exclusivos como lo es Palá y Xeaj, por lo que pueden funcionar de manera independientes al resto, lo cual tendrá un funcionamiento de cinco a seis días por semana, lo que conlleva en bienestar a la población. Los restantes tres sectores se alimentan del sistema actual, por lo que, con la separación, se vuelve un sistema exclusivo con un volumen de almacenamiento de 1020 m³ para satisfacer a la población de cuatro poblados.

Las llaves centrales para la interconexión se utilizan para generar los sectores, sin embargo, las actuales llaves de paso que se utilizan para ampliar o disminuir el tamaño de los circuitos aún será parte de los sistemas, mismos que

serán utilizados en la programación de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Figura 15. **Propuesta de interconexión y sectorización futura**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGIS v3.20.

3.9.3. Propuesta del procedimiento para la operación, mantenimiento y administración

Para conocer el procedimiento de mantenimiento, primero se debe contar con la claridad de los tipos de mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, por lo que se establecerán disposiciones y lineamientos generales de acuerdo al tipo de infraestructura de casa sistema que resulte de las modificaciones al sistema actual.

3.9.3.1. Lineamientos generales del mantenimiento

Todas las acciones tanto de mantenimiento preventivo como correctivo se destinan que se realicen de manera programada a cada tres meses, teniendo con ello una planificación y programación de actividades que generen la gestión del financiamiento adecuado.

- La revisión de cajas de captación en los nacimientos que se encuentran conectados al tanque nacimiento. Se revisa si existen filtraciones, fisuras o fracturas en la estructura. La revisión se deber realizar también sobre la infraestructura de los tanques que se encuentran en el sistema.
- Inspección del entorno de cada caja de captación y tanque de distribución en búsqueda de residuos o basura que puedan obstruir el flujo de agua, así mismo que pueda generar alguna contaminación.
- Revisar y lavar el interior de la infraestructura de la caja de captación y tanque de distribución, ello con el uso de cepillo de plástico y uso de equipo personal limpio. En este tipo de limpieza no se deberá utilizar jabón o detergente.

- Corroborar que todas las válvulas y llaves giren con facilidad.
- Inspeccionar y reparar los cercos de protección, realizando limpieza en los alrededores.
- Generar acciones de reforestación en las áreas cercanas a cada caja o tanque de distribución, así como en las partes altas del municipio, complementando con la creación de un reglamento para la protección del área verde y bosques comunales.
- Para las válvulas de compuerta para la limpieza, hacer la revisión general del estado de la caja. Se deberá abrir por completo la válvula para dejar que salga todo tipo de sedimentos y lodos que puedan haberse acumulado.
- Para el caso del hipoclorador se revisa la tapadera y lubricar el candado. Lavar el depósito del clorador. Cerrar la válvula de salida del tanque y abrir la válvula de drenaje del hipoclorador, por último, dejar correr el agua por el drenaje.
- Para las conexiones domiciliarias se debe verificar que la tubería de distribución y de conexión no se encuentre de manera superficial. Verificar y reportar cuando existan fracturas en las tapaderas de las cajas de los contadores.

3.9.3.2. Lineamientos generales para la operación

Todas las acciones en el proceso de operación del o los sistemas de agua, deberá contemplar un cronograma y procedimiento avalado por la Oficina Municipal de Agua y el Concejo Municipal.

- Establecer un control automatizado para el encendido y apagado de las bombas de acuerdo al volumen necesitado en un rango de tiempo establecido del funcionamiento de las mismas.
- Generar acciones de limpieza semanal en los alrededores de los pozos mecánicos, extrayendo los residuos y basura que pueda acumularse, así mismo acciones de limpieza y corte de maleza que pueda crecer.
- Revisar los muros perimetrales conjuntamente con la malla, para verificar el estado, además de reportar cuando existan daños ocasionados por vecinos.
- Generar un cronograma de acciones diarias que deberán cumplirse con relación a la verificación del volumen de almacenaje en horas de mayor demanda.
- Medir la presión en viviendas de manera aleatoria para corroborar que se encuentre el abastecimiento adecuado. La acción se deberá realizar con una muestra de forma quincenal o semanal.
- Verificar la cantidad de cloro residual según la normativa del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

- Generar reportes mensuales de cobro y mora, con la finalidad de mejorar la recaudación socializando y sensibilizando a las personas la sostenibilidad del sistema.

3.9.3.3. Lineamientos generales para la administración

La administración incluye la forma en que se gestionen los recursos tanto físicos como financieros para el buen funcionamiento del sistema, así mismo incluye el manejo del personal dentro de la Oficina Municipal de Agua.

- Mantener a la vista el cronograma de acciones y horarios establecidos para el mantenimiento y operación.
- Generar las boletas para el seguimiento del mantenimiento y operación, el cual debe contar con el visto bueno por cada acción por parte del jefe de dependencia.
- Crear campañas para la sensibilización de la población en relación al pago de la tarifa puesta para el funcionamiento del sistema.
- Generar la actualización del reglamento de aguas en un periodo de dos años.
- Mantener el equipo de protección personal en buen estado y cambiarlo al menos dos veces al año o cuando esté demuestre deterioro por el uso continuo.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Situación actual de la infraestructura de los sistemas

El municipio de San Francisco La Unión cuenta actualmente con un sistema el cual se encuentra sectorizado por poblados y con una continuidad de dos días a la semana por cada uno de ellos, mismo que es abastecido por tres pozos mecánicos que cuentan con un periodo de bombeo que cubre con las necesidades del día de acuerdo a la demanda, sin embargo en los resultados de las visitas de campo, se pudo corroborar que la demanda actualmente se encuentra insatisfecha con la cantidad de oferta que se establece.

Los tres pozos mecánicos cuentan con diferencias entre sí, tanto el pozo 1 como el 2 se encuentran funcionando con bombas eléctricas de 60HP y la bomba 3 funciona a través de un generador eléctrico a base de diésel que alimenta a una bomba de 30HP.

Tanto el pozo 2 como el 3 se encuentran bajo una infraestructura que limita el acceso a la población y que resguarda sus elementos, así mismo cuenta con una caseta para los controles. A diferencia, el pozo 1 se encuentra con una accesibilidad para la población, éste no presenta ningún tipo de resguardo o muro perimetral que limite su daño por parte de cualquier tipo de animal o persona, este cuenta con caseta donde se encuentran los diferentes controles.

Las tres líneas de conducción que se encuentran actualmente por parte de cada pozo mecánico, se encuentran tanto en terrenos privados como municipales, lo cual genera un riesgo a mediano o largo plazo si se llega a

cambiar el uso del suelo de uso agrícola a uso residencial en las áreas privadas, lo cual será parte importante a tomar en cuenta en el diseño futuro del sistema. El sistema completo cuenta con 11 tanques de concreto armado y un tanque elevado de metal, cinco de estos son exclusivamente para la distribución y los restantes son utilizados como tanques de almacenamiento o intermedios para bombear agua hacia otros tanques ubicados a una altura mayor.

Tabla XVI. **Volumen total en tanques para distribución**

Nombre	Ubicación	Año de construcción	Volumen m³	Altitud msnm
Tanque Chilimup	Cantón Chuistancia	2011	100.00	2800
Tanque 300	Cantón Centro	2010	300.00	2833
Tanque Bajo	Cantón Centro	1984	60.00	2833
Tanque Distribución	Cantón Paxán	2011	60.00	2914
Tanque de Xeaj	Aldea Xeaj	2019	321.55	2836
Tanque Elevado	Cantón Palá	S/D	50.00	2830
Total de volumen			891.55	

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022). Visita de campo realizada el 27 de julio de 2022.

El tanque nuevo, como es denominado por la Municipalidad, actualmente no se encuentra conectado al sistema, ello debido a que anteriormente era un tanque de rebombeo hacia el tanque Chilimup, pero que se consideraba un gasto innecesario, por lo que actualmente se debe incluir en el sistema como un tanque de almacenamiento que pueda aportar para lograr el abastecimiento adecuado con la nueva redistribución de sectores.

Tabla XVII. **Amenazas ubicadas en el área de los tanques de agua**

Nombre	Ubicación	Naturales				Socio naturales			
		Escorrentía	Deslizamiento	Inundaciones	Sismos	Vandalismo	Contaminación por desechos líquidos	Basureros clandestinos	Incendios forestales y/o agrícolas
Tanque Chilimup	Cantón Chuistancia	x	x		x				x
Tanque Japón	Cantón Chuistancia				x	x	x	x	x
Tanque nuevo	Cantón Chuistancia				x	x	x	x	x
Tanque de Rebombeo	Cantón Chuistancia	x	x	x	x	x	x	x	x
Tanque Nacimiento	Cantón Chuistancia	x	x	x	x	x	x	x	x
Tanque 300	Cantón Centro				x	x	x	x	
Tanque Bajo	Cantón Centro				x	x	x	x	
Tanque Alto	Cantón Centro				x	x	x	x	
Tanque Succión	Cantón Paxán				x		x	x	
Tanque Distribución	Cantón Paxán	x	x		x		x	x	x
Tanque de Xeaj	Aldea Xeaj				x	x	x	x	
Tanque Elevado	Cantón Pala				x			x	

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2022). Visita de campo realizada el 27 de julio de 2022.

En general todos los tanques se encuentran en buenas condiciones físicas, al no contar con fisuras, grietas o filtraciones de agua que puedan denotar un riesgo al corto plazo. Sin embargo, se destaca que el tanque de rebombeo se

encuentra por debajo del suelo y que el lado norte del mismo, cuenta con plantaciones de milpa a una altura mayor que la misma parte superior del tanque, por lo que corre un riesgo a los pequeños deslizamientos o escorrentía que se pueda dar en las épocas de lluvia.

El mayor riesgo que cuenta la infraestructura es de tipo social, empezando por que la mayoría no cuenta con una muro perimetral o cerco que limite el acceso a los mismos, por ende, la población puede hacer uso del mismo espacio para depositar basura que generan, convirtiendo el área en posibles basureros clandestinos si no se llega a contar con un control.

De las amenazas que más puedan dañar la infraestructura serán los sismos, por lo que parte del mantenimiento preventivo es la inspección continua, con el objetivo de identificar daños como fisuras, fracturas o bien alguna tubería cercana al tanque que pueda dañarse, ello con la finalidad de corregir o darle un tratamiento inmediato para evitar daños graves que puedan afectar en la continuidad del servicio.

4.2. Análisis de oferta y demanda

Actualmente en la Municipalidad cuenta con un registro de 1,423 conexiones registradas de manera regular en el sistema, mismas que cuentan con un pago mensual de Q16.50 como tarifa de uso residencial, con esta cantidad de conexiones, la población demanda un total de 14.56 l/s, sin embargo, comparando este dato de demanda registrada con la demanda por la cantidad de viviendas que establecen las proyecciones del INE, solamente se cubre con el 82 %, teniendo con ello a un 18 % de demanda insatisfecha por cobertura en la infraestructura.

Tomando en cuenta la demanda real por toda la población, se establece un total de 20.14 l/s, lo cual es cubierto con un aforo actual u oferta de 14.96 l/s, lo que conlleva la cobertura en cantidad con las conexiones registradas y un déficit para el total de viviendas establecidas en el municipio.

Con la proyección de la población, al ritmo de crecimiento registrado, se establece un periodo de 20 años con una población total de 12,254 habitantes que demandan un total de 25.53 l/s, por lo que a dicho periodo se tendrá un déficit de más de 10 Litros/segundo si no se cambian los periodos de bombeo o se establecen nuevos pozos mecánicos para mejorar el suministro de agua.

La oferta establecida actualmente por la Municipalidad, consta de realizar una distribución por sectores y que el suministro no es llevado a toda la población con conexión regular de manera diaria, dejando con ello dos días a la semana el abastecimiento, por lo que diferentes personas han optado a tener depósitos de agua para satisfacer su necesidad en los días que se encuentran fuera de la programación.

4.3. Análisis de líneas de distribución

El municipio cuenta con un aproximado de 26 kilómetros de tubería central para la distribución de agua, el cual está comprendido por diferentes diámetros en todo el circuito, de dicha tubería, solamente se encuentra un sector identificado mediante un plano físico, el resto del sistema es identificado únicamente por el conocimiento de los fontaneros, jefe de la Oficina Municipal de Agua y de los mismos representantes comunitarios que participaron en la ejecución de los proyectos.

Ante la necesidad de generar la información, se cuenta con el análisis mediante el recorrido por toda la línea central de distribución, identificando desde los tanques de distribución hasta el final de la línea por cada sector, en el cual se establece por parte de los representantes municipales, que existen tuberías y conexiones irregulares que no han sido aprobadas por la Municipalidad, por lo que es un consumo extra que no se tiene identificado pero que afecta a personas que se encuentran a distancias mayores.

Como parte de la dinámica de diferentes municipios que no escapa San Francisco La Unión, existe dispersión en las viviendas, lo cual se visualiza de mayor manera en los poblados alejados del centro, por lo que la cantidad de conexiones con relación al área del poblado, el Cantón Centro cuenta con una mayor densidad, así mismo se refleja que de acuerdo al porcentaje de usuarios que cuenta dicho poblado, se tiene un 6.64 % menos de tubería de distribución en relación al total que se tiene instalado en el municipio. Fuera del Cantón Centro, los restantes poblados marcan un equilibrio en su porcentaje de usuarios y el porcentaje de tubería de distribución.

Es de recalcar que actualmente la Municipalidad no cuenta con un catastro que apoye en la identificación de las viviendas que cuentan con el servicio, así mismo no se tienen instalados medidores como lo puede ser un contador de agua para identificar los gastos excesivos que pueda tener una vivienda con relación al total contratado.

Se establece que ante el desconocimiento de la red de agua que no cuenta con un plano de registro, la identificación es de manera referencial, por lo que los siguientes pasos a tomar se deberán priorizar la socialización y aprobación del resultado ante los representantes comunitarios y autoridades locales.

4.4. Bases legales para la normativa en los sistemas de agua

La Constitución Política de la República de Guatemala le otorga bajo el artículo 253 la autonomía para el desarrollo de sus funciones, así mismo establece que todos los servicios públicos será función propia y que para los mismos tendrá la disponibilidad para desarrollar y emitir ordenanzas y reglamentos de acuerdo al ordenamiento territorial (Constitución Política de la República de Guatemala, reformada por Acuerdo Legislativo 18-93, 1993).

En el artículo 35 del Código Municipal Decreto número 12-2002 (2002) establece las atribuciones del Concejo Municipal, el cual es el máximo órgano en autoridad dentro de un municipio, por lo que se le atribuye la generación del control del territorio en función del desarrollo tanto urbano como rural, por lo tanto, cuenta con la función de establecer la planificación, reglamentación, control y evaluación de los servicios públicos teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la misma población.

La Municipalidad de San Francisco La Unión (2021), cuenta con el reglamento para la administración y prestación del servicio de abastecimiento de agua, el cual se encuentra aprobado bajo el punto noveno del acta número 33-2021 del Concejo Municipal, en donde se destaca el artículo 6 de definiciones, en donde se presentan las categorías de los usuarios, así como las tarifas que cada uno deberá pagar por el servicio brindado.

En este punto se destaca que el reglamento fue desarrollado por la necesidad de contar con un normativo que regule tanto la administración, como la operación y contratación del servicio de agua, en el mismo se visualizan vacíos para la interpretación así como responsabilidades por parte de los beneficiarios, en ello se podrá realizar la actualización a un máximo de dos años, con el objetivo

de mantener las tarifas de aguas de acuerdo a las condiciones y dinámica económica tanto de la Municipalidad como de la población.

4.5. Planteamiento del plan de agua

El plan de agua debe contener una estructura con una visión de no menos de diez años, en el cual se puedan establecer proyectos prioritarios para mejorar las condiciones de abastecimiento, así como la sostenibilidad de cada proyecto y del sistema en general.

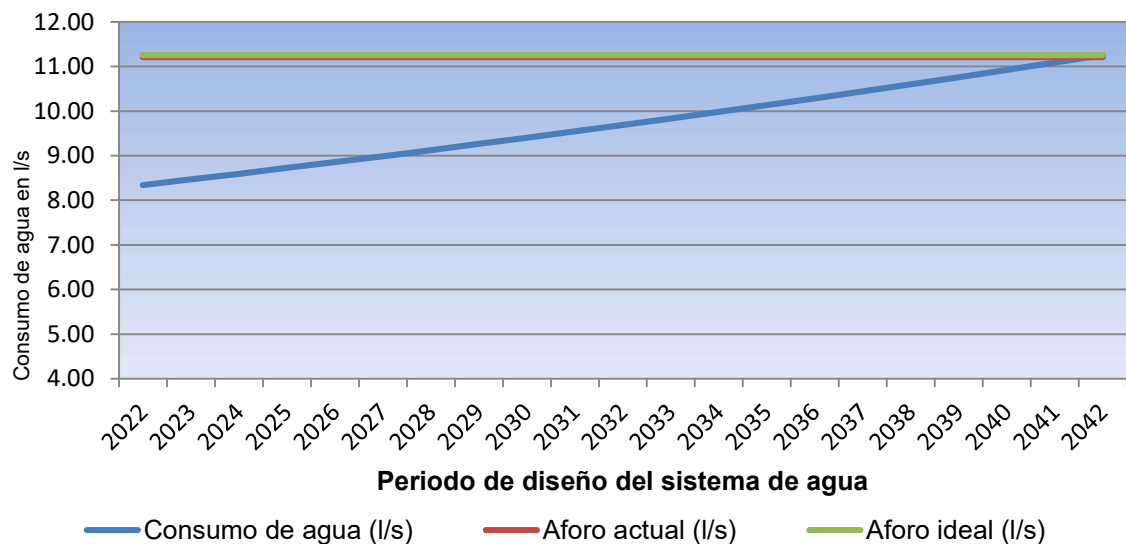
Parte importante del municipio es su cobertura forestal, la cual mantiene bosques de tipo municipal y comunal, por lo que existe una recarga hídrica que pueda asegurar un suministro subterráneo, sin embargo, es importante establecer los reglamentos para la protección de los bosques y áreas verdes, las cuales se ven en riesgo por el crecimiento de la frontera agrícola como de la mancha urbana.

Con la seguridad de mantener un abastecimiento en los pozos mecánicos, se debe contar con estudios hidrogeológicos antes de implementar los proyectos de construcción de pozos tanto para la Aldea Xeaj como para el Cantón Paxán, los cuales, por la distancia al inicio del bombeo actual, podrán sectorizarse e independizarse lo que genera un caudal excedente en el sistema actual que será utilizado en una programación adecuada que abastezca al menos cinco días a la semana a cada poblado.

Con la separación de los sistemas, se tiene un excedente de al menos 8.16 l/s en una proyección de 20 años, distribuidos en 4.50 l/s en la Aldea Xeaj y 4.16 l/s en el Cantón Paxán. Cabe resaltar que la implementación de nuevos proyectos, generarán costos de mantenimiento y operación adicionales a los que

ya se tienen, sin embargo, las bombas actuales tendrán un periodo de funcionamiento menor al que tienen.

Figura 16. Proyección de oferta y demanda del sector resultante con la implementación de dos pozos mecánicos



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de San Francisco La Unión y del Instituto Nacional de Estadística (2021).
Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030.

El resultado de la división de los sistemas con la implementación de dos pozos mecánicos, genera un excedente del caudal actual para satisfacer las necesidades de los cuatro poblados restantes, por lo que la implementación de los mismos será de vital importancia para mejorar las condiciones para el abastecimiento, estrategia que va de la mano con lo establecido por una de las prioridades nacionales de desarrollo acceso al agua y gestión de los recursos naturales desde lo que establece su meta de incrementar al 90 % el acceso a agua potable y saneamiento mejorado.

Tabla XVIII. **Propuesta de periodo de funcionamiento al sistema de bombeo actual**

No Pozo	Ubicación	Potencia de la bomba	Horas de bombeo al día	Volumen de bombeo en l	Caudal equivalente diario l/s
1	Cantón Chuistancia	60 HP	12	522,000.00	6.04
2	Cantón Chuistancia	60 HP	10	317,187.50	3.67
3	Cantón Chuistancia	30 HP	4	128,687.50	1.49
Caudal diario equivalente					11.20

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Informe de Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango.*

Con un excedente de caudal en el sector conformado por el Cantón Centro, Tzanjuyup, Palá y Chuistancia, se tiene el escenario para la reducción del periodo de bombeo, cubriendo con ello las necesidades de demanda actuales de acuerdo al número de conexiones y su proyección, con ello se disminuye el costo de energía eléctrica y diésel, presupuesto que podrá disminuir los costos de operación de los nuevos pozos de bombeo.

En el procedimiento para la contratación de nuevas conexiones al sistema de agua, la Municipalidad debe contar con un formato de contrato para generar las responsabilidades de pago como del buen uso del suministro, por lo que podrá ir incrementando la tarifa gradualmente para cubrir con los diferentes gastos que se generan, procedimiento que actualmente no se cuenta y que será una prioridad desarrollarlo en el corto plazo.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados y la ausencia actual de lineamientos, se establecen los parámetros para la mejora de la oferta, así como los lineamientos con las especificaciones para el desarrollo de nueva infraestructura en el corto y mediano plazo que mejora la cobertura de los sistemas de agua en el municipio.
2. La oferta actual no cubre la demanda total de la población, así como el déficit que se tendrá en dos años de acuerdo a la capacidad de bombeo, por lo que con la implementación de nueva infraestructura y el recurso financiero programado se podrá abastecer a la población de acuerdo a las necesidades.
3. Con la identificación de las redes de distribución apoyado con herramientas SIG, se cuentan con una separación de los diferentes sistemas con la base de los centros poblados, con ello se genera una mayor cantidad de agua en el servicio de acuerdo a la sectorización actual que se cuenta, teniendo con ello una mejor administración de cada sistema.
4. Con el seguimiento en la implementación del actual reglamento, además con los lineamientos y procedimientos que lo complementan, se asegura la buena administración de los sistemas, generando con ello un mejor ingreso que aporta a la sostenibilidad de los sistemas, incidiendo en la disminución de mora actual que impacta para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de agua.

5. La propuesta del plan contempla la identificación de nuevos proyectos tanto de infraestructura de almacenaje como de conectividad entre sectores que mejore la cantidad de caudal de abastecimiento a la población, de la misma manera contempla mejorar la oferta a través de la implementación de nuevos pozos mecánicos que reduzcan la brecha entre la oferta y la demanda del servicio de agua.

RECOMENDACIONES

1. Implementar en el corto y mediano plazo la infraestructura de acuerdo a las necesidades y la programación estructurada con los parámetros y lineamientos establecidos, ello para mejorar tanto la cobertura como la cantidad de agua de acuerdo a las necesidades de la población.
2. Incluir en la programación del recurso financiero por parte de la Municipalidad en el corto plazo, la implementación de dos pozos mecánicos e infraestructura complementaria además de generar las condiciones normativas, lo cual mejorará la sostenibilidad de los sistemas manteniendo con ello una oferta adecuada a la demanda futura.
3. Implementar nuevo software en la Municipalidad como lo son las herramientas de dibujo técnico asistido, además de sistemas de información geográfica para la implementación estructurada de la redistribución de las redes de agua, lo que da una mejor imagen del comportamiento hidráulico de cada sistema.
4. Implementar los programas de inversión y procedimientos establecidos para la correcta utilización del reglamento actual, así como establecer la actualización periódica del mismo, lo cual asegura los ingresos para el buen funcionamiento y la sostenibilidad de los diferentes sistemas.

5. Implementar el plan de agua a través de la integración al presupuesto municipal o de otras fuentes de financiamiento los diferentes proyectos identificados y que son necesarios para mejorar la cobertura en infraestructura de agua, así como aquellos proyectos para incrementar el volumen de agua administrado y que se distribuye a la población, priorizando con ello los proyectos en el corto y mediano plazo según las necesidades de cada centro poblado.

REFERENCIAS

1. (CIDECALLI-CP), C. I. (2007). *Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia*. México.
2. Aguilar, L. L. (2014). *Alcances de la aplicación de la potabilización del agua en Guatemala: caso de municipio de Sansare, El Progreso, Guatemala*. (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. Alvarado, T. Y. (2018). *Proyecto de sensibilización sobre el cuidado del agua, dirigido a estudiantes de 4°, 5° y 6° primaria de la E.U.O.M. "El Progreso", La Esperanza, Quetzaltenango*. (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
4. Congreso de la República de Guatemala. (s.f.). *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala.
5. Decreto Número 12-2002, C. d. (2002). *Código Municipal*. Guatemala. 02 de abril de 2002.
6. García, I. A. (2014). *La regulación del régimen de aguas en Guatemala*. (tesis de maestría). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
7. González - Saldarriaga - Jaramillo, M. C.-G.-O. (2010). *Estudio nacional del agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial*. Colombia.

8. Guevara, J. M. (2010). *Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la universidad de San Carlos de Guatemala, sede central*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
9. INE. (2021). *Estimaciones y proyecciones de la población total a nivel municipal período 2015-2030*. Guatemala: Autor.
10. INE. (13 de Octubre de 2021). *Resultados del Censo 2018*. Recuperado de <https://www.censopoblacion.gt/explorador>
11. INFOM. (1997). *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala, Guatemala: Autor.
12. INFOM. (2011). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: Autor.
13. Lentini, E. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Guatemala.
14. León, G. J. (2005). *Administración municipal actual del recurso agua en los municipios de la parte alta de Quetzaltenango*. (proyecto de investigación). Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango, Guatemala.

15. López, S. A. (2012). *Determinación de factores de consumo y de retorno de agua en dos condominios ubicados en sector A-3, ciudad San Cristóbal, zona 8 de Mixco, Guatemala*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
16. Mejía, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnología apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. (tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agricultural Research and Higher Education. Turrialba, Costa Rica.
17. Mena, J. R. (2014). *Caracterización del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa*. (tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
18. Municipalidad de San Francisco La Unión. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial 2020-2032*. Quetzaltenango, Guatemala.
19. Municipalidad de San Francisco La Unión. (2021). *Evaluación y propuesta de un plan de mejoras del sistema de agua potable del municipio de San Francisco La Unión, Departamento de Quetzaltenango*. Quetzaltenango.
20. Municipalidad de Santiago Atitlán. (2012). *Plan Director de Agua y Saneamiento*. Santiago Atitlán, Sololá.

21. Municipalidad de Tejutla. (2008). Modulo Educativo CP-024-2008 Operación y mantenimiento de sistemas de agua "Introducción de sistema de agua potable en la aldea shalanshac, municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos". San Marcos, Guatemala.
22. Nexos Locales. (s.f.). *Manual de gestión de sistemas de agua a nivel urbano y comunitario para el fortalecimiento de capacidades en la gestión de la calidad de agua*. Quetzaltenango, Guatemala.
23. SEGEPLAN. (2007). *Guía metodológica de formulación y evaluación de proyectos de agua potable y saneamiento, estudio de factibilidad y diseño final (1ra edición ed.)*. Guatemala: Autor.
24. SEGEPLAN. (2018). *Guía metodológica para la elaboración del plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial en Guatemala*. Guatemala: Autor.
25. SERJUS, A. C. (2019). *Manual de defensa y ejercicio comunitario del derecho humano al agua potable en Guatemala*. Guatemala.
26. Sicán Ruano, H. A. (2019). Diseño del sistema de agua potable Aldea El Pajal, Mataquescuintla, Jalapa. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1. Boleta de entrevista a Municipalidad

BOLETA MUNICIPALIDAD

Cuantos sistemas estan a cargo de la municipalidad _____

Descipción de los sistemas

Nombre de los Sistemas	A que comunidades abastece	Tarifa por usuario	Bombeo/ Gravedad
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Cual es el porcentaje de morosidad que existe actualmente

Cual es la tarifa mensual por electricidad

Cual es el egreso por sueldos de fontaneros

Cual es la recaudación mensual por servicio de agua potable

Continuación del Apéndice 1.

Continuidad en los sistemas

Nombre de los Sistemas	Horas al día de funcionamiento

Operación

Sistema	Cantidad de bombas	Horas de bombeo	Potencia de la bomba

Cantidad de personal para la operación	Sistema

Continuidad del servicio de abastecimiento de agua durante el día

Sector	Horario que reciben agua	Volumen del tanque	Cantidad de usuarios

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Boleta para investigación de campo a fuentes de
abastecimiento**

BOLETA PARA FUENTES Y CAPTACIONES
--

Nombre del(los) nacimiento (s): _____

Nombre del lugar donde se encuentra: _____

AREA DE INFLUENCIA DE LAS FUENTES

Area boscosa

☐

potreros

☐

sembrados

☐

poblacion

☐

otros

☐

Tipo _____

Comunidad _____

Indicar _____

tiene programa de reforestacion

tipo de arboles _____

tipo de fauna _____

CAPTACION:

tipo captacion _____

numero de nacimientos _____

numero de nacimientos captados _____

numero de nacimientos NO captados _____

Continuación del Apéndice 2.

TIPO DE CONSTRUCCION

concreto armado _____

mamposteria _____

otros _____

año de construccion _____

Estado

Bueno

☐

Regular

☐

Malo

☐

existen fisuras _____

Tiene escritura y/o documento legal _____

a nombre de quien _____

esta circulada _____

con que tipo y en que estado _____

esta en uso _____

porque no esta en uso _____

RIESGO

Existe riesgo a deslave: _____

Existe riesgo a inundacion: _____

Otro (indicar) _____

Antecedentes de eventos _____

fuerza 1

Aforo _____ Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

fuerza 2

Aforo _____ Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

fuerza 3

Aforo _____ Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

fuerza 4

Aforo _____ Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Boleta para investigación de campo a pozos y bombas

BOLETA PARA FUENTES POR BOMBEO

Comunidad beneficiaria: _____

Nombre del lugar, paraje o comunidad donde se encuentra la bomba: _____

Georeferenciacion: Lat: _____ Long: _____ Alt: _____

TIPO DE TOMA

Pozo _____ Nacimiento _____ Lago _____

AREA DE INFLUENCIA DE LAS FUENTES (No aplica si la toma es lago)

Area boscosa _____

potreros _____

sembrados _____

poblacion _____

otros _____

tiene programa de reforestacion _____

tipo de arboles _____

tipo de fauna _____

SISTEMA DE BOMBEO:

tipo de sistema mecanico Electrico Manual

Otro (explicar) _____

año de construcción del sistema _____

Longitud total de la línea de impulsión _____ Kms Pvc _____ Kms Hg _____ Kms

Esta circulado SI _____ NO _____

Observaciones _____

Continuación del Apéndice 3.

Edad de la bomba _____ años _____ meses
Cantidad de horas al día que bombea _____
En que horario bombea _____

Tipo de bomba Centrifuga _____ Eje Horizontal _____

Sumergible _____ Eje Vertical _____

Tiene caseta de bombeo _____ En que estado se encuentra _____

Altura de Bombeo _____ mts

Si es electrica que tipo de energia electrica utiliza la bomba

Monofasica _____ Trifasica _____

Potencia de la bomba _____ Hp _____

si es pozo que profundidad tiene _____

Tienen derechos de paso de los terrenos por donde pasa la línea Si _____ No _____

Tiene escritura y/o documento legal el terreno donde se ubica la toma _____

a nombre de quien esta _____

RIESGO

Existe riesgo a deslave: _____

Existe riesgo a inundacion: _____

Otro (indicar) _____

Antecedentes de eventos _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Boleta para investigación de campo a tanques de distribución**

BOLETA PARA TANQUES DE DISTRIBUCION
--

Nombre del lugar donde se encuentra: _____

Georeferenciacion: Lat:_____ Long._____ Alt._____

Medidas del tantque: Largo_____ ancho_____ profundidad _____

ZONA ALREDEDOR DEL TANQUE

Area boscosa _____

potreros _____

sembrados _____

poblacion _____

tipo de arboles _____

tipo de fauna _____

TANQUE:

Volumen: _____

numero de camaras_____ No. De escotillas_____ tiene ve

tiene valvula de ingreso_____ cuantas_____

tiene valvula de salida _____ cuantas_____

tiene valvula de drenaje/rebalse _____ cuantas_____

TIPO DE CONSTRUCCION

concreto armado _____ Mamposteria de piedra _____ otros _____

sistema combinado _____

observaciones: _____

Continuación del Apéndice 4.

año de construcción _____
Estado _____

Daños Visibles en su estructura
fisura _____ Asentamientos _____ tuberías rotas _____
daños en válvulas _____ otros especifique _____
Observaciones _____

Tiene escritura y/o documento legal _____
a nombre de quien esta _____

esta circulado _____
con que tipo y en que estado _____
esta en uso _____
porque no esta en uso _____

RIESGO

Existe riesgo a deslave: _____
Existe riesgo a inundación: _____
Otro (indicar) _____
Antecedentes de eventos _____

Continuación del Apéndice 4.

MANTENIMIENTO

Quien es el encargado de darle mantenimiento

Han recibido capacitaciones para darle mantenimiento al tanque de distribución

A cada cuanto le realizan mantenimiento al tanque de distribución

USO DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Existe clorador

SI

☐

NO

☐

Cloran el agua

SI

☐

NO

☐

Que tipo de cloro utilizan

Pastillas

☐

En polvo

☐

Gas

☐

Liquido

☐

Continuación del Apéndice 4.

A cada cuanto tiempo revisan el sistema de cloración

Quien les da el cloro que utilizan

A que comunidades abastece el tanque de distribución

Año de construcción del tanque de distribución

Quien lo construyó

Se llena el tanque normalmen

SI ☐

NO ☐

Si no se llena indicar a que altura llega

Existe válvula de flote en el tanque

SI ☐

NO ☐

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Tanques de almacenamiento y distribución Japón, Nacimiento, Nuevo y Rebombeo



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 6. Condiciones del tanque Japón y su caseta



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 7. Condiciones del tanque Nacimiento



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 8. Condiciones del tanque nuevo



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 9. Condiciones del tanque rebombeo



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 10. Condiciones del tanque 300



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 11. Condiciones del tanque bajo



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 12. Condiciones del tanque alto



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 13. **Condiciones del tanque elevado**



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 14. **Condiciones del tanque succión**



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 15. Condiciones del tanque distribución



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 16. Condiciones del tanque Xej



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 17. **Condiciones del tanque Chilimup**



Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 18. **Muro perimetral del pozo 2 y 3**



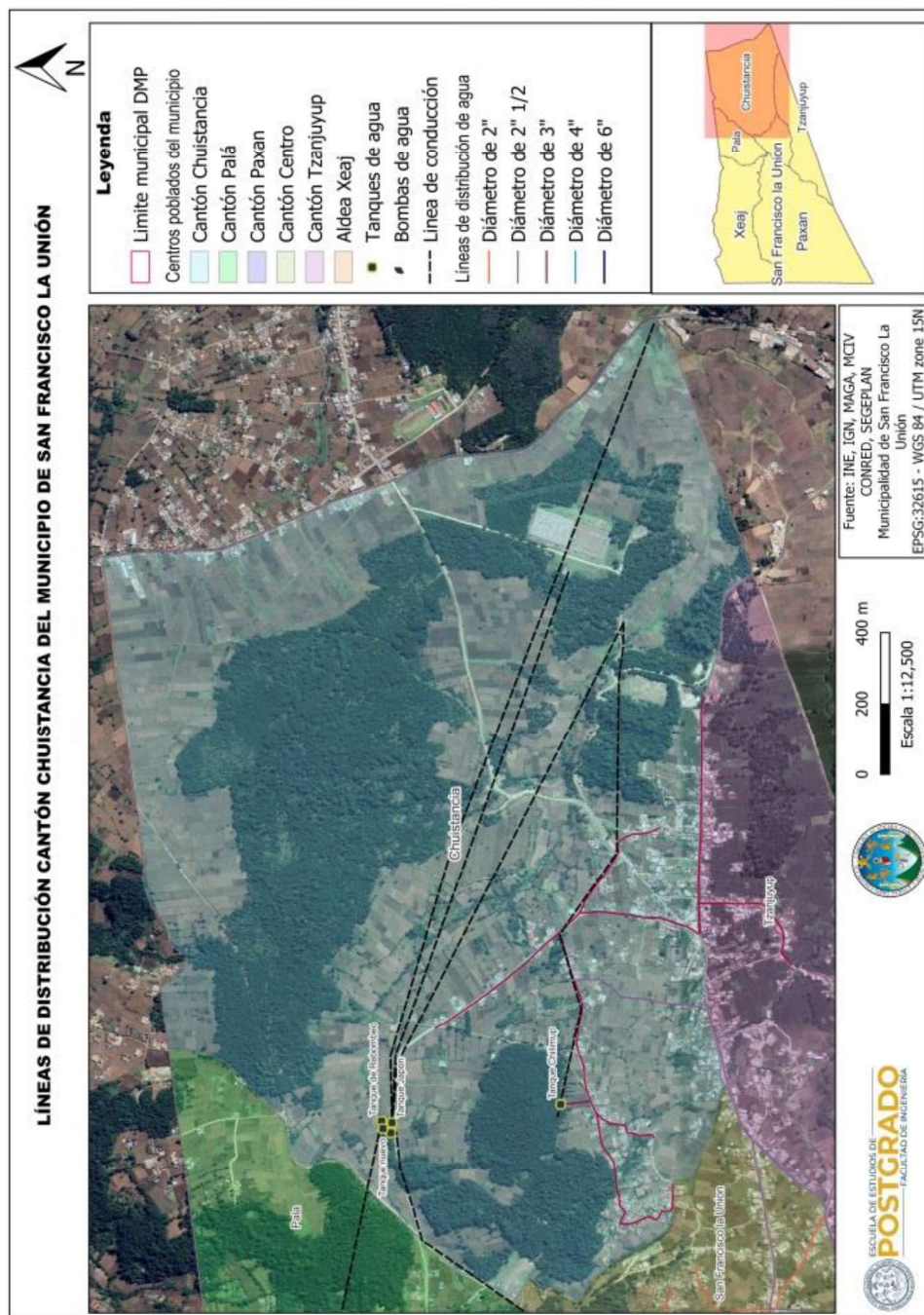
Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 19. **Caseta de controles y pozo de bombeo 1**



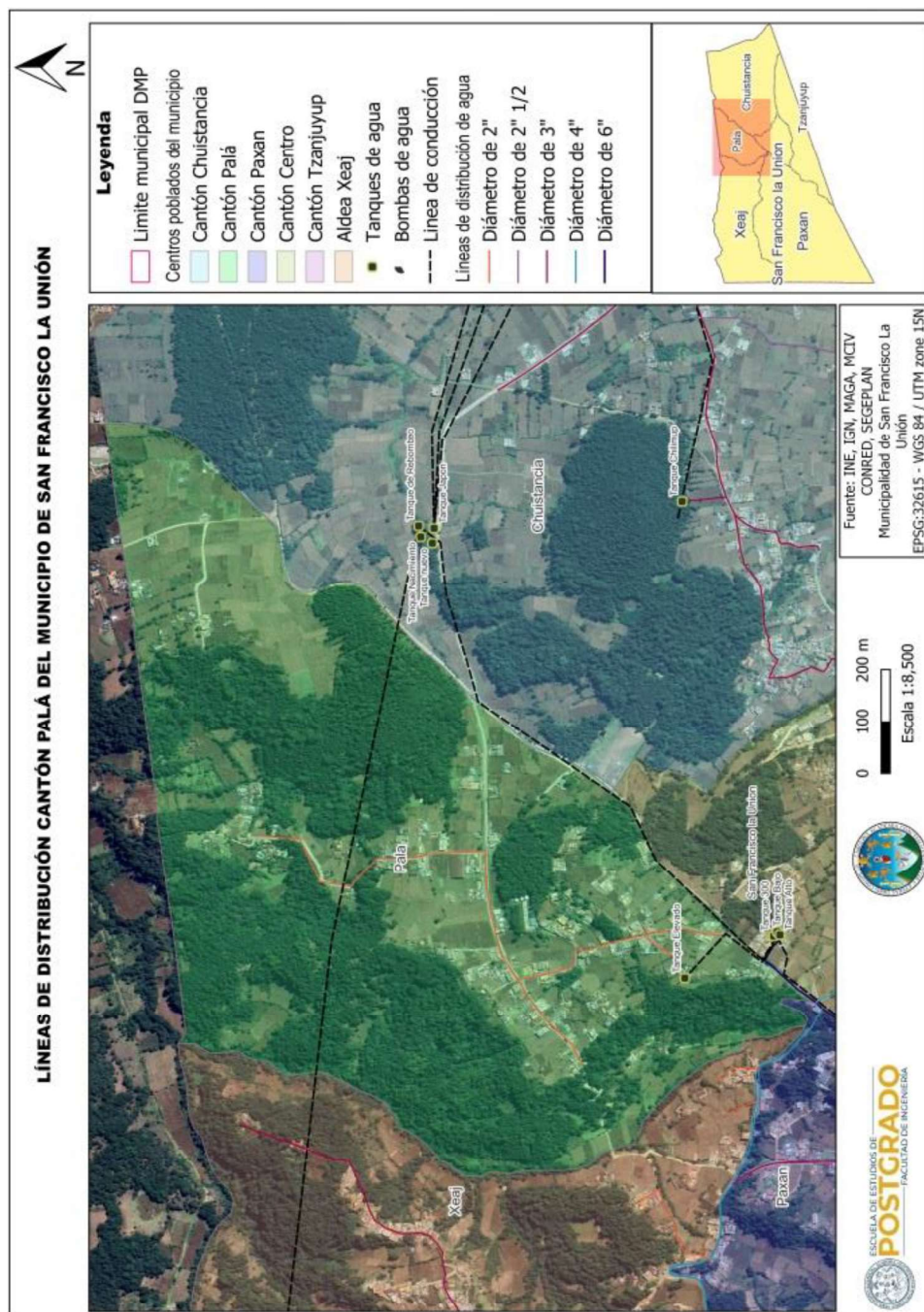
Fuente: [Fotografía de Axel Esteban]. (San Francisco La Unión. 2022). Colección particular.
Quetzaltenango, Guatemala.

Apéndice 20. Mapa de distribución del Cantón Chuistancia



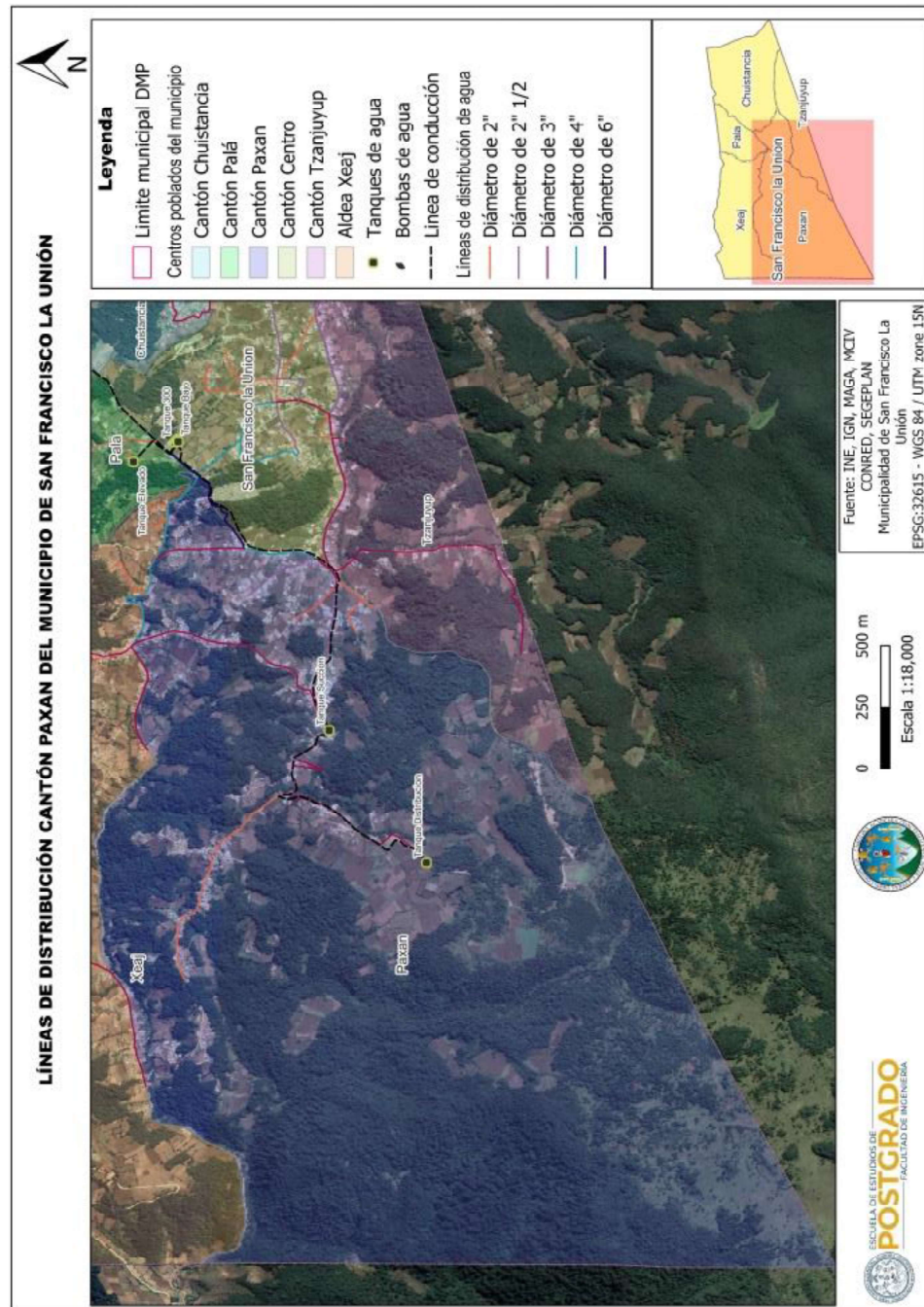
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGis v3.20

Apéndice 21. Mapa de distribución Cantón Palá



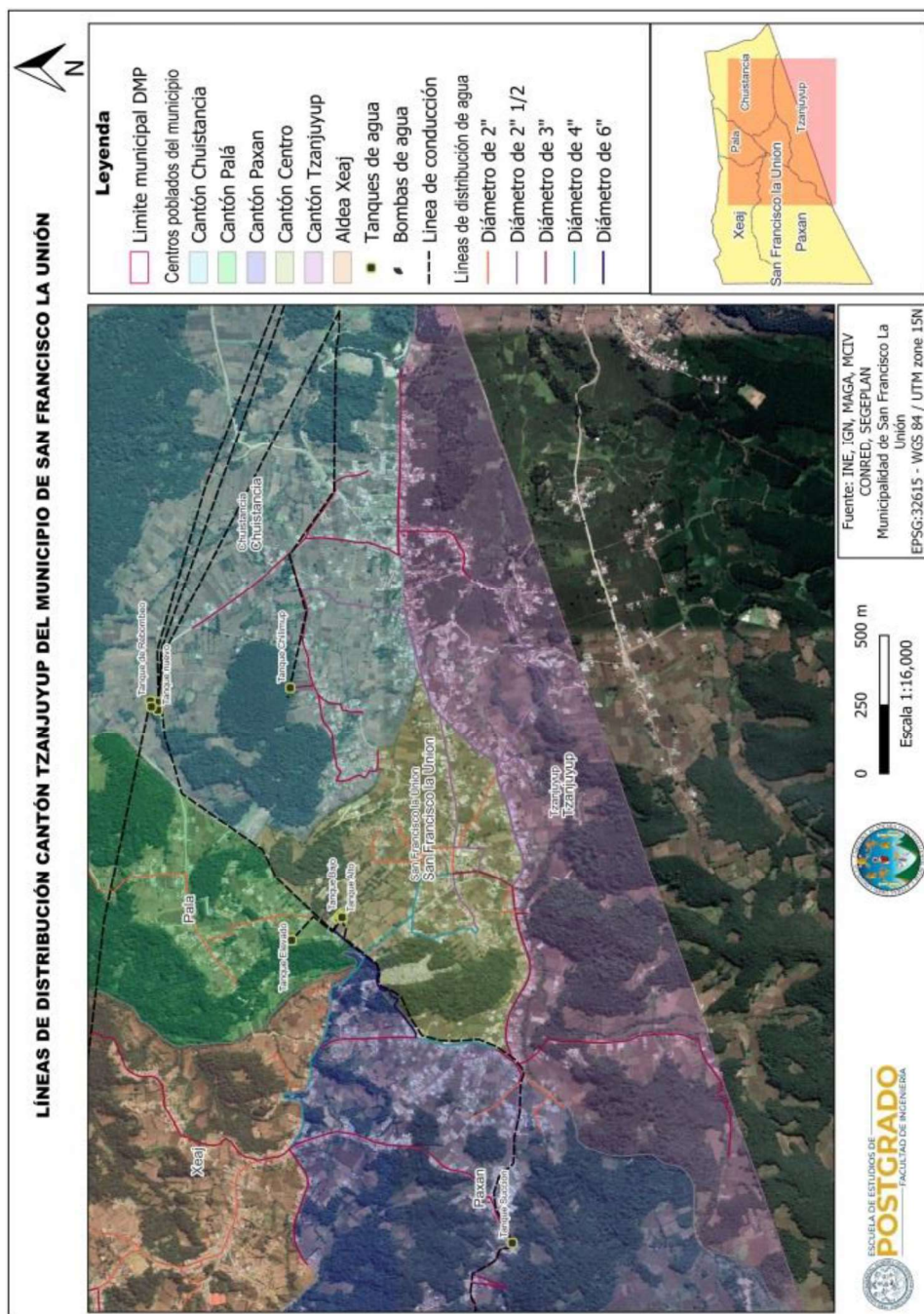
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGIS v3.20

Apéndice 22. Mapa de distribución Cantón Paxán



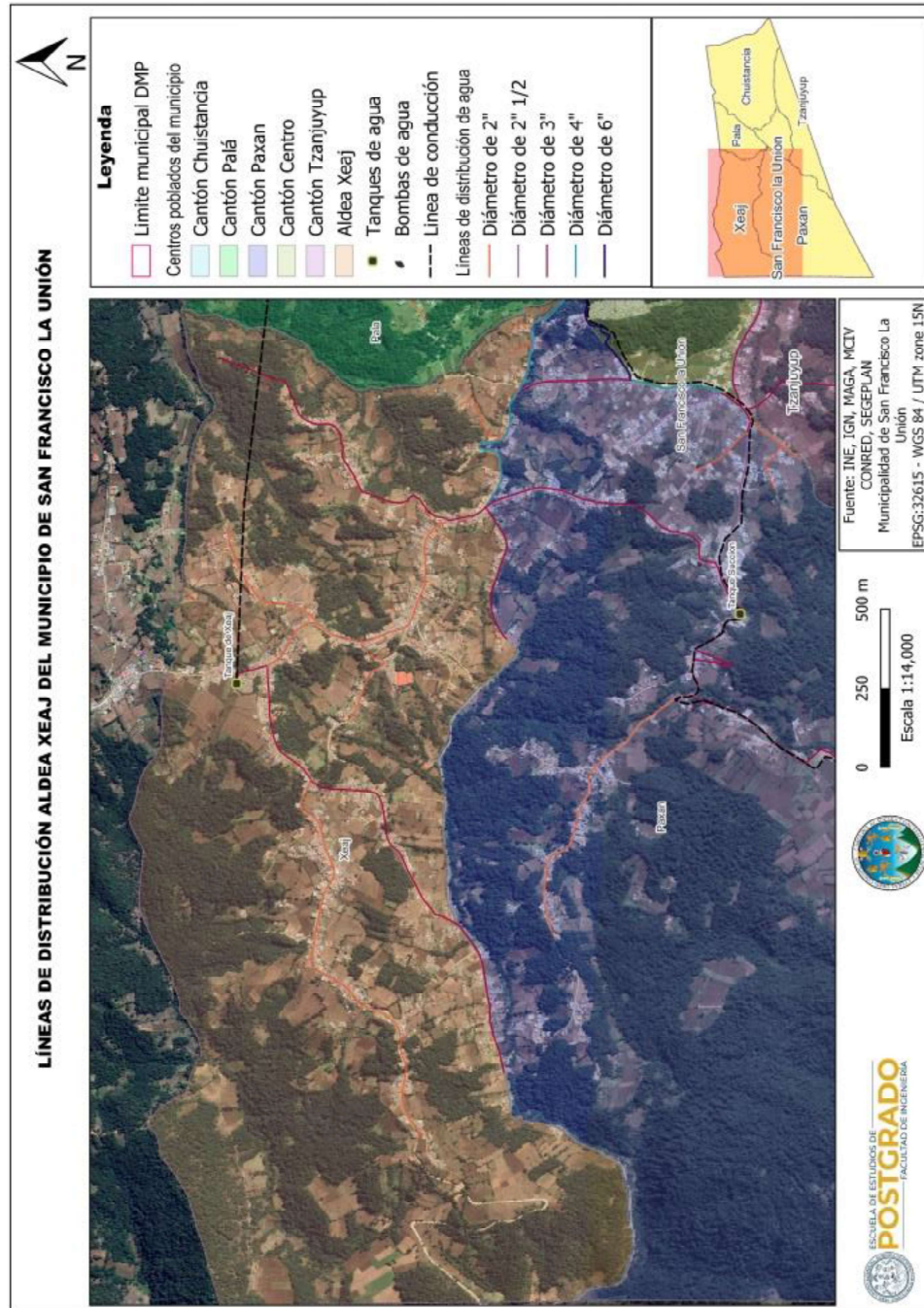
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGis v3.20

Apéndice 23. Mapa de distribución Cantón Tzanjuyup



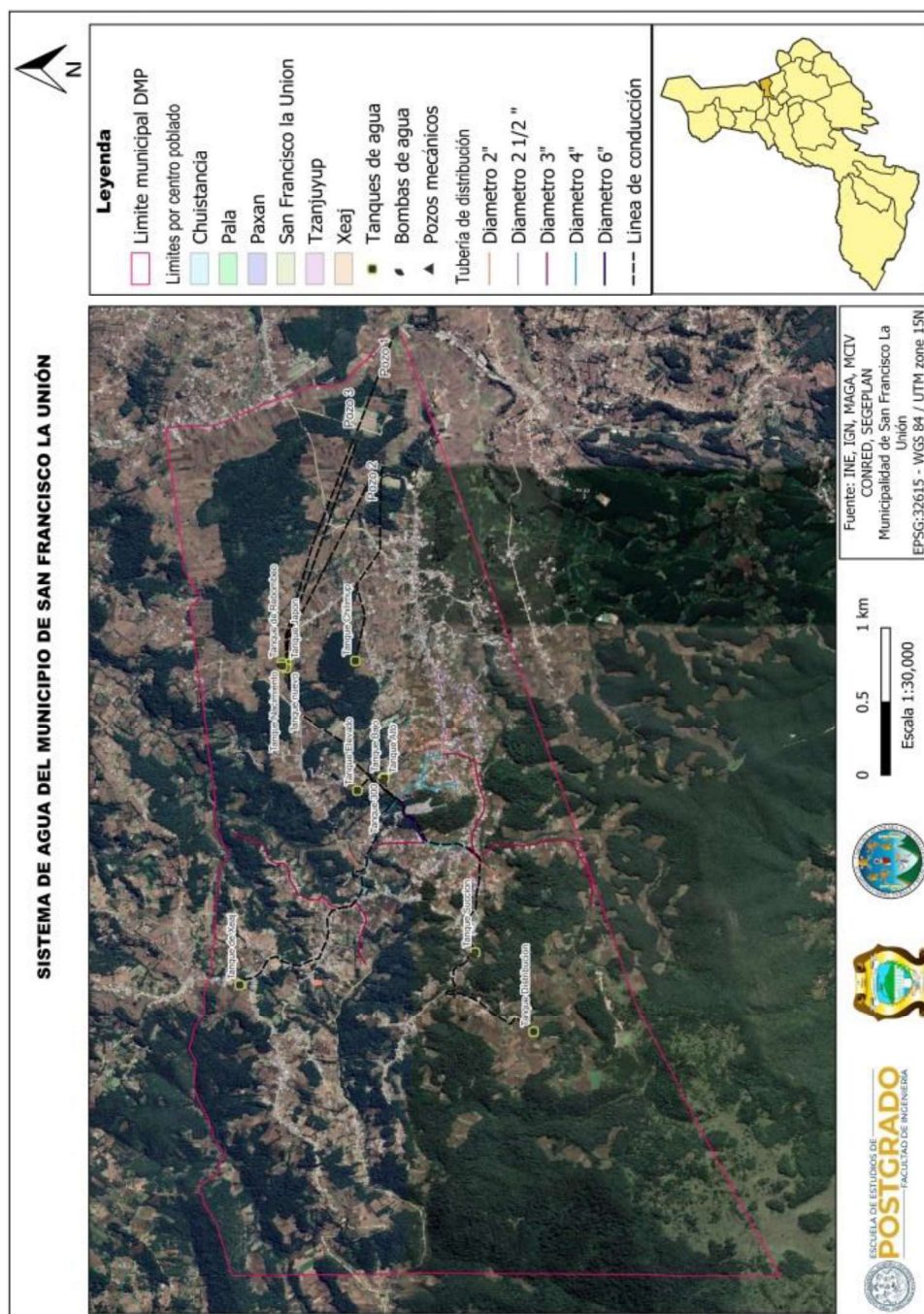
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGIS v3.20

Apéndice 24. Mapa de distribución Aldea Xej



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGis v3.20

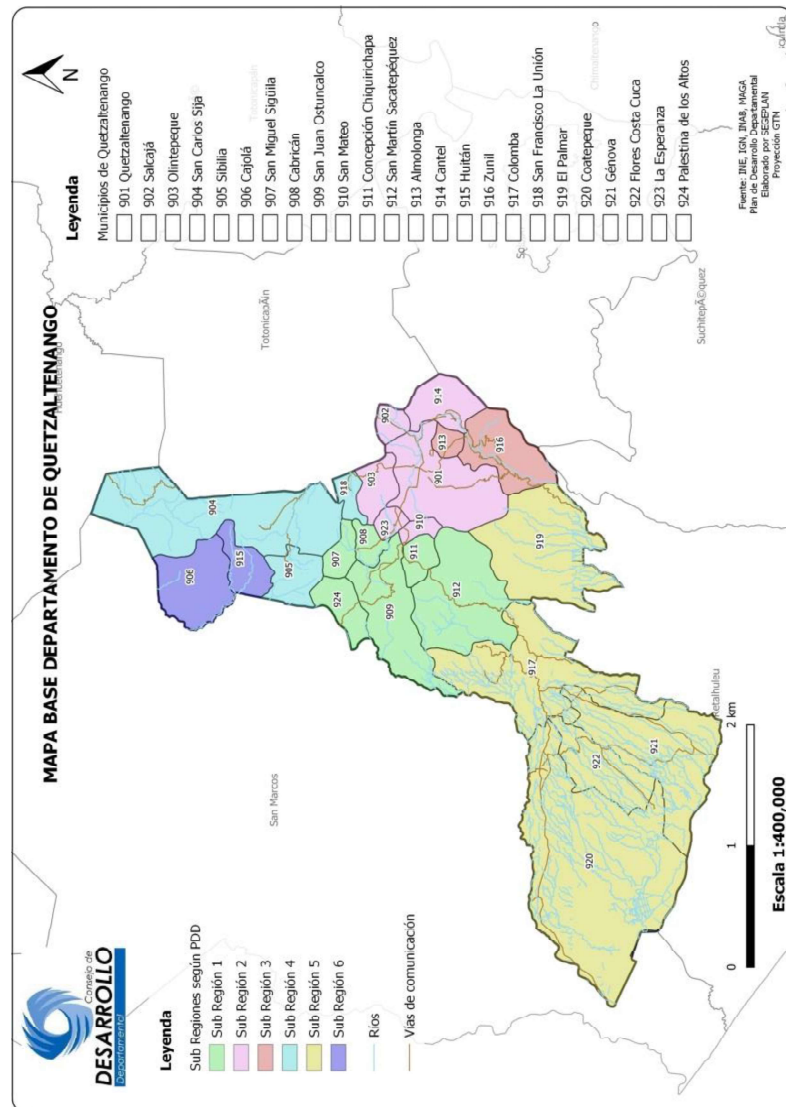
Apéndice 25. Sistema de agua con registro oficial digitalizado



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del INE, IGN y la Municipalidad de San Francisco La Unión. Realizado con QGis v3.20

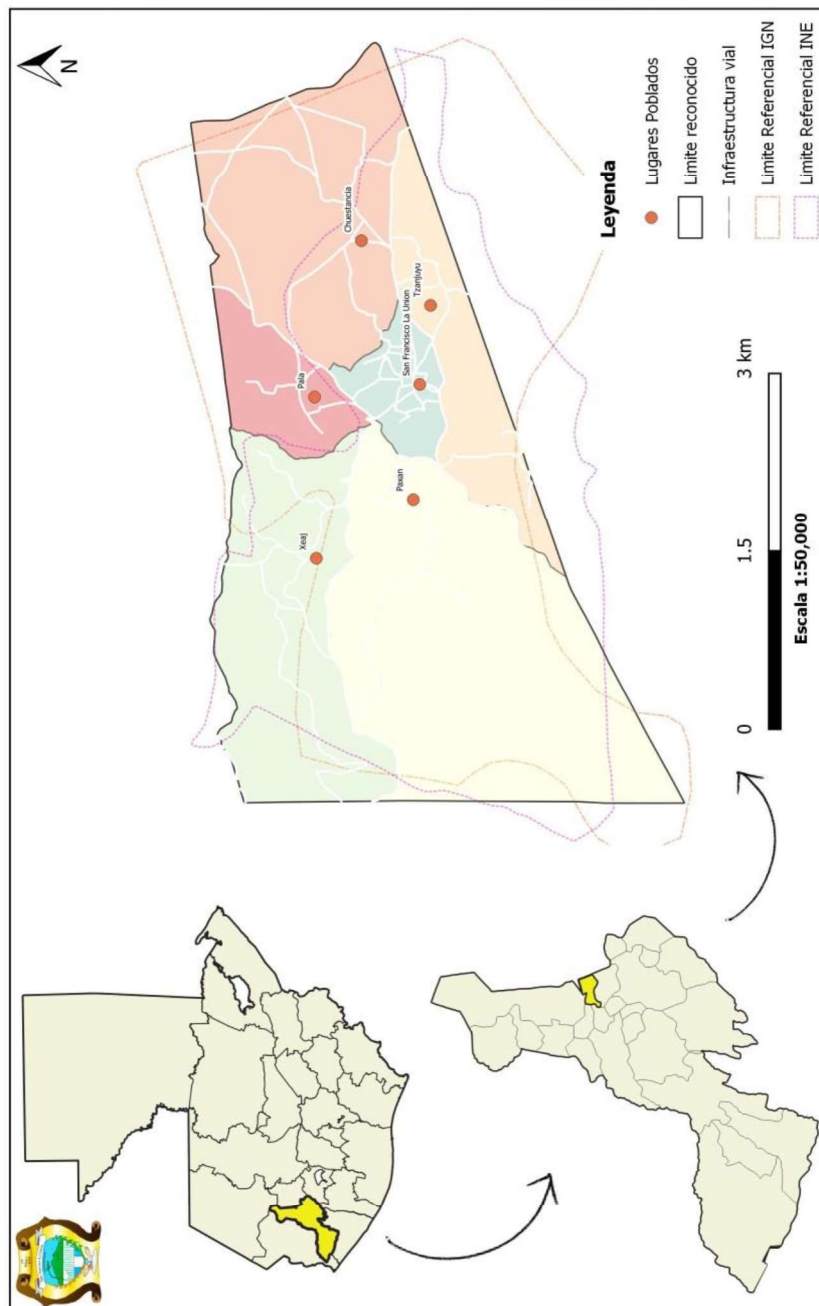
ANEXOS

Anexo 1. Mapa base del departamento de Quetzaltenango



Fuente: Consejo Departamental de Desarrollo de Quetzaltenango (2020). *Plan de desarrollo departamental de Quetzaltenango 2021-2032*.

Anexo 2. Mapa base del municipio de San Francisco La Unión



Fuente: Municipalidad de San Francisco La Unión (2021). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial 2020-2032 del Municipio de San Francisco La Unión*. Quetzaltenango, Guatemala