

**Guía para recolección
de información sobre pozos
municipales y predios,
en la búsqueda de promover
sostenibilidad hídrica**

CASO DE ANÁLISIS

Municipalidad de San Miguel Petapa

Índice del equipo director de la presente guía

Ingeniera Nadya Marylena Recinos España

Coordinadora del programa de seguridad hídrica en la región metropolitana de Guatemala y sus áreas de influencia (PROSEHIGUA)

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Ingeniero Thomas Henry Leiva

Gerente

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del departamento de Guatemala (MGCS)

Ingeniero Obdulio Cotuc

Director de Proyectos

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del departamento de Guatemala (MGCS)

Ingeniero Christian Omar Alegre Delgado

Director de Servicios Públicos

Municipalidad de San Miguel Petapa

2

Índice del equipo de apoyo de la presente guía

Arquitecta Diana Osorio

Coordinadora de Gestión de Información Territorial

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del departamento de Guatemala (MGCS)

Ingeniero Tom Luna Grajeda

Profesional en Sistemas de Información Geográfica

EMPAGUA - Dirección de sistemas de información geográfica

Elaborado por Velvet Hernández, Estudiante de Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala

La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN o de otra organización participante sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o de otra organización participante.

Índice general

I. Introducción.....	6
II. Objetivo de la guía.....	6
III. Antecedentes de la coordinación interinstitucional realizada.....	7
IV. Cumplimiento de condiciones previas.....	7
V. Definición del alcance del proyecto.....	8
VI. Proceso de desarrollo y ejecución del proyecto piloto.....	9
1. Visita de campo para conocer los pozos de captación, tanques de almacenamiento y lugares poblados.....	9
2. Recopilación y revisión de datos preexistentes y consolidación de información.....	10
3. Preparación de información geográfica básica.....	15
3.1. Mapa municipal con sus distintos límites.....	16
4. Vinculación de la información geográfica con información alfanumérica.....	17
5. Mapeo participativo y generación de información geográfica.....	19
5.1. Tabla de atributos para polígonos de cobertura de agua.....	20
5.2. Traslado de información del mapeo participativo al software QGIS.....	20
5.3. Mapas de cobertura de agua clasificado según pozos municipales.....	21
6. Desarrollo del estudio de sostenibilidad hídrica de las comunidades piloto.....	32
6.1. Comunidades piloto elegidas para el estudio.....	32
6.2. Determinar el uso de suelo predial de las comunidades piloto.....	33
6.2.1. Levantamiento y digitalización de información utilizando Mapillary.....	33
6.2.2. Tabla de atributos para polígonos de uso de suelo predial.....	33
6.2.3. Clasificación del uso de suelo predial.....	35
6.2.4. Traslado de la información de uso de suelo al software GIS y generación de mapa.....	37
6.3. Análisis de sostenibilidad hídrica a nivel técnico.....	40
6.3.1. Pasos por seguir para realizar el cálculo teórico en la línea de impulsión.....	40
6.3.2. Tablas de los cálculos teóricos.....	43
6.3.3. Análisis técnico.....	46
6.3.4. Tabla comparativa.....	47
6.3.4.1. Cotización de la elaboración del tanque elevado para la Colonia Exclusivas de Petapa.....	49
6.3.5. Conclusiones.....	50

6.4. Estudio de sostenibilidad hídrica a nivel financiero.....	50
6.4.1. Clasificación de lotes.....	52
6.4.2. Análisis financiero.....	55
6.4.3. Gastos anuales.....	56
6.4.4. Ingresos.....	57
6.4.5. Análisis comparativo entre ingresos y gastos.....	57
6.4.5.1. Primer escenario.....	57
6.4.5.2. Segundo escenario.....	58
6.4.5.3. Tercero escenario.....	60
6.4.6. Conclusiones.....	62
7. Recomendaciones generales.....	63
8. Agradecimientos.....	65

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de atributos técnicos para pozos.....	11
Tabla 2. Tabla de atributos sobre estudios hidrogeológicos para pozos municipales.....	13
Tabla 3: Tabla de atributos para los polígonos de cobertura de agua de los pozos municipales.....	20
Tabla 4: Atributos para polígonos de uso de suelo predial.....	34
Tabla 5: Clasificación de uso de suelo predial establecida por SEGEPLAN.....	35
Tabla 6: Paleta de colores establecida por SEGEPLAN.....	37
Tabla 7: Cálculos teóricos de las colonias piloto.....	43
Tabla 8: Comparación de datos técnicos de los pozos y tanques de las colonias en estudio.....	47
Tabla 9: Cotización de la elaboración del tanque elevado para la colonia exclusivas de petapa.....	49
Tabla 10: Conclusiones del análisis técnico.....	50
Tabla 11: Clasificación de lotes según su uso de suelo.....	53
Tabla 12: Resumen clasificación de lotes según uso de suelo.....	55
Tabla 13: Gastos anuales totales por colonia.....	56
Tabla 14: Primer escenario.....	57
Tabla 15: Resumen del primer escenario.....	58
Tabla 16: Segundo escenario.....	58
Tabla 17: Resumen segundo escenario.....	59
Tabla 18: Tercer escenario.....	60

Tabla 19: Resumen tercer escenario.....	61
Tabla 20: Conclusiones del análisis financiero.....	62

Índice de mapas

Mapa 1: Limites del municipio de San Miguel Petapa.....	16
Mapa 2: Pozos georreferenciados parte norte.....	17
Mapa 3: Pozos georreferenciados parte sur.....	18
Mapa 4: Mapa de cobertura de agua de los pozos municipales.....	21
Mapa 5: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Las Margaritas.....	22
Mapa 6: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Ribera del rio (CASO PILOTO).....	22
Mapa 7: Cobertura de agua del pozo Cañadas de Petapa.....	23
Mapa 8: Cobertura de agua del pozo El Centenario.....	23
Mapa 9: Cobertura de agua del pozo Gerona.....	24
Mapa 10: Cobertura de agua del pozo Santa Teresita IV.....	24
Mapa 11: Cobertura de agua del pozo Los Nuevos Álamos.....	25
Mapa 12: Cobertura de agua del pozo las Palmas.....	25
Mapa 13: Cobertura de agua de los pozos San Antonio y Papalha.....	26
Mapa 14: Cobertura de agua del pozo El Piedrín.....	26
Mapa 15: Cobertura de agua del pozo Portales de Santa Inés.....	27
Mapa 16: Cobertura de agua del pozo Residenciales de San Miguel.....	27
Mapa 17: Cobertura de agua del pozo Santa Teresita II.....	28
Mapa 18: Cobertura de agua del pozo Valles de Petapa.....	28
Mapa 19: Cobertura de agua del pozo Villas de Petapa (CASO PILOTO).....	29
Mapa 20: Cobertura de agua de los pozos de Villa Hermosa 1 y 2.....	29
Mapa 21: Cobertura de agua de los pozos de zona 1,2 y 3 de San Miguel Petapa.....	30
Mapa 22: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Los Naranjos.....	30
Mapa 23: Cobertura de agua de los pozos de Prados de Villa Hermosa.....	31
Mapa 24: Cobertura de agua del pozo La casona.....	31
Mapa 25: Recorrido con Mapillary en las Colonias Villas y Exclusivas de Petapa.....	33
Mapa 26: Recorrido con Mapillary en las Colonia Ribera del Rio.....	33
Mapa 27: Uso de suelo predial de las Colonias Villas y Exclusivas de Petapa.....	38
Mapa 28: Uso de suelo predial de la Colonia Ribera del Rio.....	39

I. Introducción



Pozo Los Álamos, Municipalidad de San Miguel Petapa (Fuente: FUNCAGUA)

6

En la presente guía se detalla el proceso de recopilación, sistematización y visualización de datos técnicos e hidrogeológicos de pozos mecánicos dentro del perímetro municipal de San Miguel Petapa, así como información generada con el uso de sistemas de información geográfica (SIG), con nuevas tablas de atributos y delimitación de la cobertura de agua de los pozos mecánicos municipales. El ejercicio fue desarrollado con apoyo de personal de la municipalidad de San Miguel Petapa.

La presente guía hace referencia al desarrollo del “Proyecto piloto del Análisis de la Sostenibilidad del Recurso Hídrico, en el pozo que abastece a las Colonias de Villas y Exclusivas de Petapa, y los pozos que abastecen a la colonia de Ribera del Río, localizados en zona 1 y zona 13 respectivamente, del municipio de San Miguel Petapa, del departamento de Guatemala” como un ejercicio de recopilación y sistematización de información geoespacial y de datos técnicos que permita confirmar la sostenibilidad técnica y financiera de pozos mecánicos municipales.

El contenido del presente documento, es la recopilación de información, y el procesamiento y análisis de datos de un proyecto piloto, describiendo el paso a paso realizado, con un análisis técnico y financiero, esperando pueda ser replicable en otros sectores del municipios de San Miguel Petapa o en otros municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del Departamento de Guatemala.

II. Objetivo de la guía

Presentar la metodología aplicada y los resultados obtenidos en la ejecución del “Proyecto piloto del Análisis de la Sostenibilidad del Recurso Hídrico, en el pozo que abastece a las Colonias de Villas y Exclusivas de Petapa, y los pozos que abastecen a la colonia de Ribera del Río, localizados en zona 1 y zona 13 respectivamente, del municipio de San Miguel Petapa, del departamento de Guatemala”.

III. Antecedentes de la coordinación interinstitucional realizada

La Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del Departamento de Guatemala, asocia a siete municipios del departamento de Guatemala. Conocedor de las condiciones de su territorio, desarrolla acciones en favor de cada municipio, fortaleciendo las capacidades de sus municipalidades en el cumplimiento de sus competencias, con alianzas con el sector académico, instituciones nacionales, cooperantes internacionales y bancos de desarrollo.

Respecto a las alianzas con el sector académico, puntualmente con el universitario, la Mancomunidad ejecuta acciones coordinadas con las facultades de Ingeniería, Arquitectura y Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Es así como es asignada la estudiante Velvet Hernández, quien realizó su Ejercicio profesional Supervisado -EPS- de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería para la realización de este proyecto piloto.

Por su parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN- con quien la Mancomunidad suscribió carta de entendimiento, financió el pago del estipendio del EPS aquí mencionado, como parte de la ejecución del “Programa Seguridad Hídrica de la Región Metropolitana de Guatemala” financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo -AECID-.

En un proceso de selección del área a intervenir con la ejecución del EPS financiado por UICN, fué escogido el Municipio de San Miguel Petapa, por lo que en coordinación con personal de la Municipalidad, se realizó el proceso de recolección de información sobre pozos, describiéndose en el presente manual, los pasos metodológicos realizados, para la aplicabilidad del procedimiento en la misma municipalidad para otros pozos ubicados en un área diferente a la del piloto, y otras municipalidades que consideren de interés replicar la metodología, en cumplimiento de lo preceptuado en el código municipal, artículos 67, 68 referentes a las competencias municipales.



IV. Cumplimiento de condiciones previas

Para el desarrollo de este estudio/proyecto piloto realizado mediante un proceso de Ejercicio Profesional Supervisado, deben realizarse las siguientes acciones como actividades previas:

- a. El concejo municipal o el alcalde, deberá conocer de la ejecución del proyecto con el objetivo que brinden el apoyo necesario para la realización de este, debiendo aprobarlo y designar al personal municipal para que acompañen el proceso.
- b. El personal municipal delegado por la alcaldía municipal, preferentemente los responsables de la prestación del servicio público de agua, que para el caso de la Municipalidad de San Miguel Petapa fue personal de la Dirección de Servicios Públicos, debe conocer a detalle del proyecto, los procedimientos a seguir y el cronograma de trabajo, haciéndoles conciencia de las responsabilidades y beneficios del proyecto, preferentemente bajo un marco de convenio, carta de entendimiento o cooperación entre las partes in-

volucradas, que para el presente caso se tuvo la participación de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN, de la Facultad de Ingeniería de la USAC, y de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Si es un ejercicio propio de una municipalidad, podría ser la participación de la Facultad de Ingeniería de la USAC, y de la Municipalidad correspondiente.

- c. El personal designado por la municipalidad debe poseer un alto grado de conocimiento sobre el municipio
- d. La municipalidad, será quien evalúe las opciones para realizar el proyecto piloto, y seleccionará la ubicación geográfica de desarrollo de este, valorando la participación de los vecinos o del Concejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de la comunidad, sector o zona, o de alguna autoridad a este nivel.
- e. La persona responsable del levantamiento de la información, que para el presente caso fue una estudiante con cierre de pensum de la carrera de Ingeniería Civil, deberá poseer capacidades técnicas y conocimientos previos adquiridos sobre el manejo de Sistemas de Información Geográfica SIG, sobre procesos de realización de mapeos participativos y uso de software para el levantamiento de información.

V. Definición del alcance del proyecto



Pozo San Miguel Petapa 2023 (Fuente: FUNCAGUA)

Es importante definir, previa socialización del proyecto piloto con la municipalidad correspondiente, el alcance del proyecto, que para el presente ejercicio realizado en la Municipalidad de San Miguel Petapa, fue dividido en dos partes. La primera, consistió en el levantamiento de información de todos los pozos municipales, su ubicación geográfica y el trazo de los polígonos de cobertura de cada pozo, así como el levantamiento o procesamiento de información existente de las características de cada pozo, con auxilio de Sistemas de Información Geográfica -SIG-. La segunda parte, fue la realización de un levantamiento de información con un posterior análisis técnico y financiero, para confirmar si los sistemas son sostenibles, desde el punto de vista técnico verificando el correcto y eficiente funcionamiento de los sistemas de bombeo y sistemas de distribución, y la sostenibilidad financiera, verificando si los ingresos municipales por concepto de servicio de agua potable logran cubrir los gastos en los que incurre la municipalidad por la prestación del servicio.

VI. Proceso de desarrollo y ejecución del proyecto piloto

1

Visita de campo para conocer los pozos de captación, tanques de almacenamiento y lugares poblados

El Municipio en donde se desarrolló el proyecto piloto, es San Miguel Petapa. Inicialmente, deben realizarse visitas de campo, y dependiendo de la extensión territorial, se sugiere realizar visitas por zonas o sectores, para conocer las comunidades o lugares poblados que conforman el municipio, y especialmente la zona o sector objeto de análisis en donde se desarrollará el proyecto piloto, conociendo la infraestructura mediante el cual se presta el servicio de agua potable, tales como pozos, tanques de almacenamiento, redes de distribución, entre otros. Lo anterior, con el acompañamiento correspondiente de la municipalidad.

Algunos de los temas que deben tomarse en consideración, son los siguientes:

Mapeo participativo

Registro de información en SIG

Visitas de campo

Verificar condiciones del pozo y tanque

9

Mapeo participativo inicial sobre la ubicación de los pozos municipales y el polígono de cobertura de los mismos (población a la que se brinda el servicio de agua), con acompañamiento de personal municipal. Para este proceso, la participación de fontaneros o encargados de los pozos es fundamental.

- Visitas de campo para la verificación de información que no esté del todo clara, posterior a la realización del mapeo participativo
- Con auxilio de un programa informático para procesamiento de información SIG, se realiza el proceso de identificar y ubicar geográficamente los pozos municipales, los depósitos de almacenamiento (tanques elevados o superficiales), y los lugares poblados que son abastecidos por los mismos.
- Verificar las condiciones físicas actuales en las que se encuentra la infraestructura y elementos de los pozos y tanques del municipio en estudio.



Ilustración 1: Visita de campo a tanque superficial de almacenamiento de la colonia Ribera del Río.



Ilustración 2: Visita de campo a Pozo 2 de la colonia Ribera del Rio.

10

2

Recopilación y revisión de datos preexistentes y consolidación de información

Posterior a las visitas de campo, se debe recopilar, revisar, organizar y consolidar los datos e información existentes que posea la Municipalidad. Para este proyecto piloto la información fue brindada por personal de la Dirección Municipal de Servicios Públicos, Dirección Municipal de Planificación y Oficina de Catastro. De acuerdo con la información obtenida, se confirma la información faltante que se levantará en campo. Los datos que deben generarse se clasifican en dos grupos:

Datos técnicos

Son todos aquellos que contienen las características de los pozos de captación de agua. Más adelante, en el presente documento, se detallarán.

Datos hidrogeológicos

Obtenidos de estudios hidrogeológicos realizados previamente al diseño y construcción de un pozo de captación de agua.

Con la información existente y la levantada en campo, con auxilio de programa informático QGIS de uso libre, se procedió a organizar y consolidar toda la información de cada pozo y de cada polígono de cobertura, definiéndolas tablas de atributos necesarios y el contenido de las mismas de la siguiente forma:

Tabla 1: Tabla de atributos para pozos

Esta tabla contiene la información básica del estado físico del pozo, datos técnicos de su producción y equipamiento, y características de los sistemas de tubería conectados al pozo y/o tanques de almacenamiento. Los datos podrían variar si se tratara de otro tipo de pozos o sistemas, o si a criterio del usuario o de quien replique el presente proyecto piloto, así lo considere.

Los campos de la tabla están divididos en seis grupos:

<p>a</p> <p>Datos generales del municipio</p> <ul style="list-style-type: none">• Número de pozo• Código del departamento• Nombre del departamento• Código del municipio• Número de la zona	<p>b</p> <p>Localización del pozo</p> <ul style="list-style-type: none">• Dirección del pozo• Nombre del pozo• Lugares que abastece• Año de construcción• Administración del pozo• Finca• Folio• Libro• Tipo de pozo• Longitud• Latitud	<p>c</p> <p>Características del pozo</p> <ul style="list-style-type: none">• Altura del pozo• Diámetro de entubado• Profundidad• Diámetro del pozo
<p>d</p> <p>Estado del pozo</p> <ul style="list-style-type: none">• Material de tubería• Caudal• Temperatura• Frecuencia de mantenimiento• Sustitución de motor o equipo• Costo de sustitución• Costo de operación mensual• Nivel dinámico• Nivel estático• Sistema de filtrado• Equipo de cloración	<p>e</p> <p>Equipamiento del pozo</p> <ul style="list-style-type: none">• Piezómetro• Perfil stratigráfico• Equipo de bombeo• Banco de capacitores• El pozo esta conectado a red, tanque• Forma de distribución de caudal• Tanque de rebombeo• Tipo de bomba (sumergible o turbina)• Sistema eléctrico• Factor de potencia• % rendimiento de equipo• Potencia de equipo• Profundidad de bomba• Equipo de cloración	<p>f</p> <p>Sistema de impulsión</p> <ul style="list-style-type: none">• Línea de impulsión• Tanque de almacenamiento• Red de distribución

A continuación, se presenta la tabla de atributos utilizada para este proyecto piloto:

No.	Nombre del atributo	Descripción	Tipo	Longitud	Precisión
0	NUM_POZ	Número de pozo	Número entero	10	
1	COD_DEP	Código de Departamento	Número entero	10	
2	NOM_DEP	Nombre del departamento	Texto	254	
3	COD_MUN	Código de municipio	Número entero	10	
4	NOM_MUN	Nombre de municipio	Texto	254	
5	NUM_ZONA	Número de zona	Número entero	10	
6	DIR_POZ	Dirección del pozo	Texto	254	
7	NOM_POZ	Nombre del pozo	Texto	254	
8	LUG_ABS	Lugares que abastece	Texto	254	
9	A_CONS	Año de construcción	Texto	254	
10	ADM_POZ	Administración del pozo	Texto	254	
11	FINCA	Finca	Texto	254	
12	FOLIO	Folio	Texto	254	
13	LIBRO	Libro	Texto	254	
14	TIP_POZ	Tipo de pozo	Texto	254	
15	LATITUD	Latitud	Número real	23	15
16	LONGITUD	Longitud	Número real	23	15
17	XGTM	Coordenadas en X en proyección GTM (Longitud)	Número real	23	15
18	YGTM	Coordenadas en Y en proyección GTM (Latitud)	Número real	23	15
19	ALT_POZ	Altura del pozo (m)	Número entero	10	
20	ALT_POZ2	Altura del pozo (pies)	Número real	23	15
21	PRO_POZ2	Profundidad del pozo (m)	Número real	23	15
22	PRO_POZ	Profundidad del pozo (pies)	Número entero	10	
23	DIA_POZ	Diámetro de pozo	Número real	10	
24	DIA_ENT	Diámetro de entubado	Texto	254	
25	PIEZOM	Cuenta con piezómetro	Texto	254	
26	PER_EST	Cuenta con perfil estratigráfico del pozo	Texto	254	
27	CON_RED	El pozo está conectado a: Red, Tanque de distribución u otro	Texto	254	
28	FOR_DIS	Forma de distribución del caudal	Texto	254	
29	TAN_REB	Cuenta con tanque de rebombeo	Texto	254	
30	TIP_EQU	Tipo de bomba: Sumergible, Turbina	Texto	254	
31	SIS_ELE	Sistema Eléctrico: Monofásico, bifásico, o Trifásico	Texto	254	
32	BAN_CAP	Banco de Capacitores:	Texto	254	
33	FAC_POT	F.P. Factor de Potencia: 0.80, 0.85, 0.9, 0.95, 1.00	Texto	254	
34	REN_EQU	% de rendimiento del equipo	Texto	254	

35	PER_TRAB	Período hora/día	Texto	254	
36	POT_EQU	Potencia del equipo (HP)	Número entero	10	
37	PRO_BOM	Profundidad de bomba en pies	Número entero	10	
38	DIA_TUB	Diámetro de tubería del pozo al tanque (Línea de impulsión)	Número entero	10	
39	MAT_TUB	Material de la tubería	Texto	254	
40	CAU	Caudal (gal/min)	Número entero	10	
41	CAU2	Caudal (lt/s)	Número real	23	15
42	TEM_AGU	Temperatura del agua (grados centígrados)	Texto	254	
43	FRE_MAN	Frecuencia del mantenimiento	Texto	254	
44	FEC_MAN	Fecha del último mantenimiento	Texto	254	
45	SUS_EQU	Sustitución de motor o equipo del pozo	Texto	254	
46	COS_SUS	Costo de sustitución	Texto	254	
47	COS_OPE	Costo de operación mensual	Texto	254	
48	NIV_EST	Nivel estático (pies)	Texto	254	
49	NIV_EST2	Nivel estático (m)	Número real	10	
50	NIV_DIN	Nivel dinámico (pies)	Texto	254	
51	NIV_DIN2	Nivel dinámico (m)	Número real	10	
52	SIS_FIL	Sistema de filtrado	Texto	254	
53	SIS_DES	Sistema de desinfección: Cloración o UV	Texto	254	
54	EQU_CLO	Equipo de Cloración:	Texto	254	
55	OBS	Observaciones	Texto	254	
56	TIP_LEV	Tipo de levantamiento de información	Texto	254	
57	ADMR_POZ	Administrador de Pozo (guardián)	Texto	254	
58	RES_MUN	Responsable municipal de la información y coordinación	Texto	254	
59	NOM_DIG	Digitador de la información	Texto	254	
60	FEC_LEV	Fecha de levantamiento de la información	Texto	254	

Fuente: Tabla de atributos de pozos 2020. **Elaboración:** Velvet Hernández, año 2021

Previo a la perforación de un pozo se realizan estudios hidrogeológicos que levantan información de campo, como la estratigrafía, geología, infiltración, precipitación, tipo de suelo, entre otros.

Tabla 2: Tabla de atributos sobre estudios hidrogeológicos de pozos municipales

Entendiendo que previa perforación de un pozo se realizan estudios hidrogeológicos que levantan información de campo como la estratigrafía del suelo, geología, infiltración, precipitación, tipo de suelo, entre otros, en la siguiente tabla se presentan los campos conteniendo la información proveniente de dichos estudios hidrogeológico. Los datos de la tabla variarían según el caso de cada estudio y pozo.

No.	Nombre del atributo	Descripción	Tipo	Longitud	Precisión
0	NUM_POZ	Número de pozo	Número entero	10	
1	COD_DEP	Código de Departamento	Número entero	10	
2	NOM_DEP	Nombre del departamento	Texto	254	
3	COD_MUN	Código de municipio	Número entero	10	
4	NOM_MUN	Nombre de municipio	Texto	254	
5	NUM_ZONA	Número de zona	Número entero	10	
6	DIR	Dirección del pozo	Texto	254	
7	NOM_POZ	Nombre del pozo	Texto	254	
8	NUM_VIV	Número de viviendas	Texto	254	
9	FAM	Cantidad de familias	Numero entero	10	
10	DEN	Densidad promedio (km ²)	Texto	254	
11	DOT	Dotación de agua mínima (lts/Hab/día)	Numero entero	10	
12	CAU	Caudal de vivienda (m ³ /día)	Numero entero	10	
13	BOM_HRS	Horas de bombeo	Texto	254	
14	TIP_PRO	Tipo de proyecto	Texto	254	
15	TIP_POZ	Tipo pozo	Texto	254	
16	LAT	Latitud	Número Real	23	15
17	LON	Longitud	Número Real	23	15
18	XGTM	Coordenadas en X en proyección GTM (Longitud)	Número Real	23	15
19	YGTM	Coordenadas en Y en proyección GTM (Latitud)	Número Real	23	15
20	PREC	Precipitación (mm_ media anual)	Numero entero	10	
21	AREA_REC	Área de recarga del pozo (m ²)	Texto	254	
22	AREA_REC2	Área de recarga del pozo (km ²)	Número Real	23	15
23	TIP_SUE	Tipo de suelo	Texto	254	
24	MET_INF	Método prueba infiltración	Texto	254	
25	INFIL	Infiltración (m/s)	Texto	254	
26	GEO	Geología	Texto	254	
27	PRO	Profundidad de pozo (pies)	Numero entero	10	
28	HID_GEO	Hidrogeología	Texto	254	
29	ALT_POZ	Altitud de pozo (msnm)	Numero entero	10	
30	A_ALT	Año de la toma de altitud	Numero entero	10	
31	CON_ELE	Conductividad hidráulica (m/s)	Texto	254	
32	PROF	Profundidad de bomba (pies)	Texto	254	
33	CAP	Capacidad de bomba (HP)	Numero entero	10	
34	TIP_TANQUE	Tipo del tanque de distribución	Texto	254	
35	TANQUE	Capacidad del tanque de almacenamiento (m ³ /día)	Texto	254	
36	ELEC_BOM	Consumo eléctrico de la bomba (Q/mes)	Texto	254	

37	CON_DOM	Costo por conexión domiciliar (Q/mes)	Numero entero	10	
38	ELEC_VIV	Consumo Electricidad por Vivienda (Q/mes)	Texto	254	
39	EST_GEO	Estudio Geofísico	Texto	254	
40	REC_POZ	Recomendaciones en el momento de perforación de pozo	Texto	254	
41	REC_HID	Observaciones para recarga hídrica	Texto	254	
42	EST_FISICO	Estudios físicos de los pozos	Texto	254	
43	A_ESTFIS	Año del estudio físico	Texto	254	
44	EST_TEC	Estudios técnicos de los pozos	Texto	254	
45	A_ESTEC	Año del estudio técnico	Numero entero	10	
46	RES_MUN	Responsable municipal de la información y coordinación	Texto	254	
47	NOM_DIG	Digitador de la información	Texto	254	
48	FEC_LEV	Fecha de levantamiento de la información que contiene el modelo	Texto	254	

Fuente: Tabla de atributos de pozos 2020. Elaboración: Velvet Hernández, año 2021

3

Preparación de información geográfica básica

15

3.1. Mapa municipal con sus distintos limites

Inicialmente, es necesario definir el área de cobertura del proyecto, previa recopilación de información en campo, por lo que es necesario contar con mapas que identifiquen los límites del municipio y la ubicación de los pozos municipales. Pueden utilizarse programas informáticos de los que se cuente con licenciamiento, o programas de uso libre, que para el presente ejercicio, se utilizó QGIS como un programa para Sistemas de Información Geográfica de uso libre y con código abierto. Para el caso de San Miguel Petapa, se procesó información brindada por las siguientes instancias:

- a. Límite del municipio de San Miguel Petapa establecido por Instituto Geográfico Nacional -IGN-
- b. Límite del municipio de San Miguel Petapa establecido por el departamento de CATASTRO de la Municipalidad
- c. Capa de Pozos municipales existentes levantada por personal municipal, de la MGCS y de organizaciones e instituciones que han colaborado en otros proyectos.



4

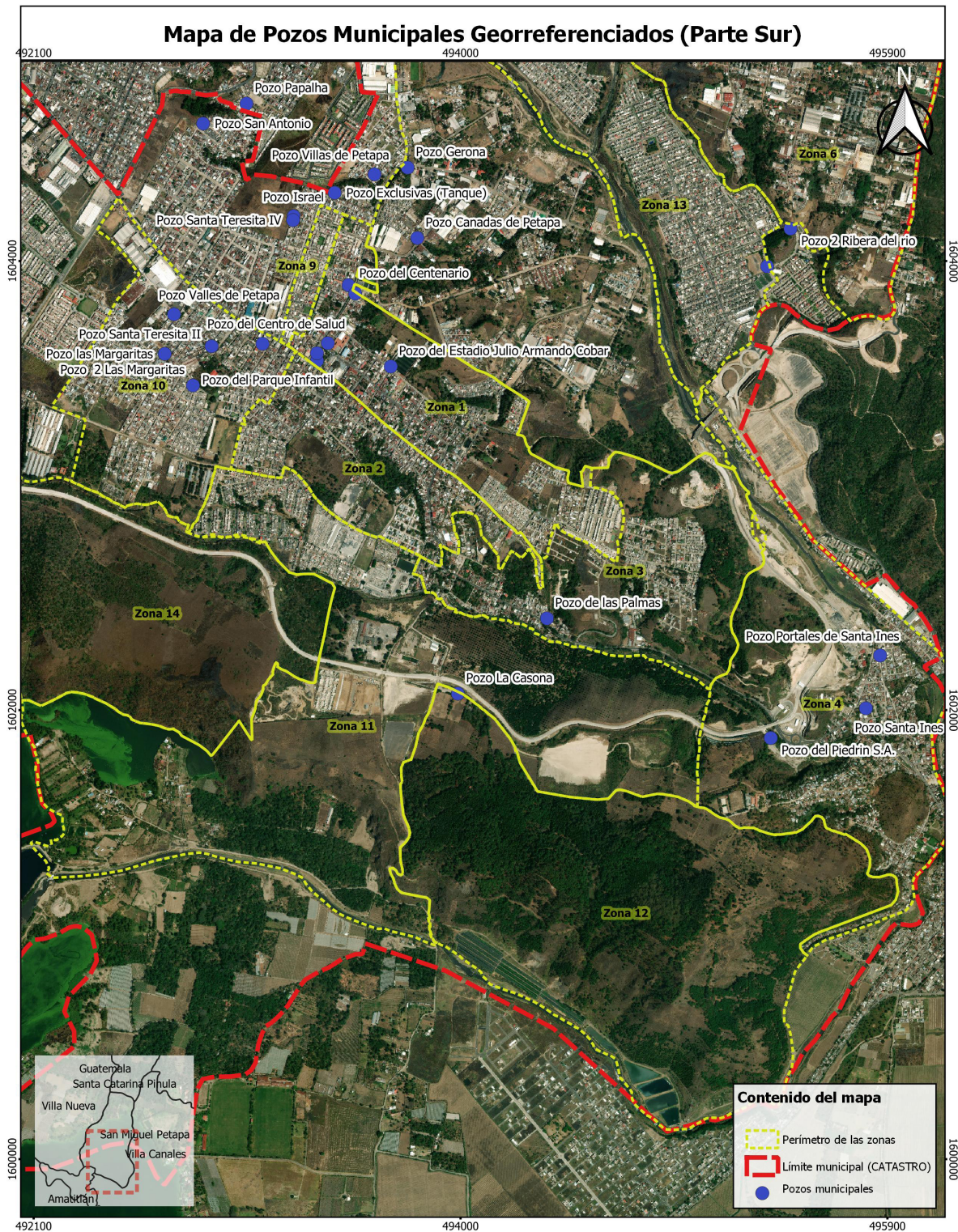
Vinculación de la información geográfica con información alfanumérica

Mapa 2: Pozos georreferenciados de la parte norte del municipio



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Catastro de la Municipalidad de San Miguel Petapa, Elaboración propia 2021.

Mapa 3: Pozos georreferenciados de la parte sur del municipio



5

Mapeo participativo y generación de información geográfica

Teniendo la información base descrita en los numerales anteriores, mediante un proceso participativo, se podrá iniciar con la recolección de información sobre polígonos de cobertura de agua dotada por cada uno de los pozos municipales, elaborando los mapas SIG correspondientes. El proceso se realiza con personal en su mayoría municipal u otras personas conocedoras del tema, pudiendo ser: líderes comunitarios, miembros de Concejos Comunitarios de Desarrollo -COCODE-, fontaneros, ingenieros o personal técnico que tengan conocimiento sobre la cobertura geográfica del abastecimiento de agua por cada centro poblado, sea éstos aldeas, colonias, caserío, paraje u otra clasificación de lugares poblados, que reciban agua de los pozos municipales. Para el desarrollo del proceso, se procede a realizar impresiones de mapas e imágenes a una escala adecuada que permita realizar trazos a mano alzada sobre de ellos, con la delimitación de los perímetros de cobertura de agua potable de cada uno de los pozos municipales.



Ilustración 4: Impresión de plano en oficinas de la MGCS.

En el ejercicio realizado en el municipio de San Miguel Petapa, se contó con el apoyo del señor Jorge Samayoa, supervisor de la Dirección de Servicios Públicos, persona conocedora de la ubicación y cobertura del servicio de agua potable del municipio, con quien se delimitaron los polígonos de cobertura de agua de los pozos municipales. Inicialmente se trazan los polígonos con marcadores, para posteriormente realizar correcciones y ajustes de acuerdo con la experiencia de quien brinda la información o de las visitas a campo que se realicen. Para el presente caso, el mapeo permitió también obtener información de pozos que no están en funcionamiento por diversas razones.



Ilustración 5: Mapeo participativo en Municipalidad de San Miguel Petapa.

5.1. Tabla de atributos para polígonos de cobertura de agua

Teniendo el trazo y la validación de los polígonos de cobertura para cada pozo, se establecen los campos de los atributos que deberán registrarse para cada polígono, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 3: Tabla de atributos para los polígonos de cobertura de agua de los pozos municipales

Esta tabla contiene los datos e información básica que se debe conocer de cada polígono de cobertura de agua. Estas tablas posteriormente estarán vinculadas a archivos tipo capa (shape file, como se le conoce en inglés).

No.	Nombre del atributo	Descripción	Tipo	Longitud	Precisión
0	Cod_dep	Código de departamento	Número entero	2	
1	Nom_dep	Nombre del departamento	Texto	9	
2	Cod_mun	Código de municipio	Número entero	2	
3	Nom_mun	Nombre de municipio	Texto	25	
4	Num_poz	Número de pozos que cubren cada cobertura de agua	Texto	2	
6	Nom_poz	Nombre del pozo	Texto	100	
7	Lug_abs	Lugares que abastece	Texto	100	
8	Num_viv	Número de viviendas que se encuentran en el área de cobertura	Número entero	10	
9	Num_per	Número de personas que se encuentran en el área	Número entero	10	
19	Area_m2	Área de cobertura (m2)	Número real	10	3
11	Obsv	Observaciones generales	Texto	250	
12	Nom_inf	Nombre de la persona que brinda información (fontanero)	Texto	30	
13	Fec_info	Fecha en que se brindó la información	Fecha	10	
14	Res_mun	Responsable municipal de la información y coordinación	Texto	30	
15	Nom_dig	Digitador de la información	Texto	30	

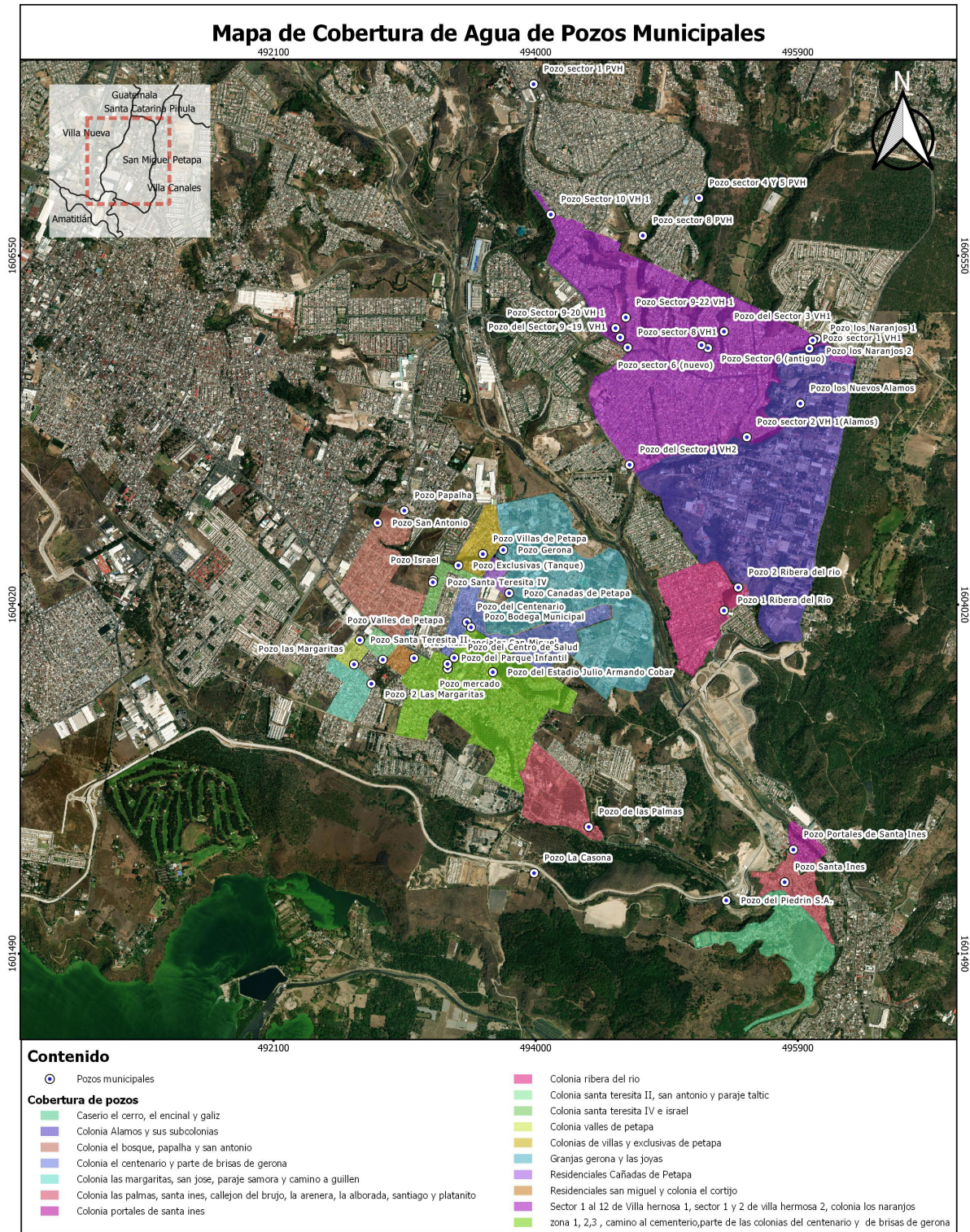
Fuente: Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Elaboración propia 2021.

5.2. Traslado de información del mapeo participativo al software QGIS

Se elabora el mapa final de los polígonos de cobertura de agua de los pozos municipales que abastecen a cada lugar poblado dentro del perímetro municipal. En el ejercicio realizado, se identificó que, en varios sectores y colonias, el abastecimiento de agua potable se realiza por medio de más de un pozo, debido a que en algunos sectores las redes de distribución se encuentran interconectadas entre sí. Es importante mencionar que, en el ejercicio realizado, en los mapas con los polígonos de cobertura se utilizaron los límites reconocidos por la municipalidad con información brindada por el departamento de CATASTRO de la Municipalidad de San Miguel Petapa.

Mapa 4:

Mapa de cobertura de agua de los pozos municipales



Fuente:

Servicios públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Elaboración propia 2021.

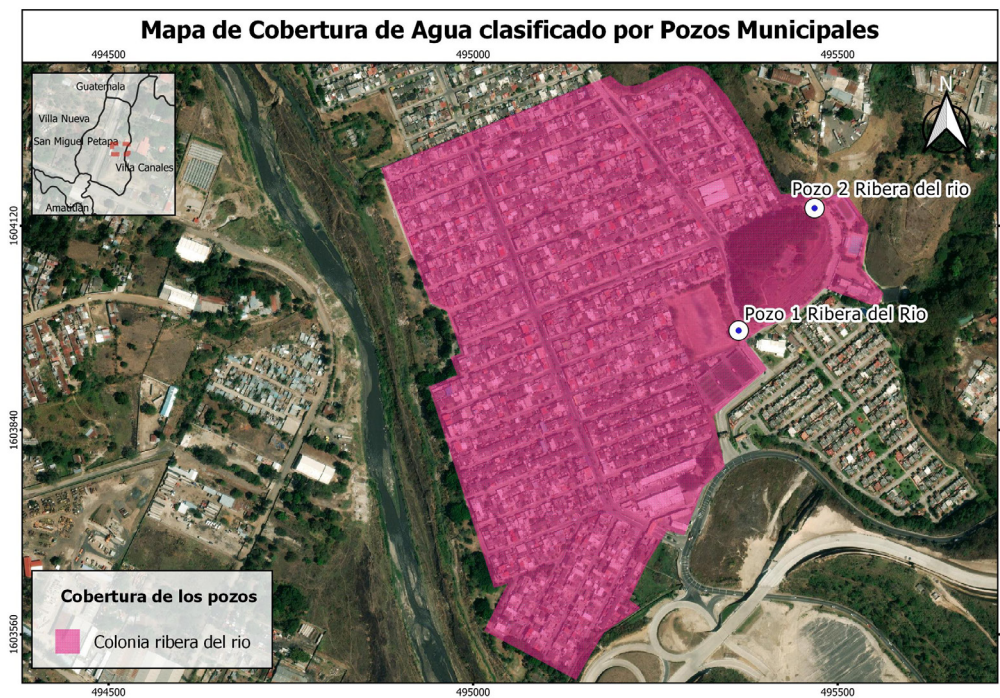
5.3. Mapas de cobertura de agua clasificado según pozos municipales

Mapa 5: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Las Margaritas



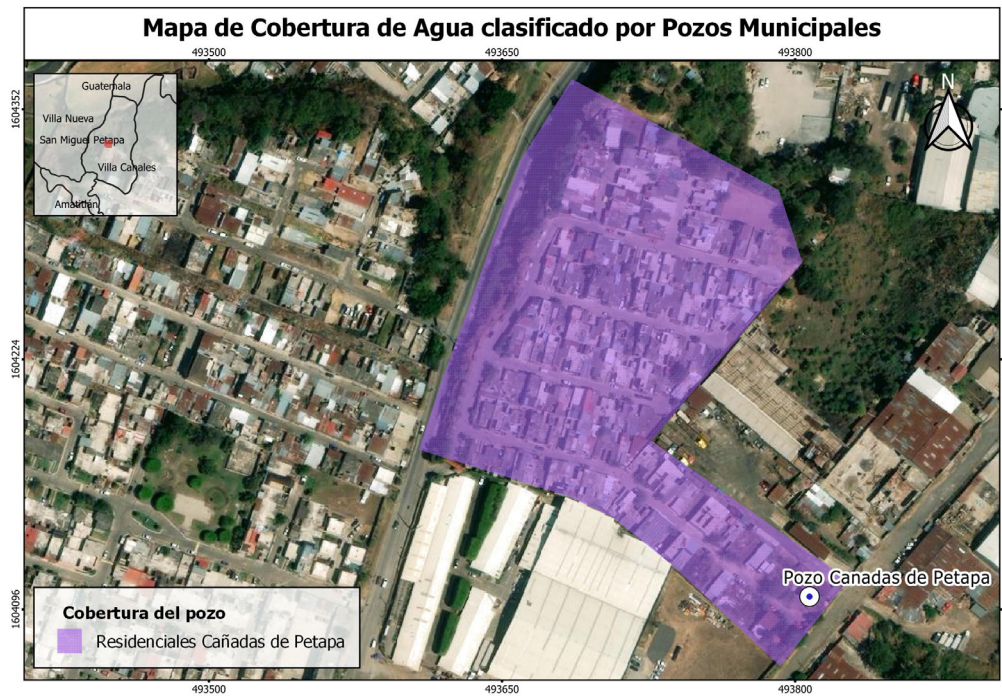
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 6: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Ribera del Río (CASO PILOTO)



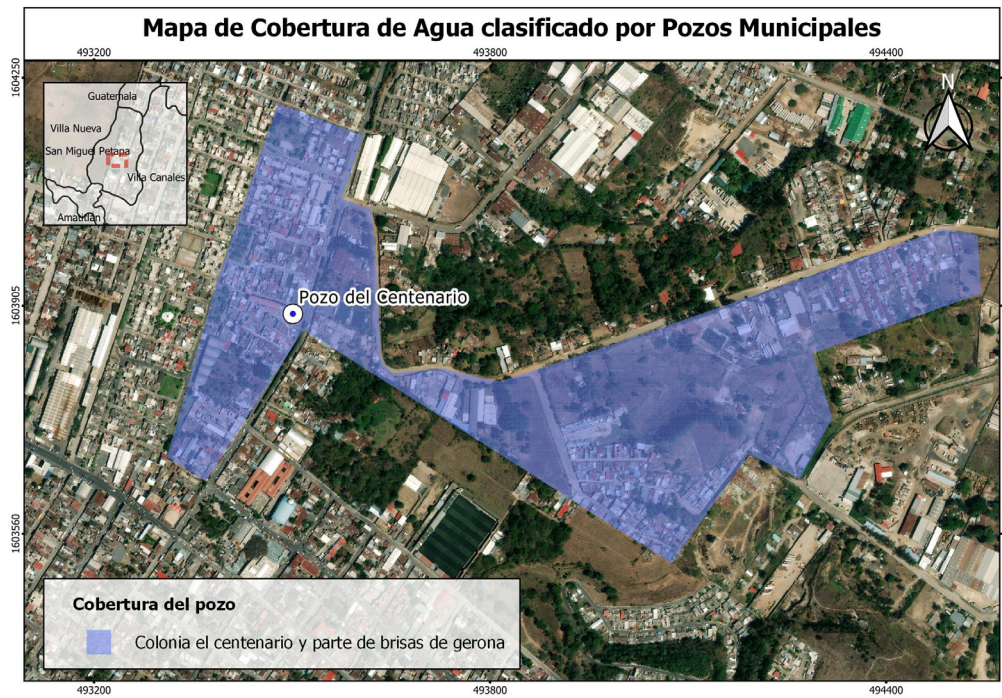
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 7: Cobertura de agua del pozo Cañadas de Petapa



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 8: Cobertura de agua del pozo El Centenario



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 9: Cobertura de agua del pozo Gerona



24

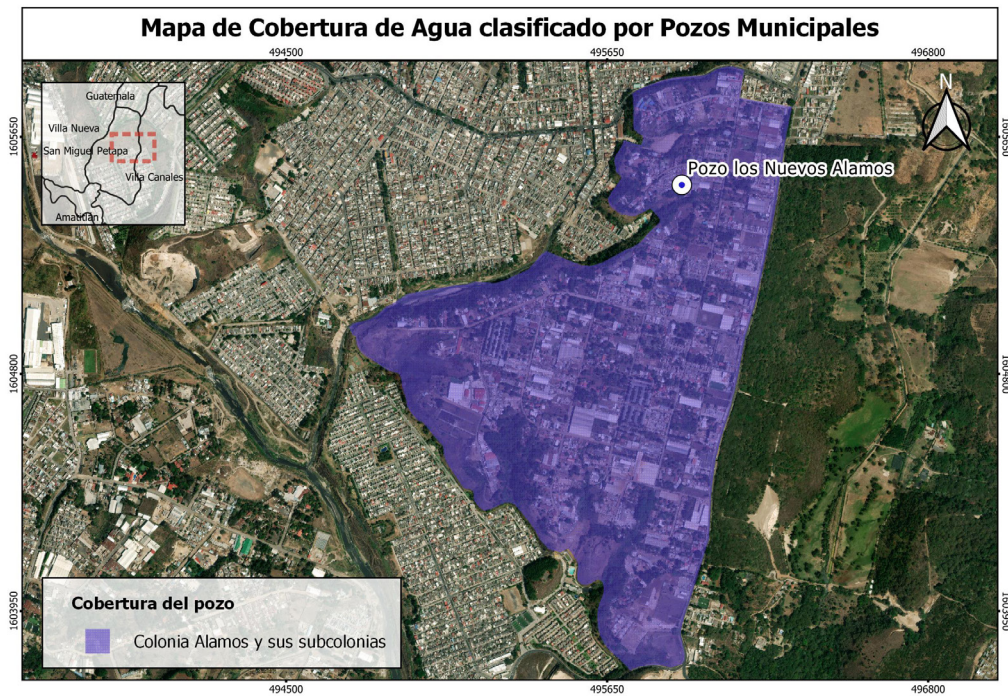
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 10: Cobertura de agua del pozo Santa Teresita IV



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 11: Cobertura de agua del pozo Los Nuevos Álamos



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 12: Cobertura de agua del pozo las Palmas



Fuente: Elaboración propia 2021.

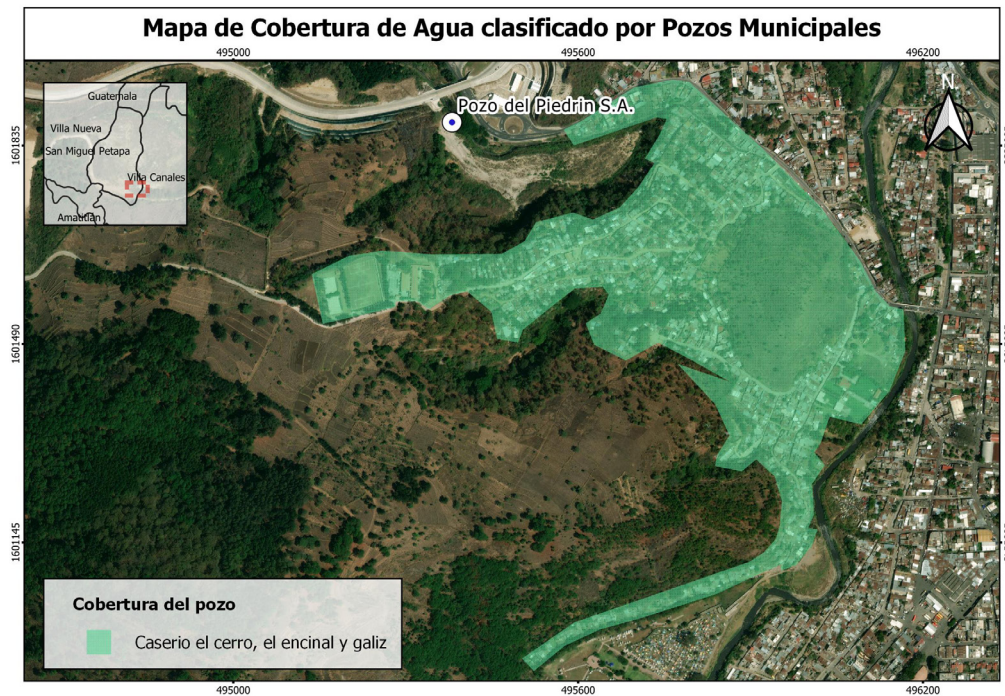
Mapa 13: Cobertura de agua de los pozos San Antonio y Papalha



26

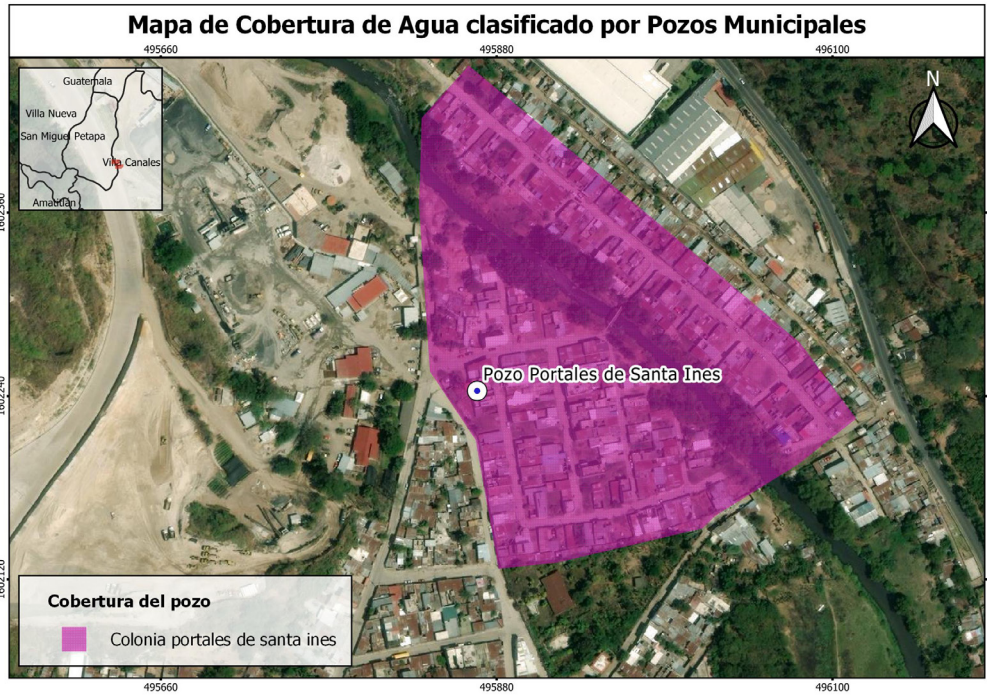
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 14: Cobertura de agua del pozo El Piedrín



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 15: Cobertura de agua del pozo Portales de Santa Inés



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 16: Cobertura de agua del pozo Residenciales de San Miguel



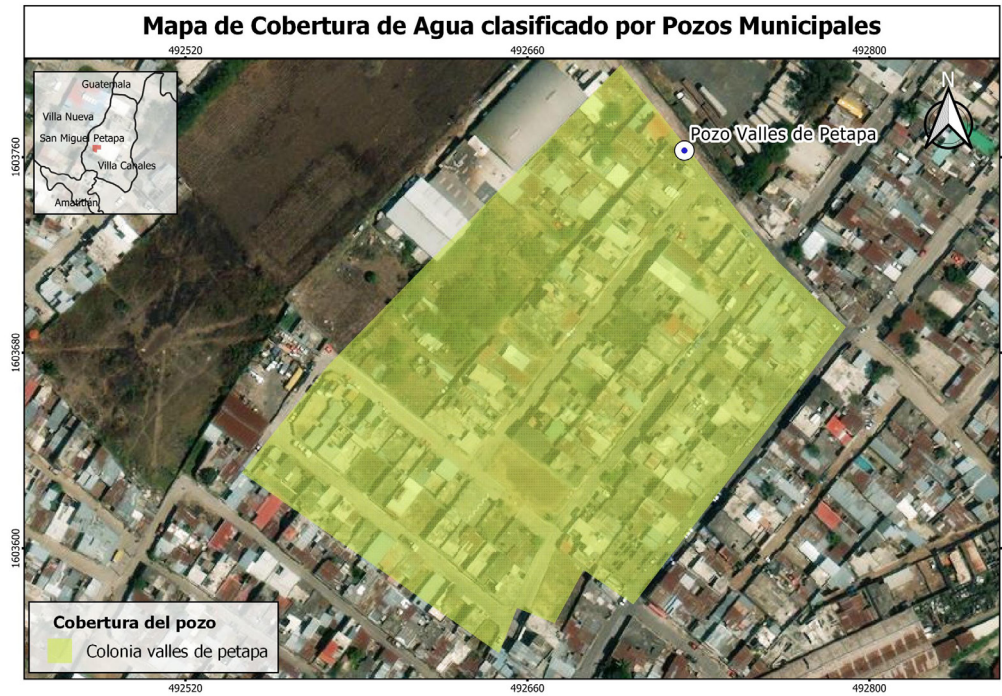
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 17: Cobertura de agua del pozo Santa Teresita II



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 18: Cobertura de agua del pozo Valles de Petapa



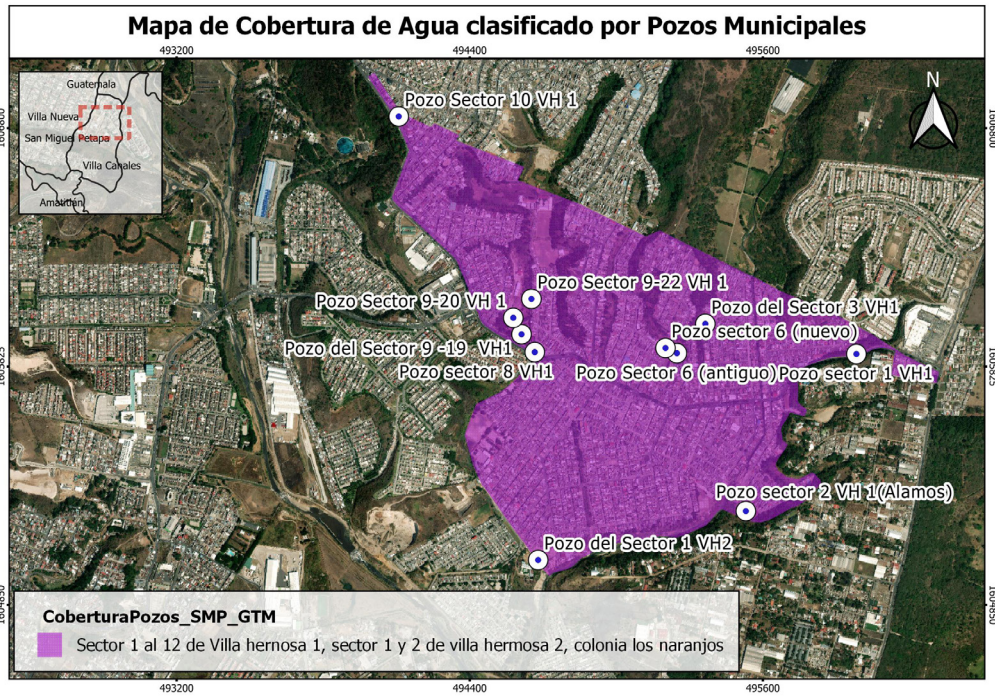
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 19: Cobertura de agua del pozo Villas de Petapa (CASO PILOTO)



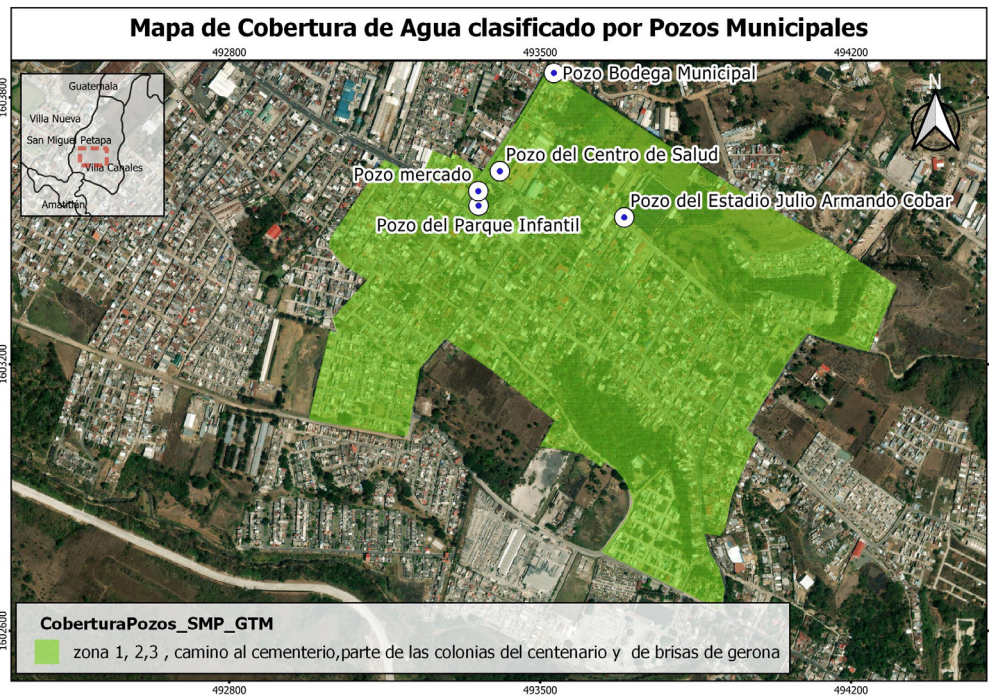
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 20: Cobertura de agua de los pozos de Villa Hermosa 1 y 2



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 21: Cobertura de agua de los pozos de zona 1, 2 y 3 de San Miguel Petapa



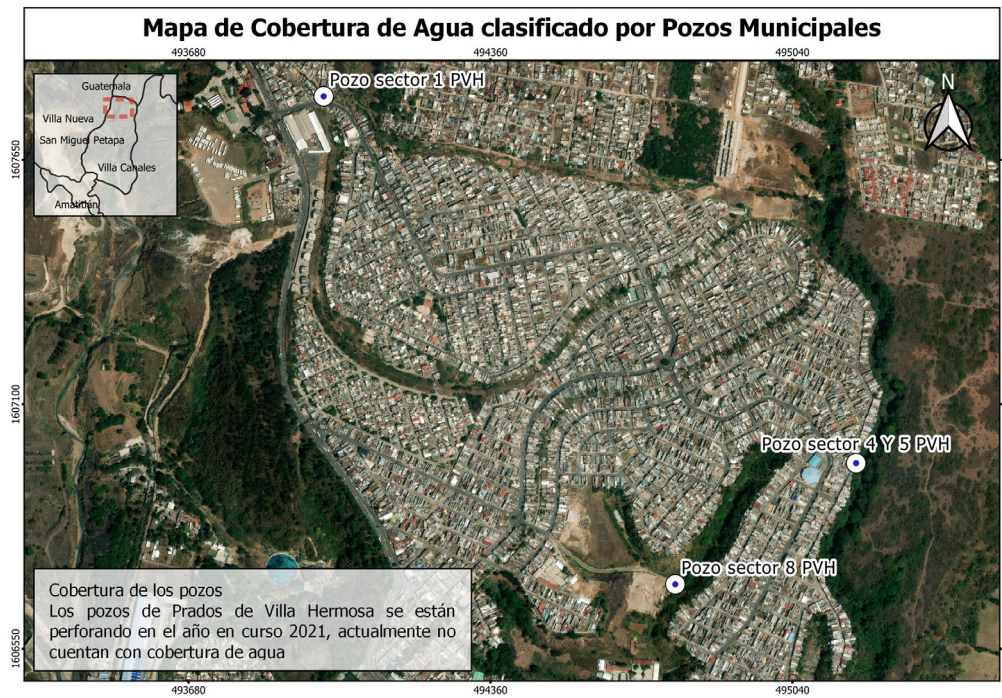
Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 22: Cobertura de agua de los pozos 1 y 2 Los Naranjos



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 23: Cobertura de agua de los pozos de Prados de Villa Hermosa



Fuente: Elaboración propia 2021.

Mapa 24: Cobertura de agua del pozo La Casona



Fuente: Elaboración propia 2021.

6

Desarrollo del estudio de sostenibilidad hídrica de las comunidades piloto

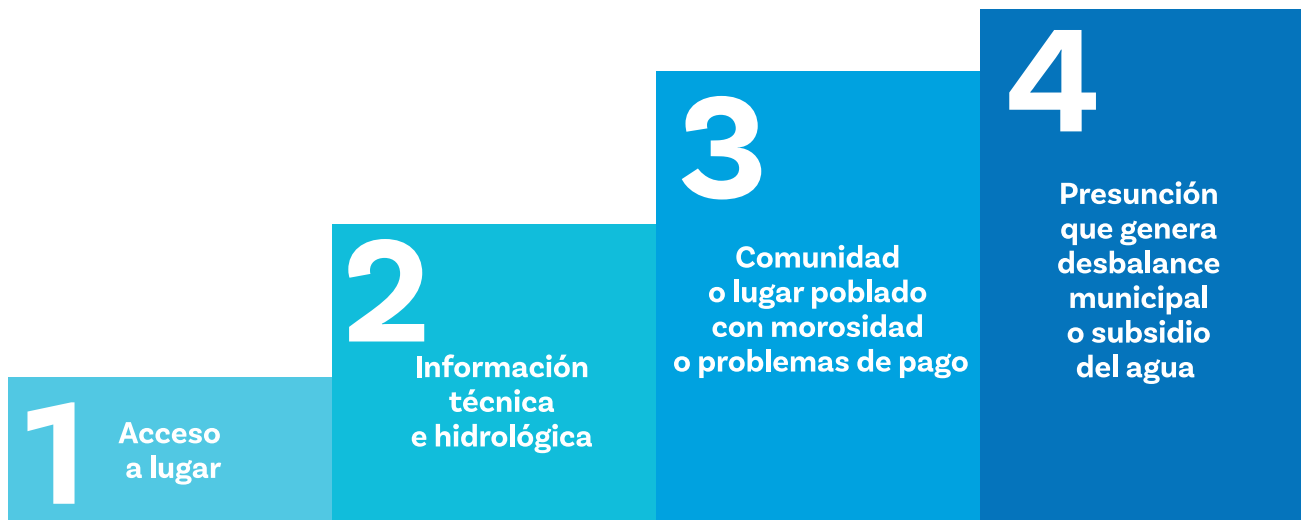
6.1. Comunidades piloto elegidas para el estudio

Posterior al proceso de recopilación y procesamiento de información técnica, de estudios hidrogeológicos, de realizar la ubicación geográfica de los pozos municipales, y de elaborar el mapeo participativo con lo cual se delimitaron los polígonos de cobertura, se procedió a identificar y seleccionar las áreas o sectores en las cuales realizar el estudio piloto.

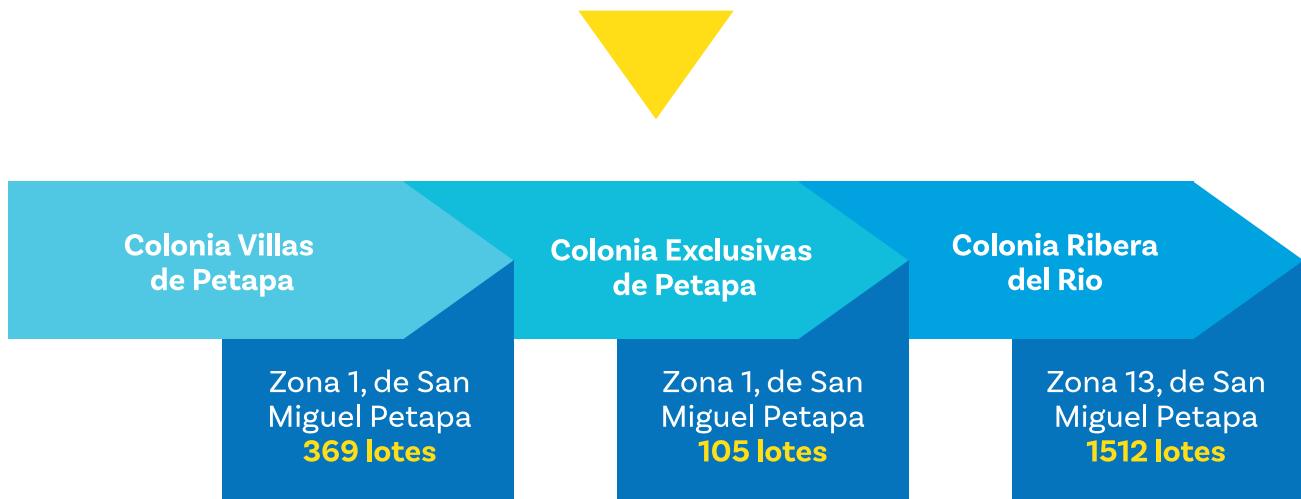
Teniendo la identificación de los lugares poblados del municipio, con participación y apoyo de personal municipal, se procedió a seleccionar los polígonos de cobertura con características favorables para el desarrollo del estudio, con la premisa que dicho estudio debe realizarse en todas las comunidades que reciban el servicio municipal de agua potable por medio de pozos mecánicos.

La selección fue realizada con los siguientes criterios:

32



Con participación de personal de la Municipalidad, se escogieron tres colonias para la realización del estudio piloto, siendo estas las siguientes:



6.2. Determinar el uso de suelo a nivel predial de las comunidades piloto

6.2.1 Levantamiento y digitalización de información utilizando Mapillary

Para el presente ejercicio, se utilizó la aplicación telefónica Mapillary como una aplicación abierta que captura secuencias de imágenes que pueden consultarse posteriormente en un computador, obteniendo el detalle de las calles, avenidas, ubicación de los inmuebles, uso que le da al inmueble. Esta aplicación permite recopilar información de las construcciones existentes, las características de estas como los niveles de las viviendas, material de la construcción, referencia de la cantidad de habitantes, registro de direcciones y algún otro elemento de interés. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, colocando un teléfono celular en el vidrio frontal de un vehículo terrestre.

Mapa 25: Recorrido con Mapillary en las Colonias Villas y Exclusivas de Petapa



Fuente: Imagen Capturada de la aplicación Mapillary. Elaboración propia 2021

Mapa 26: Recorrido con Mapillary en las Colonia Ribera del Rio



Fuente: Imagen Capturada de la aplicación Mapillary. Elaboración propia 2021

6.2.2. Tabla de atributos para polígonos con uso de suelo a nivel predial

Con apoyo de personal calificado, se procede a definir los campos de los atributos indispensables que deben registrarse para la capa de uso de suelo predial de las tres colonias. En el presente ejercicio, se pudo definir la siguiente:

Generalidades	Del municipio	Relacionados al predio	Del usuario
<ul style="list-style-type: none"> • Código de departamento • Nombre de departamento • Código de municipio • Nombre del municipio 	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de zona • Nombre división territorial • Código de manzana • Código de calle • Número de avenida • Responsable municipal de la información • Digitador de la información • Fecha de levantamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de lote • Nomenclatura • Dirección del servicio • Categoría de clasificación del suelo urbano • Subcategoría de clasificación del suelo • Uso específico • Nombre del uso específico • Numero de niveles 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del usuario • Número de identificación municipal • Número de tarjeta de agua • Categoría de tarifa del servicio • Monto (Q/mes)

Tabla 4: Atributos para polígonos con de uso de suelo a nivel predial

No.	Nombre del atributo	Descripción	Tipo	Longitud	Precisión
0	NUM_CASA	Numero de casa	Numero entero	5	
1	COD_DEP	Código de Departamento	Número entero	5	
2	NOM_DEP	Nombre de departamento	Texto	25	
3	COD_MUN	Código de municipio	Número entero	5	
4	NOM_MUN	Nombre de municipio	Texto	25	
5	NUM_ZON	Número de zona	Número entero	5	
6	DIV_TER	División Territorial	Texto	150	
7	NOM_DIV	Nombre de la División territorial	Texto	150	
10	COD_MZN	Código de manzana	Número entero	5	
11	NUM_CALLE	Número de calle	Número entero	5	
12	NUM_AVEN	Número de avenida	Número entero	5	
13	NUM_LOT	Número de lote	Número entero	5	
14	NOMEN	Nomenclatura	Texto	10	
15	DIR_SER	Dirección del servicio	Texto	150	
16	NOM_USU	Nombre del usuario	Texto	50	
17	NIM	Número de Identificación Municipal	Texto	50	
18	NUM_TAR	Número de tarjeta de agua	Número entero	15	

19	CAT_TAR	Categoría de tarifa del servicio	Texto	150	
20	Q_MES	Monto (Q/mes)	Número real	10	2
21	CAT_SUE	Categoría de clasificación del suelo (urbano)	Texto	10	
22	SCA_SUE	Subcategoría de clasificación del suelo	Texto	10	
23	USO_ESP	Uso específico	Texto	150	
24	NOM_USO	Nombre del uso específico	Texto	150	
25	NUM_NIV	Número de Niveles	Número entero	5	
26	OBSER	Observaciones	Texto	150	
27	RES_MUN	Responsable municipal de la información y coordinación	Texto	50	
28	NOM_DIG	Digitador de la información	Texto	50	
29	FEC_LEV	Fecha de levantamiento de la información que contiene el modelo	Fecha	10	

Fuente: Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Elaboración propia 2021

6.2.3. Clasificación del uso de suelo a nivel predial

La clasificación de uso de suelo predial fue realizada aplicando la paleta de colores utilizada por SEGEPLAN en sus guías, mismas que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5: Clasificación de uso de suelo predial establecida por SEGEPLAN

Clasificación del espacio/suelo		
Carácter general	Categorías (1:50000-1:25000)	Subcategorías específicas (1:25000-1:50000)
Urbano	Residencial RES	Residencial baja densidad RES-BD Incluye: vivienda individual y/o unifamiliar, comercios aislados asociados, instalaciones públicas pequeñas, zonas verdes.
		Residencial alta densidad RES-AD Incluye: vivienda uni- y/o multifamiliar, comercio, instalaciones públicas, talleres no-perturbadores, zonas verdes.
		Zona Mixta RES-MX Incluye: Vivienda, comercios, industria, talleres, instalaciones públicas, transporte, zonas verdes.
	Comercial COM	Comercio COM.CO Incluye: comercio, servicios, institucional, gobierno, turismo, equipamientos públicos, transporte, viviendas aisladas. talleres. zonas verdes.
		Comercio COM.CO Incluye: comercio, servicios, institucional, gobierno, turismo, equipamientos públicos, transporte, viviendas aisladas, talleres. zonas verdes.

Especial	Zona Especial ESP	Zona Especial Urbano ESP-UR (+ definición) Zonas de uso especial (definición municipal p.ej. aeropuertos, terminal de buses, parques, instalaciones grandes, zona franca, educación/universidad, salud/hospital o de zonas mixtas de industria/comercio, centro comercial en la periferia etc.
		Zona Especial Rural ESP-RU (+ definición) Tierras comunales, ejidos municipales, bosques comunales, instalaciones públicas (salud/educación /casa comunitaria, iglesia etc.).
		Gestión de Riesgo ESP-RI Zonas de recuperación y/o adaptación, áreas donde se aplican medidas de mitigación y/o reducción de vulnerabilidades.
		Transformación ESP-TR cambio de uso.
		Aprovechamiento Sostenible ESP-AS Uso de recursos naturales que no exceda su capacidad de regeneración (p. ej. agro forestaria sostenible.
Rural	Núcleo rural NUR	Zona Rural Residencial NUR-RE Incluye: vivienda, comercios pequeños asociados, instalaciones públicas/comerciales, zonas verdes, huertos familiares, ganado menor.
		Zona Rural Mixto NUR-MX Incluye: vivienda, comercios pequeños asociados, instalaciones públicas/comerciales, zonas verdes, huertos familiares, ganado menor; industria, comercio, equipamientos públicos.
	Agricultura AGR	Agricultura campesina AGR-CA Incluye: agricultura, uso residencial familiar, artesanía, comercios pequeños.
		Agricultura comercial extensiva AGR-EX Aptitud agricultura extensiva, aptitud agroforestal, aptitud pecuaria, manejo especial, extracción extensiva familiar.
		Agricultura comercial intensiva AGR-IN Aptitud agricultura intensiva, aptitud agroforestal, aptitud pecuaria, manejo especial.
	Protección	Área de protección PTE
Protección de estructuras Equipamientos, complejo arquitectónico protegido o histórico (ej. Calvario), lugar sagrado, protección vial.		
Protección del uso Acceso protegido (a...) por ejemplo acceso a fuentes de agua (servidumbre/derecho de paso) zonas vulnerables (barrancos, riberas, etc.).		

	Forestal FOR	Bosques y vegetación natural, Bosques de coníferas, bosques mixtos, selvas tropicales, bosque secundario y pastizales naturales
		Plantaciones forestales.
	Zona de producción sin predominancia agrícola PRO	Extracción PRO.EX Extracción intensa, minería, petróleo.
		Zona Rural Productivo PRO.PR Artesanía, comercio, equipamientos públicos, industria pequeña, producción con carácter especial.

Fuente: Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal, SEGEPLAN, páginas 97-99.

Tabla 6: Paleta de colores establecida por SEGEPLAN

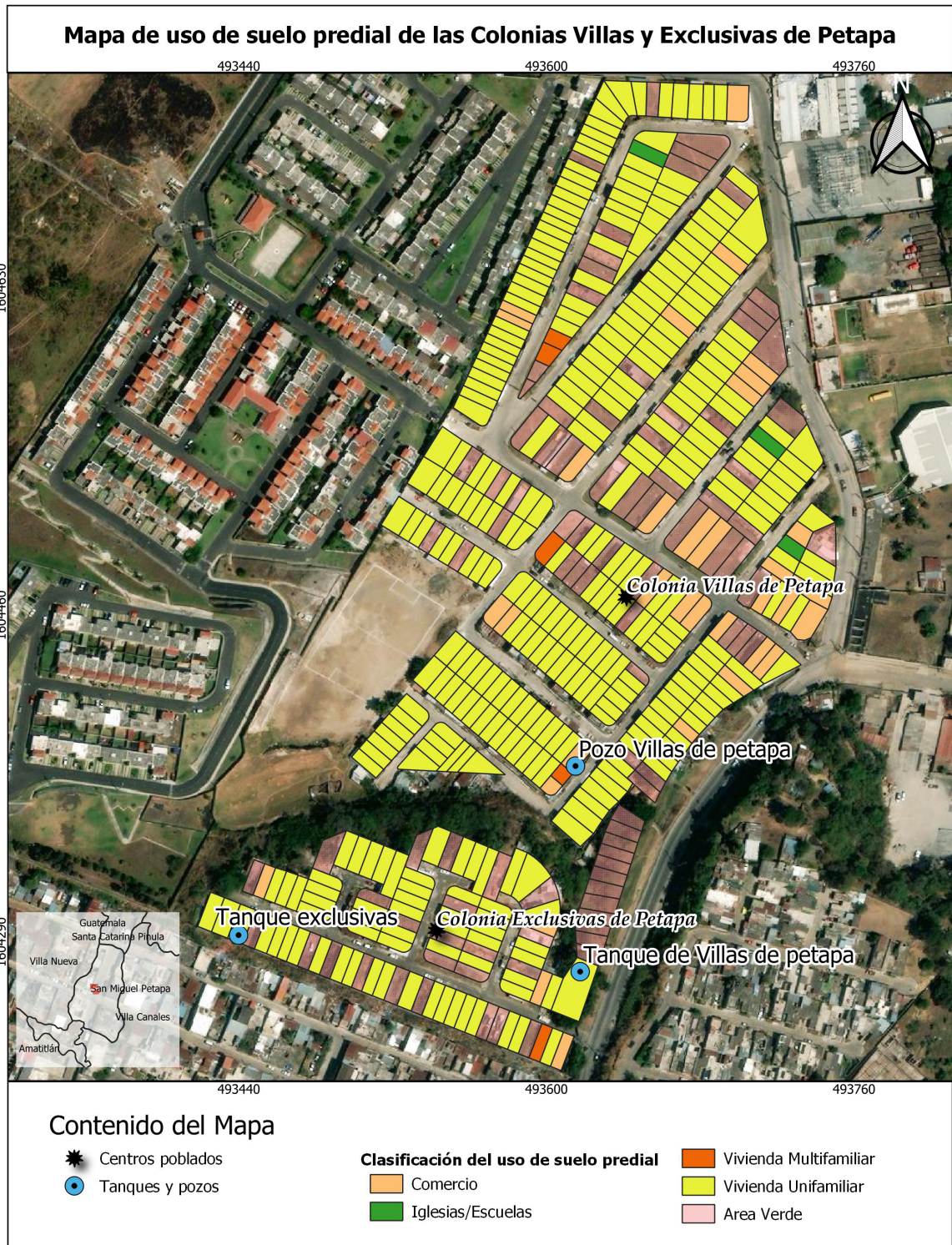
Paleta de colores para las subcategorías				
Carácter general	Categoría (1:50000-1:25000)	Subcategorías (1:25000-1:5000)	Color RGB	
URBANO	RES	RES-BD	240, 237, 23	
		RES-AD	229, 105, 71	
		RES-MX	253, 169, 148	
	COM	COM-CO	255, 230, 129	
		COM-IN	176, 158, 121	
RURAL	NUR	NUR-RE	240, 237, 23	
		NUR-MX	0, 255, 255	
	AGR	AGR-CA	248, 190, 143	
		AGR-EX	224, 211, 66	
		AGR-IN	213, 111, 60	
	FOR	FOR-NA	46, 183, 38	
		FOR-PL	84, 231, 39	
	PRO	PRO-EX	128, 128, 128	
		PRO-PR	128, 0, 128	
	ESPECIAL	ESP	ESP-UR	0, 0, 128
			ESP-RU	123, 152, 50
ESP-RI			197, 189, 255	
ESP-TR			222, 145, 255	
ESP-AS			241, 244, 199	
PROTECCIÓN	PTE	PTE-NA	03, 198, 144	
		PTE-ES	161, 121, 51	
		PTE-US	222, 218, 255	

Fuente: Guía para la elaboración de mapas de usos del territorio, categorías y subcategorías, SEGEPLAN 2018

6.2.4. Traslado de la información de uso de suelo al software GIS y generación de mapa

El siguiente paso es el proceder al trazo de los polígonos de cada predio en cada polígono de cada una de las tres colonias en estudio, realizando las clasificaciones correspondientes de uso de suelo de cada predio, según la información recopilada mediante la aplicación Mapillary y aplicando la paleta de colores de SEGEPLAN, quedando los mapas de la siguiente manera:

Mapa 27: Uso de suelo predial de las Colonias Villas y Exclusivas de Petapa



Mapa 28: Uso de suelo predial de la Colonia Ribera del Río

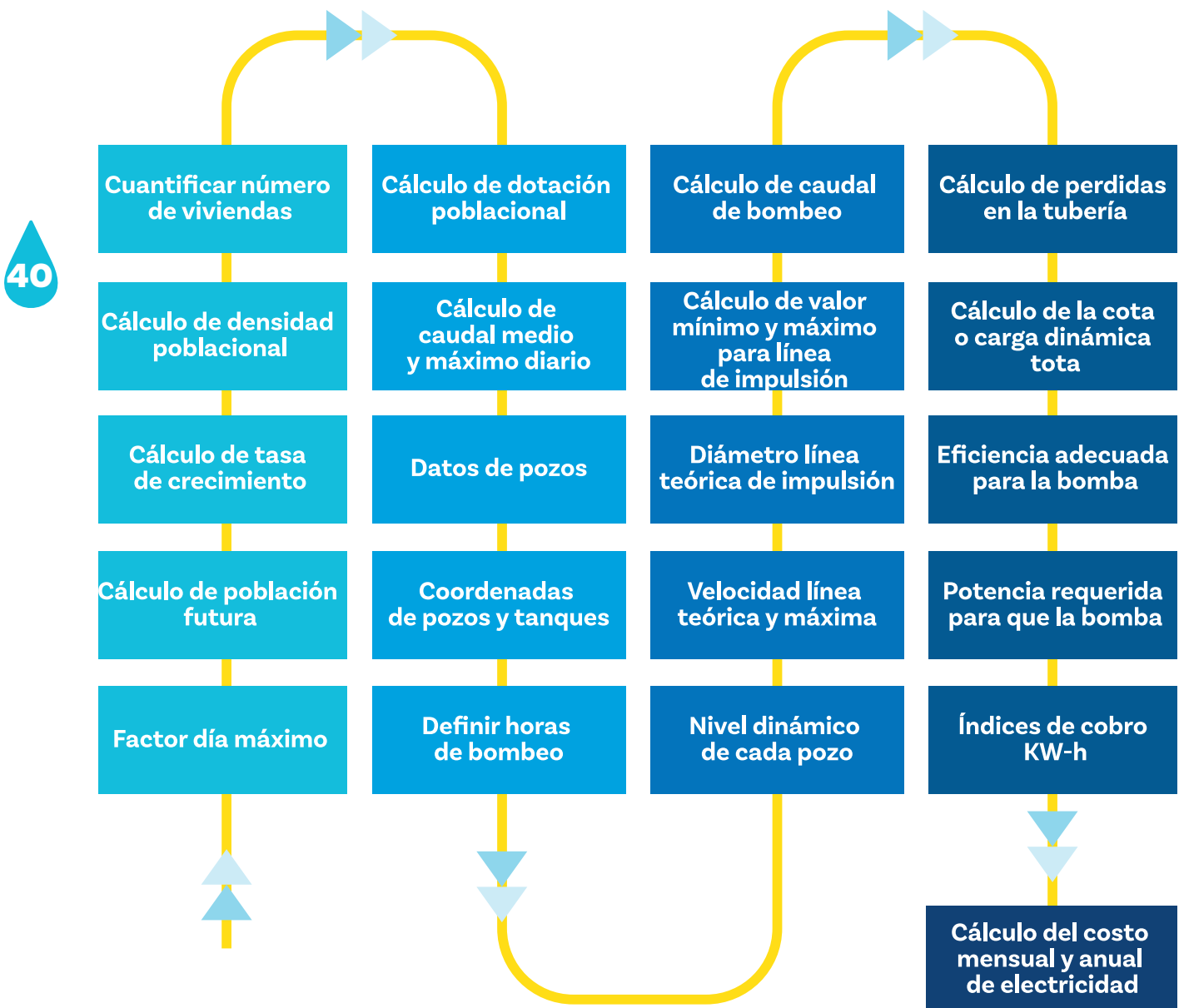


6.3. Análisis de sostenibilidad hídrica a nivel técnico

Para el desarrollo de los cálculos teóricos que se mostrarán en los siguientes textos, se tomó de referencia:

- Apuntes de la tesis: Pedro Aguilar Ruiz. APUNTES SOBRE EL CURSO DE INGENIERÍA SANITARIA. Trabajo de graduación. Guatemala 2007.
- Se obtuvieron datos de niveles dinámicos de los pozos proporcionados por la FUNCAGUA.
- Los precios de tubería del Catálogo de AMANCO 2020, aplicados para su línea de impulsión del pozo al tanque.
- Con información del INE, los índices de cobro KW-h para el gasto generado por el equipo de bombeo.

6.3.1. Pasos por seguir para realizar el cálculo teórico en la línea de impulsión



Para el cálculo técnico (teórico) se realizó el siguiente proceso para cada una de las colonias a intervenir:

- a. Cuantificación del número de viviendas, obtenido mediante el recorrido ya mencionado anteriormente, elaborado con la aplicación de Mapillary.
- b. Cálculo de la densidad poblacional, la cual fue definida con apoyo de personal de la municipalidad.
- c. Cálculo de la tasa de crecimiento en relación con una población inicial y población actual.
- d. Cálculo de la población futura.
- e. Selección del factor día máximo, dentro de los límites establecidos.
- f. Cálculo de la dotación poblacional, la cual fue definida con apoyo de personal de la municipalidad.
- g. Cálculo del caudal medio diario y el caudal máximo diario.
- h. Levantamiento y procesamiento de datos relevantes de los pozos, como: dirección, administración, datos catastrales, características del pozo, lugares que abastece, entre otros.
- i. Obtención de coordenadas geográficas de los pozos y tanques (según sea el caso) y su altitud.

Con la información recopilada, se confirmó que existe un pozo en la Colonia Villa de Petapa que abastece a dicha colonia con su tanque de almacenamiento, y que de dicho tanque se re bombea agua hacia un segundo tanque de almacenamiento que abastece a la colonia Exclusivas de Petapa. La colonia Ribera del Rio es abastecida por dos pozos ubicados dentro de la colonia.

- j. Definición de las horas de bombeo a analizar.

Para el presente ejercicio, se decidió utilizar como referencia las horas de bombeo reales para el cálculo y comparaciones adecuadas.

- k. Cálculo del caudal de bombeo del pozo (producción) y del caudal de bombeo teórico que requiere la colonia de acuerdo con la población de consumo.

Para el presente ejercicio, se calculó el caudal de bombeo del pozo de la colonia Villas de Petapa, y se comparó con el caudal teórico de dicha colonia. La diferencia, que fue positiva (mayor disponibilidad de agua), se tomó como el caudal de producción para la colonia exclusivas de Petapa, por el sistema de rebombeo que esta colonia tiene.

- l. Cálculo de valor mínimo y máximo de diámetro adecuado para la línea de impulsión, según la velocidad mínima y máxima de acuerdo con cálculos de diseño
- m. Selección de diámetro de línea teórica de impulsión, dentro de los límites de diámetro mínimo y máximo establecidos en el paso anterior, escogiendo el que cumpla con las condiciones adecuadas.
- n. Comprobación de velocidad mínima y máxima, para escoger el diámetro de tubería adecuado.
- o. Confirmación del nivel dinámico de cada pozo o tanque, utilizando la información proporcionada por FUN-CAGUA.

Para el presente ejercicio, no contando el pozo de Villas de Petapa con piezómetro para la medición de niveles, se utilizó el nivel dinámico del pozo “El Centenario” como el pozo geográficamente próximo a las colonias Villas de Petapa y Exclusivas de Petapa. Para los pozos 1 y 2 de la colonia Ribera del Río que cuenta con piezómetro, fueron medidos obteniendo los niveles dinámicos reales.

- p. Cálculo de las pérdidas en la tubería.
- q. Cálculo de la Cota o Carga Dinámica Total.
- r. Definición de la eficiencia adecuada para la bomba.
- s. Cálculo de la potencia requerida para que la bomba cumpla con la demanda requerida.
- t. Obtención del INE, de los índices de cobro KW-h para el gasto generado por los equipos de bombeo.
- u. Cálculo del costo mensual y anual del servicio de electricidad por uso de la bomba.

Del ejercicio realizado, en los siguientes cuadros se presenta la información inicial, los cálculos realizados y los resultados obtenidos, que se resumen de la siguiente manera:

Colonia Villas de Petapa

Del 100% del caudal bombeado del pozo de Villas de Petapa a su tanque de almacenamiento, se le asigna un costo total anual de **70%**, siendo esta cantidad de **Q.314,116.16**

.....

Colonia Exclusivas de Petapa

Del 100% del caudal bombeado del pozo de Villas de Petapa, se le asigna un costo total anual de **30%**. A este porcentaje se le suma un **100%** del caudal rebombado del tanque de Villas de Petapa al tanque de Exclusivas de Petapa, siendo esta cantidad de **Q.220,751.42**

.....

Colonia Ribera del Río


Para esta colonia, se sumó el costo anual de **bombeo del pozo 1 y pozo 2 de Ribera del Río**, dando como resultado un total de **Q. 300,124.53**.


.....

- v. Por último, se calcula el volumen del tanque para almacenar el caudal de bombeo requerido para cada una de las colonias en estudio.

6.3.2. Tablas de los cálculos teóricos

Tabla 7: Cálculos teóricos

Colonia	No. de hab. por hogar	No. de viviendas	Pob. Inicial 2002	Pob. Actual 2021	Tasa de crecimiento	Año futuro
Villas de Petapa	 5	369	654	1,845	0.056	2043
Exclusivas de Petapa		105	130	525	0.076	
Ribera del Río		1,512	4,743	7,560	0.025	

Colonia	Población futura	Dotación de agua	Caudal medio diario It/s	Factor hora máximo	Caudal máximo diario It/s	Caudal máximo horario It/s
Villas de Petapa	6,131	 120 lts hab./día	8.51	2.00	10.21	17.03
Exclusivas de Petapa	2,643		3.67	2.50	4.77	9.18
Ribera del Río	12,971		18.015	2.00	21.61	36.03

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Coordenada en X en el sistema GTM	Coordenada en Y en el sistema GTM	Altitud del pozo	Lugares a los que abastece
		m	m	m	
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	493615.18	1604381.51	1260.60	Tanque de Villas y Exclusivas de Petapa
Exclusivas de Petapa	Tanque Villas de Petapa	493617.60	1604274.54	1270.60	Colonia Villas de Petapa y Tanque de Exclusivas de Petapa
	Tanque Exclusivas de Petapa	493439.87	1604293.55	1277.60	
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	495455.99	1604145.16	1250.60	Colonia Ribera del Río
	Pozo 1 Ribera del Río	495364.14	1603976.39	1225.60	Colonia Ribera del Río

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Coordenada en X en el sistema GTM	Coordenada en Y en el sistema GTM	Altitud del pozo	Lugares a los que abastece
		m	m	m	
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	493615.18	1604381.51	1260.60	Tanque de Villas y Exclusivas de Petapa
Exclusivas de Petapa	Tanque Villas de Petapa	493617.60	1604274.54	1270.60	Colonia Villas de Petapa y Tanque de Exclusivas de Petapa
	Tanque Exclusivas de Petapa	493439.87	1604293.55	1277.60	
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	495455.99	1604145.16	1250.60	Colonia Ribera del Río
	Pozo 1 Ribera del Río	495364.14	1603976.39	1225.60	Colonia Ribera del Río

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Diámetro propuesto 1	Diámetro propuesto 2	Diámetro propuesto 3	Diámetro propuesto 4	Comprobación de velocidades 1	Comprobación de velocidades 2
		plg	plg	plg	plg	m/s	m/s
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	3	4	6	8	2.67	1.503
Exclusivas de Petapa	Tanque Villas de Petapa	2	3	4	6	1.81	0.805
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	3	4	6	8	2.45	1.378
	Pozo 1 Ribera del Río	3	4	6	8	2.40	1.351

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Comprobación de velocidades 2	Comprobación de velocidades 3	Comprobación de velocidades 4	Longitud del pozo al tanque	Pérdida de carga1
		m/s	m/s	m/s	m	m
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	1.503	0.668	0.38	145.69	12.18
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa	0.805	0.453	0.20	204.53	13.38
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	1.378	0.612	0.34	73.95	5.26
	Pozo 1 Ribera del Río	1.351	0.601	0.34	120.54	8.27

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Pérdida de carga2	Pérdida de carga3	Pérdida de carga4	Diámetro para utilizar	Observaciones de los valores tomados de nivel dinámico
		m	m	m	plg	
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	3.00	0.42	0.10	4	Medida de referencia del pozo Centenario
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa	1.86	0.46	0.06	3	Medida de referencia del pozo Centenario
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	1.30	0.18	0.04	6	Pozo 2 Ribera del Río
	Pozo 1 Ribera del Río	2.04	0.28	0.07	6	Pozo 1 Ribera del Río

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Nivel dinámico (2020-2021)	Pérdida por Nivel dinámico	Diferencia de alturas del brocal del pozo al tanque	Pérdida por impulsión	Pérdida por velocidad
		m	m	m	m	m
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	168.350	3.467	10.00	3.000	0.115
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa	168.350	1.529	7.00	1.857	0.033
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	51.000	0.124	25.00	0.180	0.019
	Pozo 1 Ribera del Río	41.300	0.097	50.00	0.283	0.018

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Pérdidas menores por accesorios	Carga dinámica total	Eficiencia recomendada	Potencia de la bomba de tramo A-B	Potencia consumida por cada colonia
		m	m		HP	HP
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	0.312	185.244	0.80	37.13	22.28
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa	0.189	178.958	0.80	10.80	25.66
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	0.020	76.343	0.80	14.02	14.02
	Pozo 1 Ribera del Río	0.030	91.728	0.80	16.52	16.52

Colonia	Nombre del pozo o tanque	Potencia consumida por colonia	Tanques	Volumen del tanque
		KW-hrs/mes		m ³
Villas de Petapa	Pozo Villas de Petapa	12029.61	Tanque de Villas de Petapa	579.085
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa	13854.23	Tanque de Exclusivas de Petapa	174.437
Ribera del Río	Pozo 2 Ribera del Río	7573.18	Tanque de Ribera del Río	856.058
	Pozo 1 Ribera del Río	5577.04		

Fuente: Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Elaboración propia 2021.

6.3.3. Análisis Técnico

Luego de finalizar los cálculos por cada lugar poblado o colonia, como se mostró en el paso anterior, es necesario realizar la clasificación de la información, realizar las comparaciones, análisis, e identificación de mejoras para la red. Realizando así una comparación del sistema ideal con el sistema existente; desde su captación, impulsión, almacenamiento, desinfección y distribución, procediendo a emitir las recomendaciones correctivas o de mejoramiento correspondientes.

Los sistemas de abastecimiento objeto de estudio fueron:

- Pozo de Villas de Petapa
- Tanque de Villas de Petapa (Funcionando como pozo)
- Tanque de Exclusivas de Petapa
- Pozo 1 de Ribera del Río
- Pozo 2 de Ribera del río
- Tanque de Ribera del Río

Las variables objeto de análisis fueron:

- Variables reales (existentes actualmente en el sistema)
- Variables ideales (recomendadas para que el sistema funcione adecuadamente)

Los valores por comparar son:

- Horario de bombeo
- Caudal de bombeo
- Diámetro de la tubería en la línea de impulsión
- Potencia del equipo de bombeo
- Volumen del tanque de almacenamiento

6.3.4. Tabla comparativa

Luego de finalizar los cálculos por cada lugar poblado o colonia, como se mostró en el paso anterior, es necesario realizar la clasificación de la información, realizar las comparaciones, análisis, e identificación de mejoras para la red. Realizando así una comparación del sistema ideal con el sistema existente; desde su captación, impulsión, almacenamiento, desinfección y distribución, procediendo a emitir las recomendaciones correctivas o de mejoramiento correspondientes.

Tabla 8: Comparación de datos técnicos de los pozos y tanques de las colonias en estudio

Colonias	Distribución	Actual		Teórico	
		Horario de bombeo actual	Caudal de bombeo actual	Horario de bombeo	Caudal de bombeo requerido
		hrs/día	lt/s	hrs/día	lt/s
Villas de Petapa	Pozo de Villas de Petapa a tanque de Villas de Petapa	24	15.77	24	12.19
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa a tanque de Exclusivas de Petapa	24	2.58	24	3.67
Ribera del río	Pozo 2 de Ribera del río a tanque único de Ribera del río	24	17.98	24	11.17
	Pozo 1 de Ribera del río a tanque único de Ribera del río	15	22.17	15	10.95

Colonias	Distribución	Diámetro utilizado en tubería	Diámetro recomendado a utilizar en tubería
		plg	plg
Villas de Petapa	Pozo de Villas de Petapa a tanque de Villas de Petapa	3	4
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa a tanque de Exclusivas de Petapa	3	3
Ribera del Río	Pozo 2 de Ribera del Río a tanque único de Ribera del río	N/S	6
	Pozo 1 de Ribera del río a tanque único de Ribera del Río	N/S	6

Colonias	Distribución	Potencia actual	Potencia Requerida
		HP	HP
Villas de Petapa	Pozo de Villas de Petapa a tanque de Villas de Petapa	30	50
Exclusivas de Petapa	Tanque de Villas de Petapa a tanque de Exclusivas de Petapa	10	15
Ribera del río	Pozo 2 de Ribera del río a tanque único de Ribera del río	50	15
	Pozo 1 de Ribera del río a tanque único de Ribera del río	50	20

48

Colonias	Tanques	Volumen del tanque existente	Volumen del tanque requerido
		(m3)	(m3)
Villas de Petapa	Tanque de villas de Petapa	848.90	579.08
Exclusivas de Petapa	Tanque de exclusivas de Petapa	26.18	174.44
Ribera del río	Tanque de Ribera del río	1666.01	856.06

Fuente: Elaboración propia 2021.

6.3.4.1. Cotización de la elaboración del Tanque elevado para la Colonia Exclusivas de Petapa

Tabla 9: Cotización de la elaboración del Tanque elevado para la Colonia Exclusivas de Petapa

Renglón:	Tanque metálico elevado de 175 m³ requerido
Medida:	Global
Costo unitario:	Q 417,663.23

Costo de Cotización y Estudio				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Cotización de la elaboración de un Tanque de almacenamiento de 175m ³ (incluye cilindro cónico y torre)	1.00	GLOBAL	Q 329,673.40	Q 329,673.40
Estudio de Diseño estructural de torre y cilindro.	1.00	UNIDAD	Q 9,890.20	Q 9,890.20
Total				Q 339,563.60
Total Directo				Q 339,563.60

Costos Indirectos				
Administración	5%			Q 16,978.18
Impuestos	5%			Q 16,978.18
Imprevistos	3%			Q 10,186.91
Dirección Técnica	5%			Q 16,978.18
Utilidad	5%			Q 16,978.18
Total Indirecto				Q 78,099.63

Total unitario	Q 417,663.23
-----------------------	---------------------

Fuente: Cotización proporcionada por TIPIC S.A. Elaboración propia 2021.

6.3.5. Conclusiones

Tabla 10: Conclusiones del Análisis Técnico

Colonia Villas de Petapa	Colonia Exclusivas de Petapa
<ul style="list-style-type: none"> Actualmente trabajando 24 horas, 7 días a la semana 	<ul style="list-style-type: none"> Actualmente trabajando 24 horas, 7 días a la semana
<ul style="list-style-type: none"> El bombeo de caudal del pozo al tanque de villas de Petapa genera un caudal de 15.17 lt/s, y el caudal requerido es de 12.19 lt/s 	<ul style="list-style-type: none"> El bombeo de caudal del tanque de villas a exclusivas de Petapa genera un caudal de 2.58lt/s, y el caudal requerido es de 3.67 lt/s
<ul style="list-style-type: none"> Actualmente se tiene una tubería de 3 plg en la línea de impulsión y la requerida es de 4 plg 	<ul style="list-style-type: none"> Actualmente se tiene una tubería de 3 plg en la línea de impulsión y la requerida es de 3 plg
<ul style="list-style-type: none"> La potencia de la bomba es de 30 HP y la requerida es de 50 HP 	<ul style="list-style-type: none"> La potencia de la bomba es de 10 HP y la requerida es de 15 HP
<ul style="list-style-type: none"> El volumen del tanque actual es 848.90 m³ y el requerido es de 579.08 m³. 	<ul style="list-style-type: none"> El volumen del tanque actual es 26.18 m³ y el requerido es de 174.43 m³

Colonia Ribera del Río

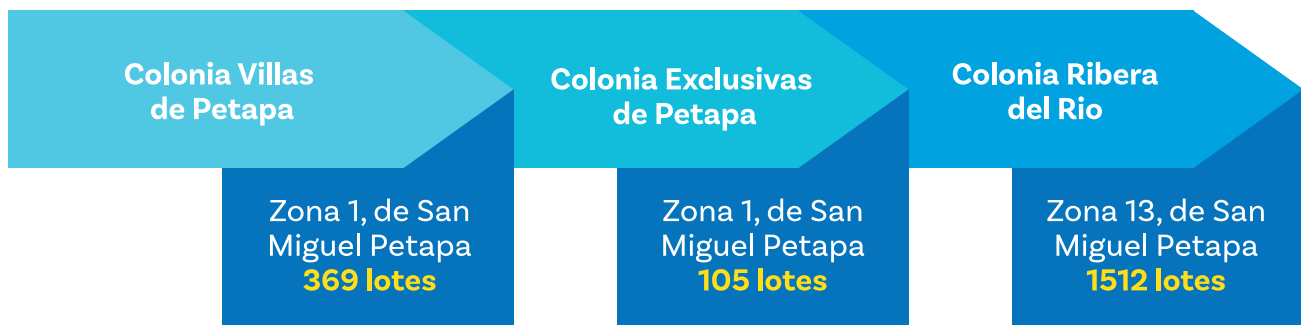
- Actualmente el Pozo 1 trabaja 24 horas, 7 días a la semana y el Pozo 2 trabaja 15 horas, 7 días a la semana.
- El pozo 1 generan un caudal de 17.97 lt/s, y el caudal requerido es de 11.17 lt/s. El Pozo 2 generan un caudal de 22.16 lt/s, y el caudal requerido es de 10.95 lt/s.
- No se conoce el diámetro en las tuberías en ambas líneas de impulsión, sin embargo, se determinó que el adecuado debe ser de 6 plg.
- La potencia actual de las bombas para ambos pozos es de 50 HP y la recomendable para cada pozo es de 15 HP y 20 HP respectivamente.
- El volumen del tanque actual es 1666.01 m³ y el requerido es de 856.05 m³.

Fuente: Elaboración propia 2022.

6.4. Estudio de sostenibilidad hídrica a nivel financiero

Luego de haber cuantificado el total de lotes, que se obtuvieron con apoyo de Mapillary y el listado de usuarios (padrón) de la Municipalidad de San Miguel Petapa (actualizado hasta marzo 2021), se obtuvo lo siguiente:

a. Lotes Totales por Colonia



- b. Los lotes totales de cada colonia se subdividen en:
 - . Lotes Registrados en el padrón general de SMP (pagan su cuota mensual por el servicio).
 - . Lotes NO Registrados en el padrón general de SMP (conectados ilícitamente).
 - . Lotes habitados (lotes registrados en el padrón general de SMP + lotes NO registrados en el padrón general de SMP).
 - . Lotes vacíos.
- c. Los lotes Registrados en el padrón general de SMP y los lotes NO registrados en el padrón general de SMP, de acuerdo con el uso del suelo, se subdividen en:
 - . Comercio.
 - . Vivienda unifamiliar.
 - . Vivienda multifamiliar.
 - . Escuelas e Iglesias.

Nota: Se ha identificado un porcentaje de usuarios morosos para cada colonia siendo los siguientes:

5%

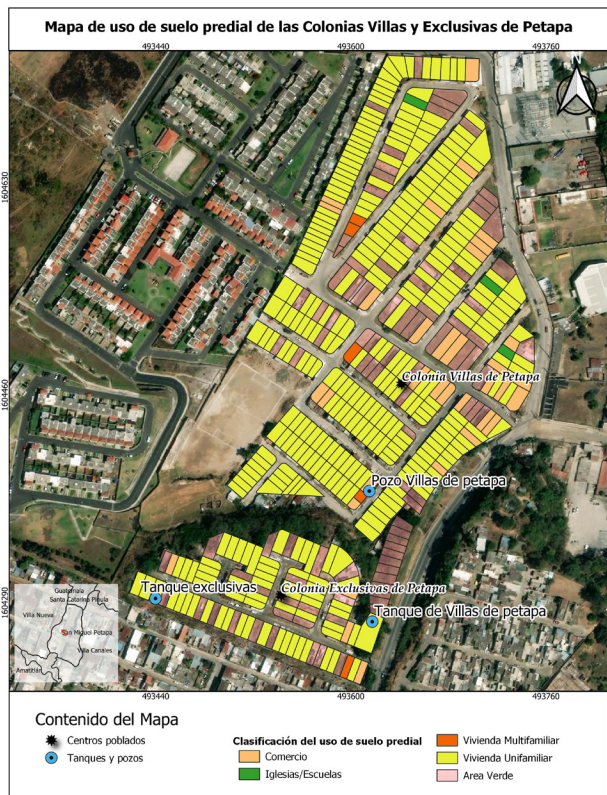
Colonia Villas de Petapa

1%

Colonia Exclusivas de Petapa

7%

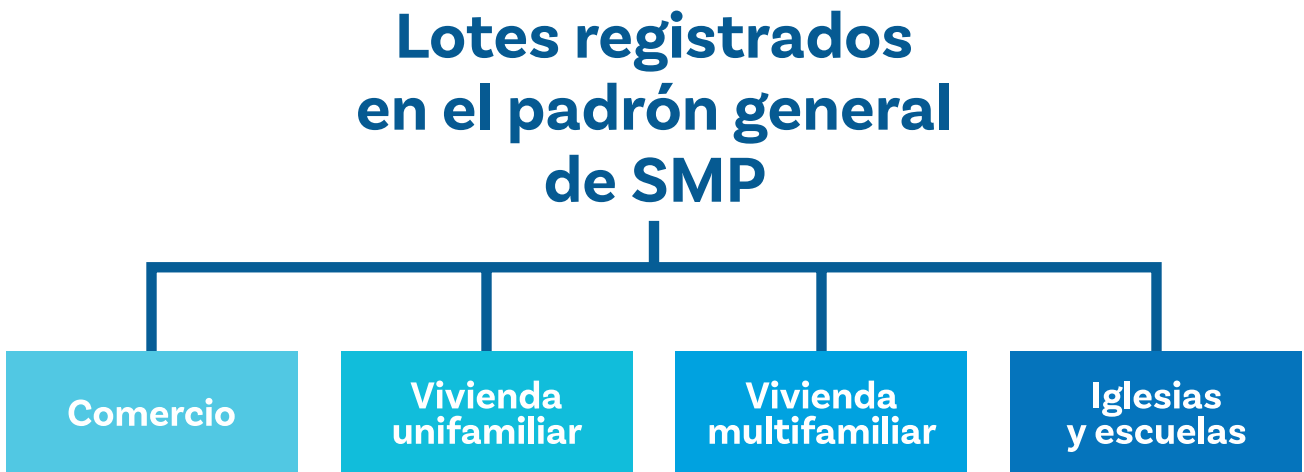
Colonia Ribera del Río



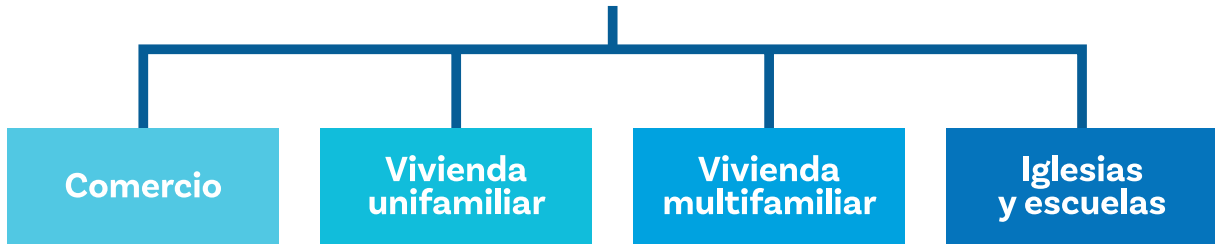
6.4.1. Clasificación de lotes



52



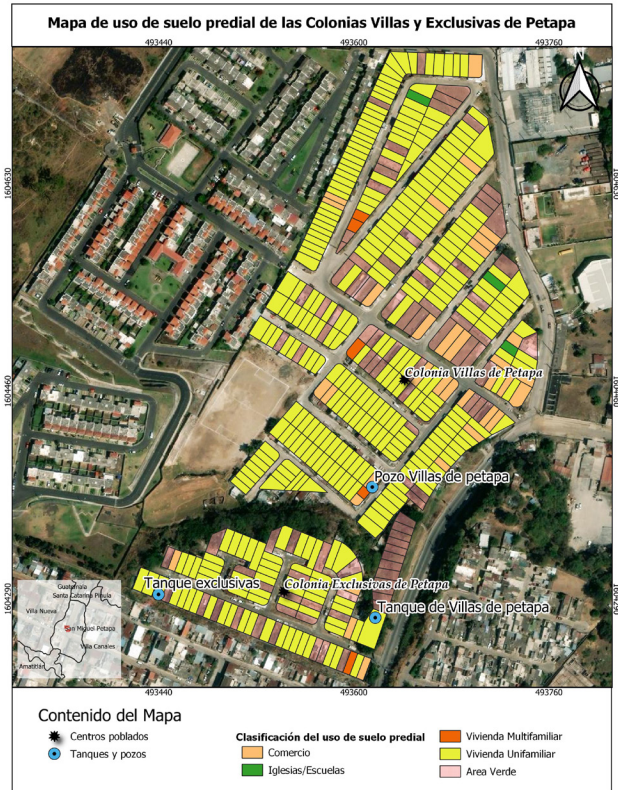
Lotes NO registrados en el padrón general de SMP



Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 11: Clasificación de lotes según su uso de suelo

Colonias	Lotes registrados en el Padrón general de SMP				
	Uso de suelo				
	Comercio	Vivienda unifamiliar	Vivienda Multifamiliar	Iglesia/ Escuela	Lotes totales registrados
Exclusivas de Petapa	3	28	1	0	32
Villas de Petapa	18	178	1	2	199
Ribera del Río	79	1322	8	1	1410



Colonias	Lotes No registrados en el Padrón general de SMP				
	Uso de suelo				
	Comercio	Vivienda Unifamiliar	Vivienda Multifamiliar	Iglesia/ Escuela	Lotes totales NO registrados
Exclusivas de Petapa	1	36	0	0	37
Villas de Petapa	12	96	1	1	110
Ribera del Río	13	83	1	1	98



Colonias	Uso de Suelo
	Lotes Vacíos (Área verde)
Exclusivas de Petapa	36
Villas de Petapa	60
Ribera del Río	4

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 12: Resumen clasificación de lotes según uso de suelo

Colonias	Clasificación de lotes				
	Lotes registrados en el Padrón general de SMP	Lotes NO registrados en el Padrón general de SMP	Lotes Habitados	Lotes vacíos	Lotes Totales
Exclusivas de Petapa	32	37	69	36	105
Villas de Petapa	199	110	309	60	369
Ribera del Río	1410	98	1508	4	1512

6.4.2. Análisis Financiero

Para este análisis, fue necesaria la identificación, obtención o generación de datos:

Gastos generados para mantener el rendimiento del servicio de agua potable. (Promedio anual de los años 2017 al 2021)

Ingresos obtenidos por prestar el servicio de agua potable (anualmente).




El ingreso por el cobro del servicio de agua potable mediante pozos mecánicos es por medio de una tarifa ya establecida para cada comunidad (según el Reglamento de Agua Potable de San Miguel Petapa), siendo este:

Colonia Villas de Petapa	Colonia Exclusivas de Petapa	Colonia Ribera del Río
TARIFA	TARIFA	TARIFA
Q 20.00 - Q 65.00 mensuales	Q 20.00 - Q 65.00 mensuales	Q 100.00 mensuales

Las variables objeto de estudio para los gastos en los que se incurre, fueron los siguientes:

- Gastos por consumo eléctrico (son los gastos por la electricidad generados por los equipos de bombeo)**
 - Gastos por desinfección y potabilización (son los gastos por el uso de cloro en proceso de desinfección)**
 - Gastos de operación / mano de obra (son los salarios de los fontaneros encargados de administrar los pozos dentro de cada colonia)**

Gastos de funcionamiento, entre los cuales se incluyen:

-  **Gastos de mantenimiento eléctrico (costos por mantenimiento de acometidas eléctricas, y los costos de reemplazo de accesorios o material eléctrico)**
-  **Gastos del equipo de bombeo (costos por mantenimiento o reparación del equipo de bombeo, y costos de reemplazo de accesorio o equipos de bombeo)**
-  **Gastos de mantenimiento de pozos (costos por limpieza de pozos y por la compra de los elementos)**

6.4.3. Gastos anuales

Para los gastos anuales de cada categoría ya establecida en el paso anterior, se procedió a cuantificar un promedio de los años 2017 al 2021, para cada una de las colonias.

56

Colonia Villas de Petapa

Tiene un registro completo de gastos por cada categoría, del pozo de Villas de Petapa.

Colonia Exclusivas de Petapa

Tiene un registro completo de gastos por cada categoría, del pozo de Villas de Petapa y el tanque de Villas de Petapa.

Colonia Ribera del Río

Tiene un registro completo de gastos por cada categoría del pozo 1. Y un registro parcial de los gastos del pozo 2 (debido a que fue instalado recientemente al sistema), reflejando así que el gasto de electricidad y gastos de cloración es únicamente por los 2 meses de uso, y se asumen según criterio el gasto anual de equipo de bombeo en que incurriría la colonia.

Tabla 13: Gastos anuales totales por colonia

Colonias	Gastos Anuales de Electricidad	Gastos Anuales de Cloración	Gastos Anuales de Operación	Gastos Anuales de Mantenimiento eléctrico
Exclusivas de Petapa	Q81,673.81	Q7,175.92	Q85,802.40	Q2,025.00
Villas de Petapa	Q110,110.29	Q23,820.68	Q85,802.40	Q2,503.75
Ribera del Río	Q345,536.77	Q22,344.00	Q128,703.60	Q31,490.06

Colonias	Gastos Anuales de Equipo de bombeo	Gastos Anuales de Mantenimiento de pozos	Gastos Anuales totales
Exclusivas de Petapa	Q41,010.22	Q9,800.00	Q227,487.35
Villas de Petapa	Q27,857.89	Q1,250.00	Q251,345.01
Ribera del Río	Q84,000.00	Q11,950.00	Q624,024.43

Fuente: Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa. Elaboración propia 2021

6.4.4. Ingresos

El ingreso por el cobro del servicio brindado de agua potable mediante pozos mecánicos, es por medio de una tarifa ya establecida para cada comunidad (según el Reglamento de Agua Potable de San Miguel Petapa), siendo de:

Colonia Villas de Petapa	Colonia Exclusivas de Petapa	Colonia Ribera del Río
TARIFA	TARIFA	TARIFA
Q 20.00 - Q 65.00 mensuales	Q 20.00 - Q 65.00 mensuales	Q 100.00 mensuales

6.4.5. Análisis comparativo entre Ingresos y Gastos

Se decidió presentar tres análisis (escenarios) para identificar, corroborar y demostrar la problemática que tienen cada una de las comunidades objeto de estudio.

6.4.5.1. Primer escenario

En este escenario se cuantifica el ingreso anual obtenido por cada comunidad, mediante la tarifa actual aplicada a los usuarios con “Lotes registrados en el padrón general de SMP”.

Se toma en cuenta para este caso solo el grupo de usuarios denominados “Lotes registrados en el padrón general de SMP”, debido a que es la situación actual que se presenta en el Municipio.

Posterior a realizar la cuantificación total anual de ingresos se procede a realiza una comparación con los gastos totales anuales, obteniendo lo siguiente:

Tabla 14: Primer escenario

Colonia	Tarifa Actual	Lotes registrados en el Padrón general de SMP					
		Uso de suelo					
		Comercio	Cobro Mensual	Vivienda Unifamiliar	Cobro Mensual	Vivienda Multifamiliar	Cobro Mensual
Exclusivas de Petapa	Q.20.00-Q.65.00	3	Q125.00	28	Q1,170.00	1	Q65.00
Villas de Petapa	Q.20.00-Q.65.00	18	Q960.00	178	Q8,087.40	1	Q65.00
Ribera del Río	Q100.00	79	Q7,900.00	1322	Q132,200.00	8	Q800.00

Colonia	Tarifa Actual	Lotes registrados en el Padrón general de SMP				
		Uso de suelo				
		Iglesia/ Escuela	Cobro Mensual	Lotes totales registrados	Cobro mensual de lotes registrados	Cobro anual de lotes registrados
Exclusivas de Petapa	Q.20.00-Q.65.00	0	Q00.00	32	Q1,360.00	Q16,320.00
Villas de Petapa	Q.20.00-Q.65.00	2	Q95.00	199	Q9,207.40	Q110,488.80
Ribera del Río	Q100.00	1	Q100.00	1410	Q141,000.00	Q1,692,000.00

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 15: Resumen del primer escenario

Colonias	Lotes registrados en el Padrón general de SMP	Cobro anual de lotes registrados en el Padrón general de SMP	Gastos anuales totales por el servicio brindado
Exclusivas de Petapa	32	Q16,320.00	Q227,487.35
Villas de Petapa	199	Q110,488.80	Q251,345.01
Ribera del Río	1410	Q1,692,000.00	Q624,024.43

58

Fuente: Elaboración propia 2021.

6.4.5.2. Segundo escenario

En este segundo escenario se plantea la situación en el caso ideal de que los usuarios con lotes habitados (“lotes registrados en el padrón general de SMP” + “lotes NO registrados en el padrón general de SMP”), realizaran su pago mensualmente con la tarifa actual, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16: Segundo escenario

Lotes registrados

Colonia	Tarifa Actual	Lotes registrados en el Padrón general de SMP					
		Uso de suelo					
		Comercio	Cobro Mensual	Vivienda Unifamiliar	Cobro Mensual	Vivienda Multifamiliar	Cobro Mensual
Exclusivas de Petapa	Q20.00-Q65.00	3	Q125.00	28	Q1,170.00	1	Q65.00
Villas de Petapa	Q20.00-Q65.00	18	Q960.00	178	Q8,087.40	1	Q65.00
Ribera del Río	Q100.00	79	Q7,900.00	1322	Q132,200.00	8	Q800.00

Colonia	Tarifa Actual	Lotes registrados en el Padrón general de SMP				
		Uso de suelo				
		Iglesia/ Escuela	Cobro Mensual	Lotes totales	Cobro mensual	Cobro anual
Exclusivas de Petapa	Q20.00-Q65.00	0	Q00.00	32	Q1,360.00	Q16,320.00
Villas de Petapa	Q20.00-Q65.00	2	Q95.00	199	Q9,207.40	Q110,488.80
Ribera del Río	Q100.00	1	Q100.00	14107900	Q141,000.00	Q1,692,000.00

Lotes NO registrados

Colonia	Tarifa Actual	Lotes NO registrados en el Padrón general de SMP					
		Uso de suelo					
		Comercio	Cobro Mensual	Vivienda Unifamiliar	Cobro Mensual	Vivienda Multifamiliar	Cobro Mensual
Exclusivas de Petapa	Q20.00-Q65.00	1	Q65.00	36	Q2,340.00	0	Q0.00
Villas de Petapa	Q20.00-Q65.00	12	Q780.00	96	Q6,240.00	1	Q65.00
Ribera del Río	Q100.00	13	Q1,300.00	83	Q8,300.00	1	Q100.00

Colonia	Tarifa Actual	Lotes NO registrados en el Padrón general de SMP				
		Uso de suelo				
		Iglesia/ Escuela	Cobro Mensual	Lotes totales	Cobro mensual	Cobro anual
Exclusivas de Petapa	Q20.00-Q65.00	0	Q0.00	37	Q2,405.00	Q28,860.00
Villas de Petapa	Q20.00-Q65.00	1	Q65.00	110	Q7,150.00	Q85,800.00
Ribera del Río	Q100.00	1	Q100.00	98	Q9,800.00	Q117,600.00

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 17: Resumen segundo escenario

Colonia	Lotes totales registra- dos	Cobro anual de lotes registra- dos	Lotes to- tales NO registra- dos	Cobro anual de lotes NO registrados	Lotes habi- tados	Cobro anual de lotes habitados	Gastos anuales totales
Exclusivas de Petapa	32	Q16,320.00	37	Q28,860.00	69	Q45,180.00	Q227,487.35
Villas de Petapa	199	Q110,488.80	110	Q85,800.00	309	Q196,288.80	Q251,345.01
Ribera del Río	1410	Q1,692,000.00	98	Q117,600.00	1508	Q1,809,600.00	Q624,024.43

Fuente: Elaboración propia 2021.

Con este segundo escenario se comprueba nuevamente que, aunque todos los usuarios que reciben el servicio de agua potable realizaran su pago mensualmente, la Municipalidad de San Miguel Petapa seguiría subsidiando parte del gasto por el servicio brindado a las colonias Villas de Petapa y Exclusivas de Petapa.

Por otro lado, para el caso de la colonia de Ribera del Río demuestra que cubre su gasto; sin embargo, tomando en cuenta que, dentro de los gastos generados por el servicio brindado, solo se pudo analizar una parte de los gastos globales y que la población está en aumento, la tarifa actual debe mantenerse.

6.4.5.3. Tercer escenario

En este escenario se plantea nuevamente la situación en el caso ideal de que los usuarios con lotes habitados (“lotes registrados en el Padrón general de SMP” + “lotes NO registrados en el Padrón general de SMP”), realicen su pago mensualmente, con un ajuste en la tarifa, adecuándola según la categoría de uso de suelo establecida por SEGEPLAN, para las colonias Villas y Exclusivas de Petapa (debido a que ambas no son capaces de cubrir los gastos, con la tarifa actual). Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 18: Tercer escenario

Lotes registrados



Colonia	Lotes registrados en el Padrón general de SMP								
	Uso de suelo								
	Co-mer-cio	Tarifa re-comen-dada	Cobro Mensual	Vi-vienda unifa-miliar	Tarifa reco-menda-da	Cobro Mensual	Vivienda Multififa-miliar	Tarifa re-comen-dada	Cobro Mensual
Exclusi-vas de Petapa	3	Q310.00	Q930.00	28	Q275.00	Q7,700.00	1	Q300.00	Q300.00
Villas de Petapa	18	Q80.00	Q1,440.00	178	Q67.00	Q11,926.00	1	Q75.00	Q75.00

Colonia	Lotes registrados en el Padrón general de SMP					
	Uso de suelo					
	Iglesia/ Escuela	Tarifa recomendada	Cobro Mensual	Lotes totales registrados	Cobro mensual de lotes registrados	Cobro anual de lotes registrados
Exclusivas de Petapa	0	Q305.00	Q0.00	32	Q8,930.00	Q107,160.00
Villas de Petapa	2	Q80.00	Q160.00	199	Q13,601.00	Q163,212.00

Lotes NO registrados

Colonia	Lotes NO registrados en el Padrón general de SMP								
	Uso de suelo								
	Comercio	Tarifa recomendada	Cobro Mensual	Vivienda unifamiliar	Tarifa recomendada	Cobro Mensual	Vivienda Multifamiliar	Tarifa recomendada	Cobro Mensual
Exclusivas de Petapa	1	Q310.00	Q310.00	36	Q275.00	Q9,900.00	0	Q300.00	Q0.00
Villas de Petapa	12	Q80.00	Q960.00	96	Q67.00	Q6,432.00	1	Q75.00	Q75.00

Colonia	Lotes registrados en el Padrón general de SMP					
	Uso de suelo					
	Iglesia/ Escuela	Tarifa recomendada	Cobro Mensual	Lotes totales NO registrados	Cobro mensual de lotes registrados	Cobro anual de lotes registrados
Exclusivas de Petapa	0	Q305.00	Q0.00	37	Q10,210.00	Q122,520.00
Villas de Petapa	1	Q80.00	Q80.00	110	Q7,547.00	Q90,564.00

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 19: Resumen tercer escenario

Colonia	Lotes totales registrados	Cobro anual de lotes registrados	Lotes totales NO registrados	Cobro anual de lotes NO registrados	Cobro anual de lotes habitados	Gastos anuales totales
Exclusivas de Petapa	32	Q107,160.00	37	Q122,520.00	Q45,180.00	Q227,487.35
Villas de Petapa	199	Q163,212.00	110	Q90,564.00	Q196,288.80	Q251,345.01

Fuente: Elaboración propia 2021.

6.4.6. Conclusiones

Tabla 20: Conclusiones del análisis financiero

Escenarios	Colonia Villas de Petapa
Primer escenario	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes registrados en el Padrón general de SMP.</p> <p>Tarifa actual en el rango de Q.20.00 - Q.65.00.</p> <p>Los gastos generados son de Q251,345.01 y los ingresos son de Q110,488.80.</p>
Segundo escenario	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes Habitados.</p> <p>Tarifa actual en el rango de Q.20.00 - Q.65.00.</p> <p>Los gastos generados son de Q251,345.01 y los ingresos son de Q196,288.80.</p>
Tercer escenario	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes Habitados.</p> <p>Según las categorías del uso de suelo se establecieron las siguientes tarifas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vivienda Unifamiliar (Q67.00) Vivienda Multifamiliar (Q75.00) Iglesias/Escuelas (Q80.00) Comercio (Q.80.00) <p>Los gastos generados son de Q251,345.01 y los ingresos son de Q253,776</p>



Escenarios	Colonia Exclusivas de Petapa
Escenario primero	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes registrados en el Padrón general de SMP.</p> <p>Tarifa actual en el rango de Q.20.00 - Q.65.00.</p> <p>Los gastos generados son de Q227,487.35 y los ingresos son de Q16,320.00.</p>
Escenario segundo	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes Habitados.</p> <p>Tarifa actual en el rango de Q.20.00 - Q.65.00.</p> <p>Los gastos generados son de Q227,487.35 y los ingresos son de Q45,180.00.</p>
Escenario tercero	<p>Pagan los usuarios con la categoría de Lotes Habitados.</p> <p>Según las categorías del uso de suelo se establecieron las siguientes tarifas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vivienda Unifamiliar (Q275.00) Vivienda Multifamiliar (Q300.00) Iglesias/Escuelas (Q305.00) Comercio (Q.310.00) <p>Los gastos generados son de Q227,487.35 y los ingresos son de Q229,680.00</p>



Escenarios	Colonia Ribera del rio
Escenario primero	Pagan los usuarios con la categoría de Lotes registrados en el Padrón general de SMP. Tarifa actual de Q100.00. Los gastos generados son de Q624,024.43 y los ingresos son de Q1,692,000.00.
Escenario segundo	Pagan los usuarios con la categoría de Lotes Habitados. Tarifa actual de Q100.00. Los gastos generados son de Q624,024.43 y los ingresos son de Q1,809,600.00
Escenario tercero	No es necesario realizar este análisis debido a que la colonia cubre los gastos efectuados anualmente.



Fuente: Elaboración propia 2021.

7

Recomendaciones generales

- Instalar contadores en cada inmueble al que se le brinda el servicio municipal de agua potable, con lo cual se podrá corroborar si los consumos teóricos calculados en el presente estudio deban reducirse o incrementarse, con la oportunidad de revisar las propuestas de nuevas tarifas.
- Para los sistemas que así lo requiera, complementar los tanque de almacenamiento que no tengan capacidad necesaria para atender a la demanda de la población, o construir en los que se tenga la ausencia del mismo. Para el tanque para la colonia Exclusivas de Petapa como un caso específico, se recomienda que la municipalidad de San Miguel Petapa asigne a personal calificado para que proceda a realizar un predimensionamiento del mismo y obtener cotizaciones para la selección de opciones y costos.



- Respecto los elementos que no pudieron ser incluidos en el análisis del presente estudio, se sugiere analizar y establecer una cuota que cubra los gastos de mantenimientos preventivos para la red de distribución y los equipos de bombeo.
- Para mantener una actualización periódica de los gastos en los que se incurre anualmente, comparados con los ingresos que la municipalidad recibe, se recomienda que el ejercicio se repita en un período no mayor a cinco años.
- Para mejorar la eficiencia técnica de los sistemas y equipos de bombeo, como describe en el presente estudio, se recomienda a la Municipalidad de San Miguel Petapa proceder con la sustitución de la tubería de impulsión y de equipos de bombeo para incrementar la producción de los pozos que así lo requieran.
- Como se propone en el presente estudio, se sugiere a la Municipalidad de San Miguel Petapa que proceda a aplicar tarifas con diferenciación de acuerdo con el uso de suelo de cada lote o inmueble, que como se explicó en los textos del presente estudio, dependiendo de dicho uso, así será el consumo de agua, pagando cada uno el justo precio por el consumo que registre su contador.
- No obstante el descenso de los niveles piezométricos de los pozos no fué objeto del presente estudio, es de todos conocido que dicho descenso es real, por lo que la aplicación de una política, programa o proyecto de índole municipal para la instalación de micro medidores de agua o contadores de agua, no solo confirmarán los datos teóricos de consumo calculados en el presente estudio, si no que generará conciencia en la población respecto el consumo del agua, estando el pago la tarifa vinculado de forma directa al consumo que el contador registre.



- Mantener actualización constante de las capas (shape file, como se le conoce en inglés) con la información SIG que fué generada en el presente estudio.

Agradecimientos

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del departamento de Guatemala (MGCS)

Ing. Thomas Henry
Gerente

Ing. Odulio Cotuc
Director de Proyectos

Arq. Diana Osorio
Coordinadora de Gestión de Información Territorial

Ing. Tom Luna
Profesional en Sistemas de Información Geográfica

USAC

Ing. Manuel Arrivillaga
Coordinador de EPS, USAC

Municipalidad de San Miguel Petapa

Ing. Cristian Alegre
Director de servicios públicos

Sr. Jorge Samayoa
Supervisor de Servicios Públicos

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Ing. Nadya Marylena Recinos España

Coordinadora del programa de seguridad hídrica en la región metropolitana de Guatemala y sus áreas de influencia (PROSEHIGUA)

Msc. Lucía García
Coordinadora del programa de seguridad hídrica en la región metropolitana de Guatemala y sus áreas de influencia (PROSEHIGUA)

Ing. Pablo Santos
Asistente técnico

*Olvidamos
que el
ciclo del agua
y el
ciclo de la vida
son uno
mismo*

Jacques Y. Cousteau

Guía para recolección de información sobre pozos municipales y predios, en la búsqueda de promover sostenibilidad hídrica:

Caso de análisis, Municipalidad de San Miguel Petapa