UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.

POR:

Jacqueline Andrea Par Rojas

CARNÉ: 201140484

Mazatenango, Septiembre 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.

Trabajo presentado a las autoridades del Centro Universitario del Suroccidente -CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-

Por:

Jacqueline Andrea Par Rojas

CARNÉ: 201140484

Previo a conferírsele el título que le acredita como: Ingeniero en Gestión Ambiental Local En el grado académico de Licenciada

Mazatenango, Septiembre 2015

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario del Suroccidente

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo Rector

Dr. Carlos Enrique Camey Rodas Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma Directora en funciones

Representante de Profesores

MSc. José Norberto Thomas Villatoro Secretario en funciones

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejia Vocal

Representantes Estudiantiles

TS. Elisa Raquel Martínez González Vocal

Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Msc. Jorge Rubén Sosof Vásquez

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Celso González Morales

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

MSc. Paola Marisol Rabanales

DEDICATORIA

A Dios

Porque todo se lo debo a Él, las palabras no alcanzan para agradecer tanto favor, cada día me ha mostrado su sublime gracia, su perfecto amor y en sus manos me ha sostenido cuando ya no he tenido fuerzas, mostrándome que en Él todo es posible. Gloria y honra a Dios que me ha permitido palpar el cumplimiento de su palabra en mi vida y hoy no solo es un padre espiritual sino un padre real. (Juan 14:6)

A mis padres

Edwin Enrique Par Grave (Q.E.P.D.), María Antonieta Rojas de Par y mi querida abuelita y madre María Catalina Reynoso Flores (Q.E.P.D.), quienes han sido la bendición y reflejo del amor de Dios en mi vida. Gracias por inspirarme, por ser un ejemplo de perseverancia, esfuerzo, valentía y por llenarme de tantas alegrías. ¡Lo logramos! Sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible.

A mi familia

Mi hermano Edwin Par, mi cuñada Vanessa, mis sobrinos, mi abuelita Elsa, Gemaly y en especial a mis tías, María Elena, Seida Par , Silvia Par y demás familia. Gracias a todos por su apoyo y cariño.

A mis amigos

Mi equipo de batalla en estos años de vida que hemos compartido, gracias por estar presentes en medio de todas las circunstancias, por apoyarme y creer en mí, lo mejor de la carrera fue conocerlos.

A mis asesoras

MSc. Karen Pérez e Inga. Sharon Quiñonez quienes han sido fundamentales en mi crecimiento profesional y por la especial amistad que hemos compartido.

Y muy especial

Ever Eduardo Marroquín Hernández por todo su apoyo, comprensión y amor tan pleno e incondicional, por estar presente en medio de la tempestad y ser la luz que cree en mí.

INDICE GENERAL

Cont	enido		Pá
l.	RESUME	EN	1
II.	INTROD	UCCIÓN	3
III.	MARCO	REFERENCIAL	5
	3.1 Infor	mación sobre el municipio de San José pa	Acatempa, 5
	3.1.1	Datos históricos del municipio de San José Jutiapa	Acatempa, 5
	3.1.2	Ubicación del municipio de San José	Acatempa,
		Jutiapa	5
		a. Límites territoriales	6
		b. Accesos al municipio	6
	3.1.3	Zonas de vida y clima	6
	3.1.4	Suelo	7
	3.1.5	Hidrología	7
	3.1.6	Fauna	8
	3.1.7	Flora	8
	3.1.8	División política	8
	3.1.9	Población	9
	3.1.10	Servicios básicos	10
		a. Educación	10
		b. Salud	10
		c. Energía eléctrica	
		d. Drenaje público	
		e. Manejo y tratamiento de aguas residualesf. Sistema de recolección de desechos	11 12
			12
	3.2 Siete	g. Servicio de agua potableemas de almacenamiento de agua potable del munici	
		Acatempa, Jutiapa	12
	3.2.1	• • •	temas de
	0.2.1	almacenamiento de agua potable del municipio de	
		Acatempa, Jutiapa	12
IV.	MARCO	TEÓRICO	18
		gua	18
		a potable	18
	4.2.1	Agua potable	18
		Calidad del agua	18
		Evaluación de la calidad del agua potable	19
		emas de almacenamiento y distribución	19
	4.3.1	Tipos de sistemas de almacenamiento de agua potable	19
	4.3.2	Componentes de los sistemas de almacenamiento y dis	
		agua potable de los sistemas por bombeo y gravedad	20

	Conteni	do	
		a. Fuente de abastecimiento de agua	21
		b. Línea de aducción	21
		c. Línea de impulsión	21
		d. Reservorio	21
		e. Caseta de bombeo	22
		f. Red de distribución	23
	4.3.3	Sistemas de agua potable según el manual de Normas	
		Sanitarias que establece los procesos y métodos de purificación	
		del Agua para consumo humano	23
	4.3.	.3.1 Descripción de los procesos para el tratamiento del agua	
		potable	24
		ual	27
	4.4.1	Manual de operación y mantenimiento	27
	4.4.2	Pasos para la realización de un manual de	
		operaciones	28
		a. Delimitación del procedimiento	28
		o. Recolección de información	28
	C	c. Análisis de la información y diseño de	
		procedimientos	29
		d. Elementos que integran el manual	30
		ecto legal	31
		Código municipal	31
		Código de salud	31
	4.5.3		
		Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en	
		Proyectos de Abastecimiento	32
		Política Nacional del Agua	33
	4.5.	4.1 Principales características de los sistemas de agua potable	
		de las municipalidades de Guatemala	33
	4 = =	Norma COGUANOR NTG 29 001	35
	4.5.5	Características del agua según la norma COGUANOR NTG 29	00
		001	36
		a. Físicas	36
		b. Químicas	37
٠,	OD IETI	c. Microbiológicas	38
	OBJETI'		39
VI.		IALES Y MÉTODOS	40
		eriales	40
		odos	40
		Área de estudio	40
	0.2.2	Calidad del agua	40
		a. Toma de muestras	41 42
		b. Parámetros analizados	42 42
		c. Interpretación de los resultados	42

	d. Entrevistas a fontaneros municipales 4	2
	e. Capacidad de almacenamiento de los tanques 4	2
	f. Caudal de entrada4	.3
	g. Planos de tanques de almacenamiento de agua	
	potable4	.3
6.2.3	Verificación del estado de los tanques de	
00	almacenamiento4	4
	a. Generacion del check list4	4
	b. Aplicación check list4	4
624	Elaboración de un manual de operación y mantenimiento de los	
0.2.4	sistemas de almacenamiento	5
	Λ	5
	a. Entrevista abierta a fontaneros municipales	5
	b. Análisis de la información y redacción	6
	4	6
\//I DE01	d. Socialización del manual4	8
	JLTADOS	
7.1 Calid	J 1	8
alma	acenamiento5	8
		2
		9
7.2 Esta	do de los tanques de almacenamiento de agua potable	
7.2.1	Hallazgos de la estructura física de los tanques de 5	9
	almacenamiento de agua potable	
7.2.2	Capacidad de los tanques de almacenamiento de los sistema 8	1
	de agua potable de San José Acatempa	
7.2.3	Planos de los tanques de almacenamiento de los sistemas de 8	3
	agua potable del San José Acatempa	
7.3 Man		3
	acenamiento de agua potable8	3
	Resumen de los componentes del manual	4
	Validación del manual	4
_	Socialización del manual	6
	CLUSIONES8	8
	DMENDACIONES9	0
	OGRAFIA9	3
	(OS	
	y .	4
AINEA	(O I: Mapas del municipio de San José Acatempa, ₁	00
4 N.I.		01
	(O II: Entrevista realizada a fontaneros municipales	02
	(O III: Formato de check list	
	(O IV: Formato de envió de muestras	03
ANEX	(O V: Planos de los tanques de almacenamiento de agua potable	
		04
ANEX	O VI: Manual de operación y mantenimiento de los sistemas	

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Titulo	Pág.
1	Total de hogares y proyección de habitantes para el año 2015 en el municipio de San José Acatempa, Jutiapa	9
2	Datos de niveles educativos de San José Acatempa del año 2015	10
3	Descripción de los componentes generales de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa	14
4	Resumen de los elementos que componen los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable en cada aldea del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	16
5	Características físicas que debe tener el agua para consumo humano según la Norma COGUANOR NTG 29 001	36
6	Características químicas que debe tener el agua para consumo humano según la Norma COGUANOR NTG 29 001	37
7	Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua según la norma COGUANOR NTG 29 001	38
8	Descripción y costo de los materiales invertidos en la investigación	40
9	Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma COGUANOR NTG 29 001	49
10	Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma COGUANOR NTG 29 001	50
11	Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma COGUANOR NTG 29 001	51
12	Resumen del análisis de la calidad del agua	51

Título

14	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea La Carretera	59
15	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea El Cujito	61
16	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea Llano Grande	64
17	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea San José Acatempa	66
18	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea El Tablón	68
19	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldeas Delicias y Valle Abajo	71
20	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea Carpintero	73
21	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea Calderas	75
22	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea Tunillas	77
23	Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea La Ceibita	79
	ÍNDICE DE FIGURAS	
No.	Título	Pág.
1	Esquema del proceso básico de tratamiento de agua potable	23
2	Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua entubada de aldea La Carretera Diagrama de obras accesorias para el sistema de	54
3	almacenamiento de agua potable de aldea La Carretera	54

4	Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua entubada de aldea Calderas	56
5	Diagrama de obras accesorias para el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea Calderas	56
6	Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua entubada de aldea La Ceibita	58
7	Diagrama de obras accesorias para el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea La Ceibita	58
8	Capacitación realizada al personal administrativo y de campo de la oficina de agua potable de la municipalidad de San José Acatempa	85

I. RESUMEN

El municipio de San José Acatempa, se encuentra ubicado al oeste del departamento de Jutiapa, en la región sur-oriental del país. Está dividido en 11 aldeas y el casco urbano. Según proyecciones del INE para el año 2015 la población asciende a 14,476.

El servicio de agua potable en todo el municipio es abastecido a través de 11 sistemas de distribución, de los cuales el 80% son fuentes subterráneas y 20% de ríos. Dichos sistemas no cuentan con ningún tipo de tratamiento primario ni secundario, y únicamente nueve de ellos cuentan con la fase de desinfección. Debido a que la actividad económica del municipio es la agricultura, y gracias al crecimiento de la población; las áreas que anteriormente eran de protección hoy se utilizan para pastoreo y crianza de animales domésticos, todo ello ha contribuido a la contaminación del agua subterránea y superficial, surge entonces la necesidad de evaluar la calidad del agua suministrada en el servicio municipal y con ello dotar a las autoridades municipales de herramientas que ayuden a la toma de decisiones, contribuyendo al bienestar de la población del municipio.

La investigación tiene como objetivo general: Evaluar los sistemas de almacenamiento y calidad del agua potable del municipio; y como objetivos específicos: 1. Determinar la calidad del agua potable de acuerdo a la norma COGUANOR NTG 29001, 2. Verificar el estado de los sistemas de almacenamiento de agua potable y 3. Proponer un manual de operación y mantenimiento para el sistema.

La metodología para el alcance de los objetivos establecidos incluyó el análisis de los parámetros físicos, químicos, y microbiológicos establecidos en la norma COGUANOR NTG 29001, para ello se contrataron los servicios de la empresa ECOQUIMSA, S.A.; en total se tomaron 11 muestras, correspondientes a los sistemas que actualmente funcionan en el municipio. También se calculó el caudal en entrada y salida de cada tanque de los 11 sistemas, así como la capacidad de almacenamiento; utilizando un check list de las características deseadas de los tanques se evaluó cada uno y por último se generaron los planos correspondientes.

Con base a los resultados obtenidos de las actividades anteriores, se redactó un manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento con el objeto de proporcionar a la municipalidad una herramienta que sirva a los empleados del sistema a mejorar su trabajo y como consecuencia la calidad del agua suministrada.

Los resultados de la evaluación del agua demostraron que de los 11 sistemas existentes, tres no cumplen con los parámetros establecidos en la norma COGUANOR 29001 ya que se encontró presencia de coliformes totales y *Escherichia coli.*; según hallazgos durante la aplicación del check list, se determinó que el agua proporcionada por este sistema no es clorada, por tal motivo se sugiere que se implemente un sistema de desinfección que permita mejorar la calidad del agua.

El 60% de los tanques tiene daños en su infraestructura, el 80% cuenta con tapadera que asegura el tanque, y el acceso al mismo cuenta con una medición superior a 60x60 cm; más del 60% cuenta con escalera exterior para el ingreso al tanque, el 100% de los tanques cuentan con escalera interior de hierro, los cuales no cuentan con protección anticorrosiva, lo que permite la contaminación del agua almacenada. Las paredes internas del 100% de los tanques no están cubiertos con pintura epóxica, lo que permite que se adhieran sedimentos, desarrollen hongos y patógenos que pueden contaminar el agua, además de la inexistencia de curvas sanitarias que evitan la proliferación de patógenos. Debido a que el 60% de los tanques no cuenta con válvula de limpieza y desnivel en el piso el lavado no se realiza con frecuencia provocando la acumulación de sedimentos y otros contaminantes del agua.

Con base a los resultados obtenidos se generó un manual de operación y mantenimiento de los sistemas, el cual incluye las actividades que permiten operar de manera eficiente; este fue validado por el personal encargado del sistema y socializado con todos los involucrados para sensibilizar acerca de la importancia de su aplicación para mejorar la calidad del agua potable.

II. INTRODUCCIÓN

La evaluación de los sistemas de almacenamiento y calidad del agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa, se llevó a cabo durante los meses de febrero-agosto del año 2015, el área de estudio fueron los 12 lugares poblados del municipio, los cuales según estimaciones del INE (2002) cuentan con una población de 14.476.

Ésta investigación surge a partir de la necesidad encontrada en la fase de diagnóstico, en donde se identificó la carencia de registros sobre la calidad del agua del servicio municipal, debido a ello se determinó el objetivo general de la investigación, el cual fue evaluar la calidad de los sistemas de almacenamiento y agua potable de los sistemas tomando como base lo establecido en la norma COGUANOR NTG 29001, la cual a nivel nacional establece los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para consumo humano. Como objetivos específicos: Determinar la calidad del agua potable, verificar el estado de los sistemas de almacenamiento y proponer un manual de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable del municipio.

Para alcanzar los objetivos fueron desarrolladas actividades como: toma de 11 muestras de agua para los análisis químicos, físicos y microbiológicos, para esto se contrataron los servicios de una empresa privada, certificada a nivel nacional. Además se realizaron entrevistas, observaciones de campo, aplicación de check list y revisión de literatura que permitió la redacción del manual propuesto.

Los resultados de la investigación demostraron que de los 11 sistemas de agua potable nueve cumplen con lo establecido en la norma COGUANOR NTG 29001, y tres de ellas no cumplen con los parámetros microbiológicos, por lo tanto no son aptas para consumo humano; razón por la que debe implementarse el proceso de desinfección para mejorar la calidad del agua.

La aplicación del check list a los sistemas de almacenamiento de agua permitió determinar que estos en general tienen aspectos que deben mejorar para evitar la contaminación del agua en esta fase del sistema.

Por último, el manual propuesto contiene los procedimientos y actividades que debe realizar el personal dentro del sistema para poder mejorar su funcionamiento y así garantizarle a la población el abastecimiento de agua de calidad.

III. MARCO REFERENCIAL

3.1 Información sobre el municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

3.1.1 Datos históricos del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

Durante el siglo XVII el municipio se conocía como el Valle de Lazacualpa, en cuya época se denominaba valles a los caseríos de los españoles e indios. Tiempo después el valle pasó a formar parte del departamento de Santa Rosa, con el nombre de Azacualpa a partir de la creación del decreto del 9 de mayo de 1852. Pero por el acuerdo Gubernativo del 7 de junio de 1954 fue nuevamente designado al departamento de Jutiapa y seguía teniendo el mismo nombre, hasta el año de 1941 en el periodo de Jorge Ubico Castañeda quien cambió el nombre a San José Acatempa, con el que sigue identificándose en el 2015. (Herrera et al., 2013).

Partiendo de antiguas historias que se han desarrollado alrededor del municipio se dice que los habitantes son de origen húngaro, pertenecientes a una mezcla entre gitanos y españoles, estos se caracterizan por que en su mayoría son de piel blanca y ojos claros, por lo que a sus pobladores se les nombra como "cachillas" o "Catempas". (Agencia Municipal de Extensión Rural MAGA, 2013)

Desde sus inicios se tiene conocimiento que el pueblo se ha dedicado a la actividad agrícola, una peculiaridad del municipio es que existe una coexistencia comunitaria en la propiedad de la tierra que los hace distintivos en toda la República. (Herrera et al., 2013).

3.1.2 Ubicación del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

El municipio de San José Acatempa se ubica al oeste del departamento de Jutiapa, de la república de Guatemala, en la Región IV o Región Sur-Oriental. (Castañeda et al., 2005).

Según Hernández (2015), el municipio cuenta con una extensión territorial de 128.69 kilómetros cuadrados, según estudio técnico realizado por el Instituto

Geográfico Nacional (IGN) en el año 2013 y se encuentra a 1,325 metros sobre el nivel del mar dentro de las coordenadas: Latitud 14° 15' 44" y Longitud 90° 07' 46". En el Anexo I, pág. No. 95, se encuentra el mapa de ubicación del municipio.

a. Límites territoriales

San José Acatempa limita con Casillas al norte (Santa Rosa), con Quesada y Jalpatagua al este (Jutiapa), al sur con Jalpatagua (Jutiapa) y Oratorio (Santa Rosa) y al oeste con Oratorio y Cuilapa (Santa Rosa). (Herrera et al., 2013).

En el anexo I, pág. No. 96, se puede observar el mapa de los límites del municipio de San José Acatempa.

b. Acceso al municipio

Para llegar al municipio de San José Acatempa, se toma la carretera CA-1 partiendo desde la capital, luego se atraviesan los municipios de Barberena y Cuilapa (Santa Rosa).

3.1.3 Zonas de vida y clima

Debido a la geografía del lugar la temperatura se caracteriza por estar entre los 20 y 26 grados centígrados (°C), la temperatura máxima es de 33 °C, durante los meses de marzo y abril, también conocida como época seca y la mínima de 9 °C, en los meses de noviembre a diciembre, también llamada época fría. (Herrera et al., 2013).

El municipio de San José Acatempa tiene en su mayoría un Bosque Húmedo Subtropical, templado (BHST) según la clasificación de Holdridge.

En el anexo I, pág. No.97 se ubica el mapa de las zonas de vida de San José Acatempa.

3.1.4 Suelo

Según Agencia Municipal de Extensión, MAGA (2013). Por sus características los suelos del municipio de San José Acatempa tienen la capacidad de ser agrícolas y se clasifican en:

- Franco arcillosos 80%
- Arcilloso 20%

En la pág. No.98, en Anexo I, se puede observar más a detalle la clasificación de los suelos dentro del municipio de San José Acatempa.

3.1.5 Hidrología

El municipio de San José Acatempa, cuenta con fuentes de recarga hídrica, entre las cuales se puede mencionar: nacimientos, ríos, riachuelos y quebradas. (Castañeda et al, 2005).

Algunos nacimientos son utilizados en los sistemas de gravedad para agua entubada; los ríos usualmente son aprovechados para los cultivos, aunque en poca medida y para uso animal en algunas ocasiones. Debido a varios factores ha disminuido el caudal de las fuentes por ejemplo: la deforestación, uso inmoderado del agua, el cambio climático, etc. (Herrera et al, 2013).

En el Anexo I: en la página No. 99 Se encuentra el mapa de los principales ríos y quebradas del municipio.

Los principales ríos identificados son: Río Ingenio, río Blanco, río Grande y río los Muertos. Las quebradas que alimentan principalmente a los ríos son: Piedra Grande, El Jute, Los Indios, El Chorro, La Cruz, El Riíto, El Maguey, etc. (Castañeda et al, 2005).

3.1.6 Fauna

La fauna predominante del municipio actualmente es la siguiente: Venado, tacuacín, ardillas, conejos, armadillos, gato de monte, coyote, pizote, micoleón, serpiente, coche de monte, tigrillo. Las especies amenazadas son aquellas utilizadas por la población como un artículo decorativo en sus hogares, como venados, armadillos, tigrillo, etc. (Herrera et al., 2013).

3.1.7 Flora

El territorio se caracterizaba por tener especies nativas vegetales especiales de la región pero a través de los años estas especies han disminuido considerablemente.

El municipio cuenta con una flora variada en especies vegetales y son empleadas para satisfacer diferentes necesidades; algunas hojas, frutos y semillas se utilizan como alimento, entre las cuales están el guachipilín, apazote, árboles frutales como: mango, manzana rosa, matasano, níspero, naranja y banano. (Herrera et al., 2013).

3.1.8 División política

La división política se encuentra conformada por los diferentes centros poblados del área rural y urbana. (Herrera et al. 2013).

Según Herrera, (2012) en San José Acatempa se encuentra registrado un pueblo, 11 aldeas y tres caseríos.

- Pueblo: San José Acatempa.
- Aldeas: La Carretera, Llano Grande, El Cujito, El Copante, Las Delicias, El Tablón, Valle Abajo, Carpintero, Calderas, Tunillas y La Ceibita.
- Caseríos: Monte Redondo, El Pino y Las Vegas.

3.1.9 Población

Para el año 2015 la población del municipio asciende a 14,476 habitantes según INE (2002) y la tasa de crecimiento poblacional es del 1.24% designada para el municipio de San José Acatempa.

En el siguiente cuadro se detalla la información de la cantidad de hogares por lugar poblado con un promedio de cinco habitantes por familia. (Centro de Salud del municipio de San José Acatempa, 2015.)

Cuadro No. 1 Total de hogares y proyección de habitantes para el año 2015 en el municipio de San José Acatempa, Jutiapa

Lugar poblado	No. De hogares	Proyección de habitantes 2015		
Pueblo de San José Acatempa	992	4,960		
Aldea la Carretera	175	875		
Aldea Llano grande	710	3,550		
Aldea El Cujito	108	540		
Aldea el Copante	78	390		
Aldea el Tablón	111	555		
Aldea las Delicias	210	1,050		
Aldea Valle Abajo	105	525		
Aldea Carpintero	250	1,250		
Aldea Tunillas	408	2,040		
Aldea La Ceibita	450	2,250		
Aldea Calderas	220	1,100		
Caserío las Vegas	50	250		
Caserío el Pino	18	90		
Caserío Monte Redondo	15	75		
Total	3,900	19,500		

Fuente: La autora, con base a datos proporcionados por censo realizado por vectores del Centro de Salud de San José Acatempa, Jutiapa. 2015.

3.1.10 Servicios básicos

a. Educación

Según los datos del portal del Ministerio de Educación (2015) en el municipio de San José Acatempa actualmente existen 35 establecimientos que dan cobertura en los niveles pre- primario, primario, básico y diversificado.

Cuadro No.2 Datos de los niveles educativos de San José Acatempa del año 2015.

Nivel escolar	Inscritos	Tasa bruta %	Tasa neta %
Pre-primario	555	129.3	92.7
Primario	1719	142.9	122.2
Básico	553	102.5	76.9
Diversificado	29	6	5.1

Fuente: La autora, con base a los datos del Ministerio de Educación en línea, 2015.

Como se puede observar en el cuadro No.2 el nivel primario es el que tiene mayor afluencia de niños dentro del municipio y el nivel diversificado es el que cuenta con menor afluencia ya que el 80% de los jóvenes prefieren estudiar en la cabecera departamental.

b. Salud

En el casco urbano del municipio actualmente funciona un Centro de Salud tipo "B", el cual cuenta con instalaciones adecuadas para la atención de medicina general, enfermería, hipodermias, curaciones, cirugía menor, exámenes de Papanicolaou y psicología clínica. Así mismo en el área rural, en aldea La Ceibita se encuentra puesto de salud, el cual cuenta con un equipo que atiende primeros auxilios y enfermedades comunes. Actualmente es atendido por un auxiliar de enfermería; en el caso de intervenciones quirúrgicas son referidos al Hospital Nacional de Jutiapa. (Herrera et al., 2013).

c. Energía eléctrica

Actualmente el servicio de energía eléctrica en los hogares es proporcionado por ENERGUATE, administrado por la municipalidad de San José Acatempa, Jutiapa. (Salazar, 2015).

d. Drenaje público

Según información brindada por la Dirección Municipal de Planificación (2015) el 36% de los hogares del municipio cuentan con un servicio de drenaje y alcantarillado, siendo el casco urbano el territorio que cuenta con el 30% de este servicio y la aldea Llano Grande con el 6%. El sistema de drenaje no tiene separación en la tubería entre las aguas pluviales y las aguas residuales.

El agua de red de drenaje público de la cabecera municipal, descarga sus aguas hacia tres puntos. El 80% es dirigido a la PTAR municipal, el otro 19% es dirigido a dos fosas sépticas y el 1% son aquellas casas que ilegalmente descargan directamente, las aguas a los riachuelos. Finalmente todas las aguas son descargadas a la quebrada el Riíto. (Cabrera, 2015)

El 64% de los hogares en las aldeas del municipio aún no cuentan con el servicio de drenaje y alcantarillado. (Salazar, 2015).

e. Manejo y tratamiento de las aguas residuales

Actualmente las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San José Acatempa, son las únicas dirigidas a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), sólo el 80% de la red del drenaje de aguas residuales, está conectado a esta planta y el otro 20% está conectado a dos fosas sépticas que no reciben ningún tipo de mantenimiento. (Cabrera 2015).

La PTAR se encuentra ubicada en el sector llamado las Pericas, dentro de un terreno municipal, actualmente la planta tiene problemas en su funcionamiento e infraestructura lo cual afecta la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales, y en ocasiones es suspendida su marcha. Las aguas ya "tratadas" son descargadas al río Grande. (Barahona, 2015).

Uno de los sistemas de fosas sépticas se ubica en el Barrio Arriba se le conoce como el Riíto y la segunda fosa séptica se encuentra ubicada en la calzada las Pericas, estos sistemas de tratamiento no reciben mantenimiento constante. (Salazar, 2015)

f. Sistema de recolección de desechos

Actualmente la municipalidad brinda a la población del casco urbano de San José Acatempa, el servicio de recolección de desechos, así como para las escuelas de las aldeas, este servicio tiene costo de Q20.00 mensuales que cubre el servicio de recolección de basura y de agua potable. Además existe un tren de aseo municipal que recoge los desechos de las principales calles y del parque central del municipio. Actualmente aún no se cuenta con un basurero municipal, por lo que son llevados a un predio particular para ser depositados en un vertedero no controlado.

g. Servicio de agua potable.

Actualmente se presta el servicio de agua entubada a la mayoría de la población del municipio, con excepción del caserío Las Vegas, al cual se le está realizando el proceso respectivo para implementar el servicio de agua potable. (Hernández, 2015).

Según el registro municipal del año 2015, son 3,526 hogares que cuentan con el servicio de agua potable, este dato no incluye a los hogares de las aldeas La Carretera y La Ceibita. En el caso de estas dos aldeas a los usuarios no se les cobra el servicio de agua entubada, ya que el tipo de sistema de distribución es por gravedad, por lo que aparentemente para la municipalidad no se invierten recursos. (Cabrera, 2015)

Actualmente en los sistemas de almacenamiento de agua potable el único tratamiento que se le da al agua es la cloración, utilizando pastillas de hipoclorito de calcio al 90%. Una vez al mes se realiza el lavado de tanques para evitar algún tipo de contaminación. (Cabrera, 2015)

3.2 Sistema de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

3.2.1 Descripción del funcionamiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

Según Cabrera (2015) actualmente los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa funcionan de dos maneras:

- **a.** Por gravedad
- **b.** Por Bombeo

El sistema por gravedad, como lo describe su nombre, utiliza la fuerza de gravedad como energía para funcionar lo que implica para la municipalidad hace una menor inversión para su mantenimiento, esto a su vez beneficia a las aldeas que cuentan con este tipo de sistemas ya que son los únicos que reciben agua más de 12 horas diarias o las 24 horas a diferencia de las aldeas que cuentan un sistema por bombeo.

En el caso del sistema por bombeo debido a la inversión que debe realizarse por el combustible y el mantenimiento de la bomba sumergible, no permite a la municipalidad brindar constantemente el servicio a las aldeas, lo cual hace que para la población sea deficiente, además por la ineficiencia en la recolección del cobro por el servicio no se cuenta con el recurso económico capaz de mantener el servicio.

Cuadro No. 3 Descripción de los componentes generales de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa.

Característica	Sistema por bombeo	Sistema por gravedad	Observación
Fuente de abastecimiento: El 80% son fuentes subterráneas que abastecen a los sistemas y el otro 20% es por medio de captaciones en corrientes de ríos y una captación de un manantial o nacimiento natural.	X	X	
Línea de aducción: es la tubería que lleva el agua de la captación al tanque de almacenamiento.		X	Este componente es utilizado por sistemas gravedad
Caseta de bombeo: es la instalación donde se encuentra el equipo de bombeo, ésta protege la bomba	X		Se utiliza en los sistemas por bombeo
Línea de impulsión: es parte del sistema por bombeo, es la tubería que lleva el agua de la bomba al tanque de almacenamiento.	X		
Tanque de almacenamiento: Son los reservorios destinados a almacenar y suministrar el agua con presión, la estructura es de concreto, se caracterizan por tener en su parte interna una forma rectangular y en su parte externa una forma semejante al trapecio, de manera general son las características principales de los tanques de almacenamiento de San José Acatempa.	X	X	
Característica	Sistema	Sistema	Observación

	por bombeo	por gravedad	
Proceso de desinfección: el agua es			Existen dos
desinfectada a través de un sistema de	•		sistemas por
cloración, compuesto por una tubería	X	X	bombeo y
que se encuentra instalada dentro del	~ ~	•	tres por
tanque que capta agua del tubo de			gravedad que
entrada, luego la pasa por el clorador			no cuentan
que contiene tricloro en tableta al 95%			con el
y luego se reincorpora al agua			proceso de
almacenada en el tanque			desinfección.
Red de distribución: se encuentra			
compuesta por tuberías que			
suministran el agua a los diferentes	4.5	4.4	
sectores de las comunidades.	Y	Y	
	^	^	

Fuente: La autora, con base a entrevista realizada a Cabrera, 2015.

De manera general estos dos tipos de sistemas no cuentan con procesos tan complejos para el tratamiento del agua, ya que debido a sus características, el agua no requiere mayor tratamiento, siendo uno de los componentes más importantes en cada sistema el proceso de desinfección.

Uno de los aspectos fundamentales para asegurar un buen funcionamiento de estos sistemas, es la realización de un mantenimiento adecuado para cada uno de los componentes, lo cual fortalece no solo la calidad del servicio, sino su durabilidad.

Cuadro No. 4 Resumen de los elementos que componen los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable en cada aldea del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

No.	Área que cubre el sistema	Tanques de almacenamiento	Sistema por bombeo	Sistema por gravedad	Fontaneros a cargo	Tratamiento de desinfección	Tipo de fuente de captación de agua
1	Aldea La Carretera	1	0	1	Un representante del COCODE	No	Nacimiento natural
2	Aldea Llano Grande	1	2	0	2	Si	Agua subterránea
3	Aldea El Cujito	1	1	0	2	Si	Agua subterránea
4	Aldeas Valle Abajo y Delicias	1	1	0	2	Si	Agua subterránea
5	Aldea el Tablón	1	1	0	1	Si	Agua subterránea
6	Aldea Calderas	1	1	0	1	Si	Agua subterránea
7	Aldea Tunillas	1	1	0	2	Si	Agua subterránea
8	Pueblo de San José Acatempa	2	2	0	2	Si	Agua subterránea
9	Aldea El Copante	Distribución directa	1	0	2	No	Agua subterránea
10	Aldea Carpintero	1	1	0	2	Si	Agua subterránea
11	Aldea la Ceibita	2	1	2	2	No	Agua subterránea y agua de dos nacimientos

Fuente: La autora, con base a entrevista realizada a Cabrera, 2015.

Según el cuadro No. 4 los sistemas de todo el municipio tienen las siguientes características:

- 12 aldeas cuentan con el servicio de agua potable, dos de ellas utilizan el mismo sistema de almacenamiento de agua potable.
- En total son 11 sistemas de distribución y almacenamiento de agua potable; el sistema de San José Acatempa, cuenta con dos tanques de almacenamiento y dos sistemas por bombeo. El sistema de aldea la Ceibita cuenta con dos tanques de almacenamiento por gravedad y un sistema adicional por bombeo.
- El municipio cuenta con 11 sistemas de almacenamiento.
- Son nueve sistemas por bombeo y dos sistemas por gravedad en todo el municipio.
- Son 18 fontaneros municipales y un representante del COCODE los encargados del funcionamiento de los tanques de almacenamiento en todo el municipio.
- De los 11 sistemas ocho cuentan con sistema de desinfección y tres aun no cuentan con esta fase dentro de su sistema.
- El agua es captada de tres riachuelos los cuales se utilizan en los sistemas por gravedad y los otros utilizan fuentes subterráneas.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 El agua

Carbajal y Gonzáles (2012) determinan que el agua es una sustancia esencial para la vida con excepcionales propiedades consecuencia de su composición y estructura. Siendo una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes.

4.2 Agua potable

4.2.1 Agua potable

El agua es potable cuando este líquido no representa un peligro para la salud del ser humano, ya que sus características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas y se determina que estos elementos se encuentran dentro de los parámetros aceptables ya establecidos por normas nacionales e internacionales que han estudiado que son tolerables por el hombre. (OMS, 2006)

Según la norma Coguanor NTG 29 001 es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor y cumple con lo establecido en esta norma.

El agua potable según el decreto 1148-2009, "Manual de normas sanitarias, que establece los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano" que por sus características de calidad, cumple con lo establecido en la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones, COGUANOR NTG 29 001, Primera Revisión; o bien, la norma vigente de especificaciones para agua potable.

4.2.2 Calidad del agua

La calidad del agua es definida por sus características físicas, químicas y microbiológicas ya que luego de haber sido tratadas y analizadas éstas deben

estar dentro de los parámetros aceptables para el consumo humano, asegurando que no causen ninguna enfermedad. (CARE internacional- AVINA, 2012).

Según Lenntech (2006) la calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos.

4.2.3 Evaluación de la calidad del agua potable

En Guatemala podemos evaluar la calidad del agua entubada por medio de la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento del Ministerio de Salud pública y Asistencia Social, está certifica que es apta para el consumo humano ya que cumple con los procesos de certificación establecidos en la Acuerdo Gubernativo 178-2009.

Así mismo la norma guatemalteca COGUANOR NTG 29001, establece los parámetros, físicos, químicos y microbiológicos que debe tener el agua para que sea apta para consumo humano, esto se comprueba a través de la realización del análisis de la muestra de agua.

4.3 Sistema de almacenamiento y distribución de agua potable

Un sistema de almacenamiento y distribución de agua potable, es un conjunto de estructuras utilizadas para llevar el agua a una determinada población, este consta de diferentes procesos fundamentales para que sea posible que el agua sea apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se encuentren fuera de los límites establecidos que pueden afectar la salud humana. (Gonzales S, Gilberto, 2012).

4.3.1 Tipos de sistemas de almacenamiento de agua potable.

Los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable deben adaptarse de acuerdo a la calidad de agua captada con el propósito de que sea apta para consumo humano.

Estos sistemas están enfocados a tratar las características del agua que partiendo de una análisis físico, químico y microbiológico se hayan identificado y determinado el tipo de tratamiento que necesite. Dentro de los sistemas de almacenamiento de agua potable tenemos las siguientes opciones:

- Por bombeo: Este tipo de sistemas tienen la fuente de agua al nivel de la parte más baja en relación a la comunidad. La fuente de abastecimiento puede ser un pozo. Se necesita un equipo de bombeo para elevar el agua y dar presión en la red de distribución.
- Por gravedad: Este tipo de sistemas se caracteriza por que la fuente de agua está a mayor altura en relación a la población. El agua es suministrada a la comunidad por gravedad. La fuente de abastecimiento usualmente proviene de un manantial o galería filtrante
- Y las propuestas que indica el Manual de normas Sanitarias creado por el Congreso de la República de Guatemala (2009) donde fueron establecidos los procesos y métodos básicos para el tratamiento de agua potable en los sistemas de almacenamiento y distribución, con la finalidad tener una guía para la construcción de los sistemas.

4.3.2 Componentes de los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable de los sistemas por bombeo y gravedad.

Según el Ministerio de Agua de Bolivia (2007) los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable, se caracterizan por contar con los siguientes componentes:

a. Fuente de abastecimiento de agua.

Según Ministerio de Agua de Bolivia (2007), en el entorno natural podemos encontrar tres fuentes de agua, estas son:

Atmosféricas:

El agua de lluvia es una alternativa que puede aprovecharse durante la época del año donde es abundante y almacenarse para la época seca.

Superficiales:

Es el agua que puede aprovecharse de ríos, lagos, arroyos y represas.

• Subterráneas:

De las aguas que se filtran en la tierra y se almacenan en zonas porosas a diferentes profundidades. Incluye pozos, manantiales y galerías filtrantes.

b. Línea de aducción

En sistemas por gravedad, es la tubería que lleva el agua de la captación al tanque de almacenamiento. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

c. Línea de impulsión

En el sistema por bombeo, es la tubería que lleva el agua de bomba al tanque de almacenamiento. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

d. Reservorio

Es un depósito de concreto que sirve para almacenar y controlar el agua que se distribuye a la población, además de garantizar su disponibilidad continua en el mayor tiempo posible. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

Partes del reservorio:

Tubería de ventilación

Permite la circulación del aire, tiene una malla que evita el ingreso de cuerpos extraños al tanque de almacenamiento. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

• Tapa sanitaria

Tapa metálica que permite el ingreso al inferior del reservorio, para realizar la limpieza, desinfección y cloración.

• Tanque de almacenamiento

Es un depósito de concreto que puede ser de forma circular o cuadrada para almacenar el agua.

• Tubo de rebose

Accesorio que sirve para eliminar el agua excedente.

• Tubería de salida

Es una Tubería de PVC que permite la salida del agua a la red de distribución.

Tubería de rebose y limpia

Sirve para eliminar el agua excedente y para realizar el mantenimiento del reservorio.

e. Caseta de bombeo

En el sistema por bombeo, comprende la instalación del equipo de bombeo y la caseta de protección y está destinada a elevar el agua. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

f. Red de distribución

Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan para conducir el agua desde el reservorio hasta la toma domiciliaria o piletas públicas. (Ministerio de Agua de Bolivia, 2007)

4.3.3 Sistema de agua potable según el manual de Normas Sanitarias que establece los procesos y métodos de purificación del Agua para consumo humano.

Este manual propone los procedimientos básicos que debe tener un sistema de tratamiento de agua potable, el tratamiento que se aplica al agua depende de las características físicas, químicas y/o microbiológicas.

El proceso básico para la purificación del agua establecido en el manual, según el Ministerio de Salud (2009) se puede observar en el siguiente esquema.

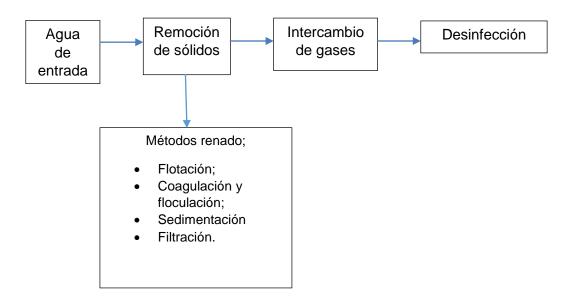


Figura No.1 Esquema del proceso básico de tratamiento de agua potable establecido en el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Fuente: La autora, con base al Acuerdo Ministerial 1148-2009

4.3.3.1 Descripción de los procesos para el tratamiento del agua potable

Según el Congreso de la República en Acuerdo Ministerial 1148-2009 describe los procesos del tratamiento del agua de la siguiente manera:

Remoción de sólidos

En este proceso son extraídas todas aquellas sustancias sólidas, disueltas o no, que interfieren con otros procesos y métodos de purificación o que alteran la calidad sanitaria y estética del agua. Los métodos que pueden aplicarse para remoción de solidos son los siguientes:

✓ Remoción de sólidos gruesos

Se debe aplicar para la remoción física de sólidos de tamaño relativamente grande, de más densos o menos densos que el agua, como rocas, ramas, hojas de árboles y otros; principalmente cuando las fuentes son superficiales. En su aplicación se deben utilizar mecanismos que impidan el paso de sólidos gruesos hacia las unidades de aplicación de otros procesos y métodos de purificación del agua.

✓ Desarenado

Se aplica para la remoción física de arena y otras partículas que se sedimentan de manera rápida. En su aplicación se deben utilizar unidades que permitan remover las arenas y otras partículas similares y se pueda proceder a su remoción manual o mecánica.

√ Flotación

Debe ser aplicado para la remoción física de sustancias menos densas que el agua e insolubles en ésta; tales como los aceites, las grasas y otras sustancias similares. Este método se debe aplicar por medio de tanques o depósitos que, por su diseño, permitan que tales materiales floten, para proceder a su acumulación y remoción manual o mecánica.

✓ Coagulación floculación

Se debe aplicar para la purificación de agua que contenga partículas que, por su tamaño y carga superficial, requieren la alteración electroquímica del agua para ser removidas. Debe ser aplicado bajo las siguientes circunstancias:

- a) Obligatoriamente, previo al uso del método de filtración rápida.
- **b)** Para reducir la turbiedad a un nivel menor que veinte unidades nefelométricas de turbiedad; previo a la aplicación del método de filtración lenta.
- c) Para la remoción de hierro o manganeso, cuando estos parámetros sobrepasen los límites máximos permisibles establecidos para ellos, en la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones, COGUANOR NTG 29 001, en la norma vigente de especificaciones para agua potable. Seguido a la aplicación de este método, es obligatorio el empleo de filtración lenta; o bien, de sedimentación y filtración rápida, según corresponda.

✓ Sedimentación

Utilizada para la remoción de partículas insolubles presentes en el agua que, por su tamaño y densidad sean consideradas como sólidos sedimentables. Este método se debe aplicar por medio de tanques diseñados de manera que se logre que las partículas se depositen en el fondo y puedan extraerse manualmente o por medios mecánicos; siendo de especial utilidad para la reducción de la carga a los filtros.

√ Filtración

Aplicar obligatoriamente cuando el agua no tenga como origen una fuente con filtración natural. Sirve para remover microorganismos patógenos, tales como helmintos y sus huevos, protozoarios y bacterias; así como para disminuir la turbiedad del agua cuando ésta supera el límite máximo permisible establecido por la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones, COGUANOR Ntg 29 001,

Primera Revisión; o bien, la norma vigente de especificaciones para agua potable. Existen dos formas para aplicar el método de filtración:

- a) Filtración lenta: Debe aplicarse en aguas cuya turbiedad no exceda las veinte unidades nefelométricas de turbiedad, utilizando una capa de arena de no menos de cincuenta centímetros de espesor, con tamaño específico de grano no mayor de cuatrocientas micras y coeficiente de uniformidad entre dos y tres. La velocidad de filtración no debe exceder de siete metros por día.
- b) Filtración rápida: Se debe realizar por medio de filtros de arena, antracita u otros materiales granulares con tamaño efectivo no mayor de seiscientas micras y coeficiente de uniformidad entre uno punto cinco y dos punto cinco. El agua a ser filtrada debe ser sometida previamente al método de coagulación y floculación, así como a sedimentación; todos, con períodos de retención no menores de noventa minutos. La velocidad de filtración no debe exceder doscientos cuarenta metros por día.

Intercambio de gases

El proceso de intercambio de gases consiste en la extracción o adición de gases al agua sometida a tratamiento. Se establece la aereación como método para el proceso de intercambio de gases.

Desinfección

El proceso de desinfección es obligatorio para cualquier sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. Se establecen como métodos para el proceso de desinfección los siguientes:

- a) Aplicación de cloro o sus derivados
- b) Aplicación de ozono
- c) Aplicación de radiación ultravioleta.

4.4 Manual

Gonzales (2012) indica que un manual es un instrumento o herramienta de trabajo que contiene el conjunto de normas y tareas que desarrolla cada funcionario en sus actividades cotidianas y será elaborado técnicamente basados en los respectivos procedimientos, sistemas, normas y que resumen el establecimiento de guías y orientaciones para desarrollar las rutinas o labores cotidianas.

4.4.1 Manual de operación y mantenimiento

Un manual de operación y mantenimiento es un documento que describe las acciones de operación y mantenimiento que permitirán tener el control del funcionamiento del sistema de almacenamiento y distribución de agua potable, capaz de contar con las condiciones adecuadas para realizar un desarrollo eficaz y eficiente. (Sociedad de aguas de Antiqueño S.A. 2010)

El manual indica cada una de las acciones que debe realizarse en cada proceso y el personal encargado de ejecutarlas, planteadas desde un punto compresible para el ejecutor.

Según CARE internacional- AVINA (2012) una adecuada operación y mantenimiento sumados a una correcta composición del sistema, pueden garantizar un servicio de calidad. Además debe de tomarse muy en cuenta que el desarrollo de las actividades para que funcione el sistema son un trabajo en conjunto entre quien presta el servicio y la comunidad ya que si cada parte no realiza lo que le corresponde se crean conflictos que llegan afectar hasta la vida útil de las infraestructuras. Lo cual llega a ser un gasto para la organización y el servicio llega a ser deficiente.

4.4.2 Pasos para la realización de un manual de operaciones

Según la guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos, deben de realizarse los siguientes pasos para la elaboración del manual de operaciones (Secretaria de relaciones exteriores, 2004):

a. Delimitación del procedimiento

Debe de establecerse el área del estudio para determinar los procedimientos necesarios para la redacción del manual.

b. Recolección de información

Es necesario recabar los documentos y los datos, que una vez organizados, analizados y sistematizados permitan conocer los procesos tal y como deben operar posteriormente al realizar los ajustes convenientes.

Para recabar la información, es necesario acudir a diversas fuentes, entre las que destacan los archivos documentales, los funcionarios y empleados quienes pueden aportar información adicional para el análisis, diseño e implantación de procedimientos; y las áreas de trabajo que sirven para tener la visión real de las condiciones, medios y personal que operan los procedimientos.

Las técnicas que usualmente se utilizan para recabar la información necesaria son:

1. Investigación documental.

Son seleccionados y analizados todos aquellos documentos que contengan datos de interés relacionados con los procedimientos.

2. Entrevista directa.

Es una reunión con una o varias personas, y se les cuestiona orientadamente para obtener información.

Para que la entrevista se desarrolle con éxito es conveniente observar los lineamientos siguientes:

- Tener claro el objetivo de la misma.
- Concertar previamente la cita.
- Verificar la información a través de otras fuentes.
- Aclarar todas las dudas que existan.
- Saber escuchar.
- No hay que criticar, sugerir cambios o aconsejar durante ella.

3. Observación de campo

La observación de campo es muy importante, ya que permite definir y detectar con mayor precisión los problemas, así como descubrir datos valiosos omitidos durante las entrevistas. Esta consiste en ir al lugar u oficina donde se desarrollan todas las actividades de los procedimientos y observar atentamente todo lo que sucede.

c. Análisis de la información y diseño de procedimientos

Se determinan las partes más importantes del estudio de procedimientos, se estudian cada uno de los elementos de información o grupos de datos que se integraron durante la recolección de información, con el propósito de obtener un diagnóstico que refleje la realidad operativa actual.

Para analizar la información recabada, es conveniente responder los cuestionamientos fundamentales que se mencionan a continuación:

¿Qué trabajo se hace?

Se cuestiona el tipo de actividades que se realizan en la unidad administrativa y los resultados que se obtienen de éstas.

¿Quién lo hace? Son las unidades que intervienen en el procedimiento y el factor humano, ya sea como individuos o como grupos, para la realización del trabajo.

- > ¿Cómo se hace? Se refiere a la secuencia de actividades que se realizan para cumplir con un trabajo o servicio determinado.
- ¿Cuándo se hace? Es la periodicidad con la que se realiza el trabajo, así como los horarios y tiempos requeridos para obtener resultados o terminar una actividad.
- ¿Dónde se hace? Se refiere a la ubicación geográfica y al domicilio de las oficinas.
- ¿Por qué se hace? Busca la justificación de la existencia de ese trabajo o de su procedimiento; también se pretende conocer los objetivos de las actividades que integran el procedimiento.

d. Elementos que integran el manual

En la actualidad existe una gran variedad de modos de presentar un manual de procedimientos, y en cuanto a su contenido no existe uniformidad, ya que éste varía según los objetivos y propósitos de cada dependencia, así como con su ámbito de aplicación.

A continuación se mencionan los elementos que se consideran, deben integrar un manual de procedimientos, por ser los más relevantes para los objetivos que se persiguen con su elaboración:

- ✓ Identificación
- ✓ Índice
- ✓ Introducción
- ✓ Objetivo(s) del Manual
- ✓ Desarrollo de los procedimientos

4.5 Aspecto legal

4.5.1 Código municipal

El código municipal (2002) establece en el artículo 68, la descripción de las competencias de la municipalidad y entre ellas incluye en el inciso a) "Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato"

Así mismo, en el artículo 142 del código municipal (2002), indica que la municipalidad está obligada a realizar la formulación y ejecución de planes para contribuir con el desarrollo, el agua potable y sus correspondientes instalaciones, equipos y red de distribución es uno de los servicios que está priorizado en este artículo.

4.5.2 Código de salud

El código de salud en su "Sección II Agua potable" establece el trabajo que le compete cumplir a las municipalidades con apoyo del Ministerio de Salud Pública, dentro de los cuales es importante resaltar los siguientes artículos:

- "ARTICULO 79. Obligatoriedad de las municipalidades. Es obligación de las Municipalidades abastecer de agua potable a las comunidades situadas dentro de su jurisdicción territorial, conforme lo establece el Código Municipal y las necesidades de la población, en el contexto de las políticas de Estado en esta materia y consignadas en la presente ley."
- "ARTICULO 82. Fomento de la construcción de servicios. El Ministerio de Salud en coordinación con las Municipalidades y la comunidad organizada, en congruencia con lo establecido en los artículos 78 y 79 de la presente ley, fomentará la construcción de obras destinadas a la provisión y abastecimiento permanente de agua potable a las poblaciones urbanas y rurales."

- "ARTICULO 87. Purificación del agua. Las Municipalidades y demás instituciones públicas o privadas encargadas del manejo y abastecimiento de agua potable, tienen la obligación de purificarla, en base a los métodos que sean establecidos por el Ministerio de Salud. El Ministerio deberá brindar asistencia técnica a las Municipalidades de una manera eficiente para su cumplimiento. La transgresión a esta disposición, conllevará sanciones que quedarán establecidas en la presente ley, sin detrimento de las sanciones penales en que pudiera incurrirse."
- "ARTICULO 88. Certificado de calidad. Todo proyecto de abastecimiento de agua, previo a su puesta en ejecución, deberá contar con un certificado extendido de una manera ágil por el Ministerio de Salud en el cual se registre que es apta para consumo humano. Si el certificado no es extendido en el tiempo establecido en el reglamento respectivo, el mismo se dará por extendido, quedando la responsabilidad de cualquier daño en el funcionario o empleado que no emitió opinión en el plazo estipulado."

Los artículos antes mencionados definen la responsabilidad que tienen las municipalidades de brindar el servicio completo de agua potable, desde la estructura del sistema, distribución, acceso del servicio para toda la población, calidad y certificación para asegurar la salud del consumidor.

4.5.3 Acuerdo Gubernativo 178-2009 "Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento.

En junio del 2009 se creó el "Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento", este reglamento establece los lineamientos para la obtención de la certificación del agua para consumo humano a nivel municipal. Los sistemas de agua potable deben cumplir con lo indicado en el reglamento para ser certificados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. En el capítulo II articulo cinco del acuerdo

gubernativo 178 2009 se especifican los estatutos con los que debe cumplir la municipalidad para poder certificar su sistema

4.5.4 Política Nacional del Agua

Esta política fue creada por el gobierno de Guatemala en mayo de 2011 con el objeto de "asegurar la contribución del agua al cumplimiento de metas y objetivos de desarrollo económico, social y ambiental del país, mediante la institucionalización del sistema nacional de gestión y gobernanza del agua que satisfaga el mayor número de demandas, prevea los requerimientos futuros, gestione los riesgos hídricos y proteja el bien natural, en un marco de armonía social, desarrollo humano transgeneracional y soberanía nacional." (Política Nacional del Agua en Guatemala y su Estrategias, 2011).

Las estrategias planteadas en la política son las siguientes:

- **1.** Agua potable y saneamiento para el desarrollo humano.
- **2.** Conservación, protección y mejoramiento de fuentes de agua, bosques suelos y riberas de ríos en cuencas.
- Planificación hidrológica, Obras hidráulicas de regulación y Gobernabilidad del agua.
- **4.** Política pública y régimen legal e institucional de Cursos de Aguas Internacionales.

4.5.4.1 Principales características de los sistemas de agua potable de las municipalidades de Guatemala.

Según la política Nacional de Agua en Guatemala (2011), el servicio de agua potable brindado a la población guatemalteca se caracteriza por presentar los siguientes hechos:

a. Aproximadamente solo el 15% de las aguas abastecidas son desinfectadas previamente.

En Guatemala no se ha priorizado la desinfección del agua, lo que tiene un alto impacto en la disminución de enfermedades gastrointestinales en los humanos.

Dentro de los sistemas de abastecimiento de agua potable no se implementan sistemas de cloración para desinfectar el agua, aunque existen diferentes métodos factibles y eficaces para todo tipo de sistemas de agua.

b. La capacidad de la infraestructura es subutilizada.

La infraestructura de los sistemas de agua potable, en su mayoría fueron construidos sin cumplir con las normas técnicas y jurídicas que establecen los lineamientos básicos que deberían tener los sistemas de agua potable. Además no tienen la capacidad de abastecer a la población en aumento.

c. La presión y continuidad de los servicios no es regular.

Las municipalidades no establecen los presupuestos para el debido funcionamiento del servicio de agua potable por lo tanto al no contar con recursos, el servicio es irregular, además el mal diseño del sistema de distribución de agua potable influye en la baja presión del recurso, incluyendo la disminución de las fuentes de abastecimiento de agua natural.

d. Las tarifas no cubren los costos de operación y mantenimiento.

Uno de los grandes problemas en el interior del país es que la población no está al día con el pago del servicio de agua potable, mucha de la población goza y exige el servicio pero no cancela su cuota mensual. Esta situación causa problemas en el mantenimiento y operación del servicio.

Conjuntamente el costo del servicio no ha sido evaluado y está por debajo del costo real.

e. No se diferencia en el presupuesto municipal cuánto cuesta el servicio.

El cobro del servicio no se hace por separado.

- f. Se carece de catastro de usuarios actualizados.
- g. Se subsidian los servicios en las cabeceras municipales en perjuicio de las necesidades rurales.
- h. No se regula ni vigila la calidad de los servicios prestados por operadores privados.

Estas son solo algunas de las deficiencias que cuentan la mayoría de las municipales que prestan el servicio, y es necesario cambiar la situación, el agua potable es un derecho pero también es una responsabilidad cumplir con las obligaciones que como ciudadanos corresponde.

Para solucionar los problemas se deben de realizar alternativas factibles y viables de acuerdo al lugar y las necesidades de la población.

4.5.5 Norma COGUANOR NTG 29 001

La Comisión Guatemalteca de Normas creó la norma COGUANOR NTG 29 001 para agua potable, en donde se encuentran establecidos los límites máximos permisibles (LMP) y límites máximos aceptables (LMA) de las características físicas, químicas y microbiológicas para certificar que el agua es apta para consumo humano.

Esta norma tiene como objetivo principal "establecer los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano. Es aplicable a toda agua para consumo, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc.". (Norma COGUANOR NTG29 001, 2010).

4.5.6 Características del agua según la norma COGUANOR NTG 29 001.

a. Físicas

Según la norma COGUANOR NTG 29 001 las características evaluadas en el agua potable son:

Cuadro No.5 Características físicas que debe tener el agua para consumo humano según la Norma COGUANOR NTG 29 001

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μS/cm	1500 μS/cm ^(d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^{© (d)}
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

- (a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
- (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
- © En unidades de pH
- (d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

Fuente: Norma COGUANOR 29 001 (2010)

b. Químicas

Según la norma COGUANOR NTG 29 001, las características químicas del agua potable son las siguientes:

Cuadro No. 6 Características químicas que debe tener el agua para consumo humano según la Norma COGUANOR NTG 29 001

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (S0 ₄)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Zinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) (b)	0,3	

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.

Fuente: Norma COGUANOR 29 001 (2010)

b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

c. Microbiológicas

La norma COGUANOR NTG 29 001 establece que el agua potable no debe tener presencia de coliformes totales o *Escherichia coli* para ser considerada apta para el consumo humano y asegurar la salud del consumidor.

Cuadro No. 7 Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua según la norma COGUANOR 29 001

Microorganismos	Límite máximo permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y Escherichia coli.	No debe ser detectada en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y Escherichia coli.	No debe ser detectada en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y Escherichia coli.	No debe ser detectada en 100mL de agua

Fuente: Norma COGUANOR 29 001 (2010)

V. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar los sistemas de almacenamiento y la calidad del agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

5.2 Específicos

- a. Determinar la calidad del agua potable de acuerdo a la norma COGUANOR NTG 29 001.
- b. Verificar el estado de los sistemas de almacenamiento de agua potable.
- c. Proponer un manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales

Cuadro No. 8 Descripción y costo de los materiales invertidos en la investigación.

Cantidad	Descripción	Precio unidad Q	Total Q
1	GPS	5,000.00	5,000.00
1	Cinta métrica de 20 metros	60.00	60.00
2	Cubetas de 5 galones	40.00	80.00
20	Libras de cloro granulado	14.50	290.00
5	Escobas	18.00	90.00
1	Comparimetro	200.00	200.0
1	Calculadora	32.00	32.00
1	Lapicero	2.00	2.00
1	Cámara fotográfica	1,000.00	1,000.00
1	Libreta de campo	15.00	15.00
2	Hieleras de duroport	65.00	130.00
15	Galones de agua pura sellados	8.00	120.00
50	Galones de gasolina	28.00	1,400.00
8	Arrobas de hielo	25.00	200.00
15	Pares de guantes	3.00	45.00
6	Análisis físico-químico de agua potable. (Se incluye los recipientes necesarios tomar la muestra)	375.00	2,250.00
11	Análisis microbiológico de agua potable (Incluye los recipientes necesarios para tomar la muestra	165.00	1,650.00
Total			Q12,564.00

Fuente: La autora, con base a cotizaciones en Agrocentro de Oriente, Despensa Familiar en San José Acatempa, Laboratorio ECOQUIMSA S.A. 2015.

6.2 Métodos

6.2.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en las 12 aldeas del municipio de San José Acatempa los cuales son abastecidos por 11 sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable, ya que dos aldeas comparten un mismo sistema.

6.2.2 Calidad del agua

a. Toma de muestras

Se contrató el servicio de un laboratorio privado, en este caso ECOQUIMSA para realizar el análisis de las muestras de agua. El laboratorio proporcionó los recipientes para las muestras y una hielera.

El procedimiento para la toma de las muestras fue el siguiente:

- Con la ayuda de los fontaneros encargados de sistema en turno, se identificó la casa que se encontraba a mayor distancia del tanque de almacenamiento de agua potable para poder tomar las muestras en cada aldea según el reglamento para la certificación de calidad de agua para abastecimiento de consumo humano. En total fueron tomadas 11 muestras de agua.
- ➤ La persona encargada de tomar la muestra se colocó guantes de látex para evitar algún tipo de contaminación. El grifo fue limpiado con alcohol para desinfectarlo, seguidamente se abrió el grifo y se dejó correr el agua por tres minutos.
- Luego se tomaron las muestras de 1.5 litros de agua. Los recipientes fueron identificados con la información que se encuentra en el Anexo IV pág.102 se encuentra el formato de la información de las muestras.

NOTA: Debido a que los recipientes fueron preparados por el laboratorio no se requirió del triple lavado que suele realizarse.

➤ Las muestras fueron trasladadas al laboratorio ECOQUIMSA, antes de 23 horas, esto para no afectar la confiabilidad del resultado. Para el traslado de las muestras se utilizó una hielera con suficiente hielo, a una temperatura de 18° C, las muestras se manejaron con cuidado para evitar cualquier tipo de derrame.

b. Parámetros analizados

Se analizó a cada una de las muestras los parámetros físicos: color, olor, turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno, sólidos totales disueltos; químicos: Cloro residual, cloruro, dureza total, sulfato, aluminio, calcio, zinc, cobre, magnesio y microbiológicos: coliformes totales y *Escherichia coli* según la norma Coguanor NTG 29 001, siendo un total de 17 parámetros.

c. Interpretación de los resultados

Los resultados de cada uno de los parámetros analizados, fueron comparados con los límites establecidos para cada parámetro por la norma Coguanor NTG 29 001.

d. Entrevista a fontaneros municipales

Se entrevistó a los 18 fontaneros municipales encargados de los sistemas de agua con el propósito de recopilar información acerca de las características de cada uno de los sistemas de almacenamiento. En el anexo II pág.100 se encuentra la guía de la entrevista realizada

e. Capacidad de almacenamiento de los tanques

Habiendo identificado previamente los sistemas de agua potable, fueron realizadas las siguientes actividades:

Medición interna del tanque

Teniendo los tanques vacíos o con poca agua, se tomaron las dimensiones en ancho, largo y profundidad de la sección interna del tanque, para luego determinar el volumen de la estructura. Para la determinación del volumen se utilizó la siguiente formula:

Formula 1: Determinación del volumen

Volumen: Alto * ancho * largo

Fuente: Salguero, 2014.

f. Caudal de entrada

El caudal fue calculado utilizando el método volumétrico. La medición fue

realizada cuando el tanque de almacenamiento se encontraba vacío, se

seleccionó un recipiente de volumen conocido, en este caso (una cubeta de 5

galones) se con un cronómetro se tomó el tiempo en el cual se llenaba, esta

actividad se repitió tres veces para poder determinar un tiempo promedio.

Formula 2: Caudal

Caudal= Volumen / tiempo promedio = m³/s

Fuente: Salguero, 2014.

g. Planos de los tanques de almacenamiento de agua potable.

Con el apoyo de la dibujante de la municipalidad, fue posible determinar las

dimensiones externas de cada tanque, partiendo de un criterio técnico

constructivo, el cual consiste en realizar un análisis del estado de la estructura

en función al trabajo que está desarrollando, estableciendo la manera correcta

y con datos técnicos de cómo debe construirse, remodelarse o ampliarse una

estructura con el fin de conocer el estado de la estructura y realizar los planos

correspondientes.

43

6.2.3 Verificación del estado de los tanques de almacenamiento

a. Generación del check list

Se realizó un diagnóstico del estado deseado de la estructura de los tanques de almacenamiento de agua potable y con ayuda del criterio técnico constructivo del señor Gustavo Reyes Ingeniero Civil, y criterio del cumplimiento de las normas de salubridad de la señora Karen Pérez Licenciada en farmacia, fueron identificados y establecidos aspectos a ser evaluados en la estructura de los tanques de almacenamiento de agua potable, los cuales tienen una influencia directa en la calidad del agua.

Con la información ya definida, se elaboró un check list donde se evaluaron nueve aspectos de las estructuras de los tanques de almacenamiento.

b. Aplicación check list

Se realizaron visitas a los 11 sistemas de almacenamiento. Para esta actividad fue necesario el apoyo del encargado del equipo de mantenimiento de la municipalidad y el fontanero encargado por aldea para aplicar el check list generado, ver check list en Anexo III pág. No. 101

Con la utilización de un GPS se tomaron las coordenadas de cada uno de los tanques de almacenamiento y pozos que componen los sistemas del municipio, para la realización del mapa de ubicación geográfica, utilizándose el software GIS, llamado Quantum Gis 1.8.

6.2.4 Elaboración de un manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento.

a. Entrevista abierta con fontaneros municipales

Se realizó una reunión con los 18 fontaneros municipales y los tres encargados de la oficina municipal del servicio de agua potable, con el objetivo de identificar el funcionamiento del servicio y las actividades de operaciones y mantenimiento

b. Análisis de la información y redacción

Con la información obtenida a través de la documentación recolectada, la observación de campo y las entrevistas realizadas, se realizó un análisis de los siguientes aspectos:

- ¿Qué actividades son realizadas para el funcionamiento del servicio de agua potable?
- ¿Qué personas intervienen en los procedimientos y actividades a desarrollar?
- ¿Cómo se desarrollan las actividades para la operación y mantenimiento del servicio de agua potable?
- ¿Dónde y cuándo deben realizarse las actividades de operación y mantenimiento del servicio de agua potable?
- ¿Por qué es necesaria la ejecución de las actividades que integran el procedimiento para la administración del servicio del agua potable?

Al analizar las respuestas a estas preguntas se fundamentaron las bases para redactar la estructura del manual de operación y mantenimiento. Tomando en cuenta los siguientes aspectos:

• Durante la redacción del manual fue necesario eliminar toda aquella información que no era indispensable para la estructura del manual, se combinaron los aspectos técnicos recopilados en los manuales revisados y la información obtenida a través de las entrevistas y observación de campo.

Para establecer la estructura del manual fueron realizados cambios al orden de la información con el fin de simplificar los procedimientos.

c. Validación del manual

- Parte fundamental para desarrollar la información propuesta en el manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, fue contar con la involucración y participación de las siguientes personas:
 - Alcalde municipal
 - Equipo de fontanería
 - Personal de la oficina de agua potable del municipio
 - > Encargado de equipo de los trabajadores de mantenimiento

Por lo que les fue presentada la propuesta del manual, para que en conjunto como equipo verificaran los procesos formulados, los cuales generados partiendo de la información recolectada por las entrevistas realizadas, visitas de campo y análisis de las necesidades del lugar.

d. Socialización del manual

Se realizó una reunión donde fueron citados, fontaneros municipales, trabajadores de la oficina municipal del servicio de agua potable, encargado del equipo de los trabajadores de mantenimiento y presidentes del COCODE de cada aldea, quienes son las personas involucradas en todo el proceso de la administración del servicio de agua potable.

En esta reunión se desarrolló una capacitación en donde fue presentado el manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable, dando a conocer las nuevas acciones a tomar para mejorar la administración de servicios.

Fue utilizada una presentación de power point para dar a conocer los resultados y compartir la nueva herramienta de trabajo.

VII. RESULTADOS

7.1 Calidad del agua potable de los sistemas de almacenamiento.

7.1.1 Análisis físicos, químicos y microbiológicos.

La calidad del agua es evaluada a través de sus características físicas, químicas y microbiológicas, con el fin de identificar con los parámetros establecidos que pueda ser apta para consumo humano.

En los cuadros del siete al nueve se presentan los resultados de los análisis realizados a las muestras tomadas en cada uno de los 11 sistemas de almacenamiento de agua potable por aldea.

Los cuadros están compuestos por una columna en donde se indica el tipo de análisis realizado, la dimensional utilizada para medir el parámetro, dos columnas que indican los parámetros establecidos por la norma Coguanor NTG 29 001 con los cuales debe cumplir el límite máximo aceptable (LMA) este valor indica que al estar por arriba del mismo se podrá percibir las características en el agua más no es dañino para el consumidor y el límite máximo permisible (LMP), este valor indica que si un parámetro está por arriba del mismo el agua ya no es apta para el consumo humano.

Seguidamente se presentan los resultados de cada una de las aldeas, siendo identificadas las aldeas como Aldea 1, Aldea 2, etc.

Este cuadro permite hacer una comparación de cada parámetro de acuerdo a la norma y al resultado del análisis de agua realizado a cada aldea.

Cuadro No. 9 Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma COGUANOR NTG 29 001.

Análisis	Dimensional	LMA ²	LMP ²	Aldea 1	Aldea 2	Aldea 3	Aldea 4
Cloro residual	mg/L – Cl2	0.5	1	0.12	0.11	0.21	0.08
Cloruros	mg/L – Cl	100	250	3.3	2	3.5	3.3
Color	UPt – Co	5	35	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Conductividad	uS/cm	750	1,500	112.7	102.7	314.8	225.87
Dureza	mg/L – CaCO3	100	500	19	19	51	109
Nitratos	mg/L – NO3		50	3.1	21	3.54	4.4
Nitritos	mg/L – NO2		3	<0.010	<0.010	<00.10	<0.010
Olor		No	No	No	No	No	No
Oloi		rechazable	rechazable	rechazable	rechazable	rechazable	rechazable
рН		7.0 - 7.7	6.5 - 8.5	7.84	7.84	7.38	6.93
Sulfatos	mg/L – SO4 ²⁻	100	250	<25	<25	<25	<25
Turbiedad	UNT	5	15	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Coliformes	NMP/100mL		< 1.1	1,600	<1.1	<1.1	-1 1
totales	NIVIP/TOUTTL		< 1.1	1,000	< 1.1	< 1.1	<1.1
Escherichia coli	NMP/100mL		<1.1.	2.2	<1.1	<1.1	<1.1
Calcio	mg/L – Ca	75	150	1.19	2.8	6.92	30.18
Hierro	mg/L – Fe	0.3		<0.060	<0.060	0.103	<0.060
Magnesio	mg/L – Mg	50	100	3.77	4.79	8.16	8.28
Manganeso	mg/L – Mn	0.1	0.4	<0.015	<0.015	0.025	<0.015

^{(1)*}LMA= Limite máximo aceptable *LMP= Limite máximo permisible.(2) mg/L = ppm; u Pt-Co= unidades platino colbalto; uS/cm= micro siemens por centrimetro; Unt= unidad de turbiedad; NMP/100mL= Número más probable por 100 mililitros.

Fuente: La autora, con base a resultados de ECOQUIMSA, 2015. Aldea1: La Carretera, Aldea2: El Cujito, Aldea3: Llano Grande, Aldea4: San José Acatempa.

Cuadro No. 10 Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma COGUANOR NTG 29 001.

Análisis	Dimensional	LMA ²	LMP ²	Aldea 5	Aldea 6	Aldea 7	Aldea 8
Cloro residual	mg/L – Cl2	0.5	1	0.11	0.11	0.11	0.12
Cloruros	mg/L – Cl	100	250				2.2
Color	U Pt – Co	5	35	4,0	4,0	4,0	<0.5
Conductividad	uS/cm	750	1,500	212	212	212	112.7
Dureza	mg/L – CaCO3	100	500	60.1	60.1	60.1	19
Nitratos	mg/L – NO3		50	3.97	3.97	3.97	21
Nitritos	mg/L – NO2		3	0.033	0.033	0.033	<00.10
Olor		No	No	No	No	No	No
Oloi		rechazable	rechazable	rechazable	rechazable	rechazable	rechazable
рН		7.0 - 7.7	6.5 - 8.5	7.31	7.31	7.31	7.84
Sulfatos	mg/L – SO4 ²⁻	100	250	<25	<25	<25	<25
Turbiedad	UNT	5	15	2.7	2.7	2.7	<0.5
Coliformes	NMP/100mL		< 1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
totales	TVIVII / TOOTTIL		7 1.1	71.1	71.1	VI.I	\1.1
Escherichia coli	NMP/100mL		<1.1.	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
Calcio	mg/L – Ca	75	150	17.11	17.11	17.11	1.19
Hierro	mg/L – Fe	0.3		<0.060	<0.060	<0.060	<0.060
Magnesio	mg/L – Mg	50	100	4.22	4.22	4.22	3.77
Manganeso	mg/L – Mn	0.1	0.4	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015

^{(1)*}LMA= Limite máximo aceptable *LMP= Limite máximo permisible.(2) mg/L = ppm; u Pt-Co= unidades platino colbalto; uS/cm= micro siemens por centrimetro; Unt= unidad de turbiedad; NMP/100mL= Número más probable por 100 mililitros.

Fuente: La autora, con base a resultados de ECOQUIMSA, 2015. Aldea:5 El Copante, Aldea6: El Tablón, Adea7: Delicias y Valle Abajo, Aldea 8: Carpintero.

Cuadro No. 9 Resultados de los análisis realizados a los sistemas de almacenamiento de agua potable, comparados con la norma Coguanor NTG 29 001.

Análisis	Dimensional	LMA ²	LMP ²	Aldea 9	Aldea 10	Aldea 11
Cloro residual	mg/L – Cl2	0.5	1	0.12	0.12	0.12
Cloruros	mg/L – Cl	100	250	2.2	2.2	4.1
Color	UPt-Co	5	35	3.1	<0.5	<0.5
Conductividad	uS/cm	750	1,500	164.5	112.7	318.1
Dureza	mg/L – CaCO3	100	500	19	19	164
Nitratos	mg/L – NO3		50	1.82	21	4.9
Nitritos	mg/L – NO2		3	<00.10	<00.10	<0.010
Olor		No	No	No	No	No
Oloi		rechazable	rechazable	rechazable	rechazable	rechazable
рН		7.0 - 7.7	6.5 - 8.5	7.19	7.84	7.79
Sulfatos	mg/L – SO4²-	100	250	<25	<25	<25
Turbiedad	UNT	5	15	3.1	<0.5	<0.5
Coliformes totales	NMP/100mL		< 1.1	2.2	<1.1	110
Escherichia coli	NMP/100mL		<1.1.	1.1	<1.1.	2
Calcio	mg/L – Ca	75	150	17.59	1.19	47.73
Hierro	mg/L – Fe	0.3		<0.060	<0.060	<0.060
Magnesio	mg/L – Mg	50	100	5.62	3.77	10.79
Manganeso	mg/L – Mn	0.1	0.4	<0.015	<0.015	<0.015

^{(1)*}LMA= Limite máximo aceptable *LMP= Limite máximo permisible.(2) mg/L = ppm; u Pt-Co= unidades platino colbalto; uS/cm= micro siemens por centrimetro; Unt= unidad de turbiedad; NMP/100mL= Número más probable por 100 mililitros. Fuente: La autora, con base a resultados de ECOQUIMSA, 2015. Aldea9:Calderas, Aldea 10: Tunillas y Aldea11: La Ceibita.

Las aldeas que tiene sus parámetros remarcados son las que no cumplen con la los límites establecidos por la norma COGUANOR NTG 29 001 y por lo tanto el agua que distribuye no es apta para consumo humano. En el cuadro No. 10 de detalla más información sobre el tema.

7.1.2 Resumen del análisis de la calidad del agua.

Cuadro No. 12 Resumen del análisis de la calidad del agua.

No.	Aldea	Cumple	No cumple	Parámetro que incumple
1	La Carretera		X	Coliformes totales y Escherichia coli
2	El Cujito	X		
3	Llano Grande	X		
4	San José Acatempa	X		
5	El Copante	X		
6	El Tablón	X		
7	Delicias y Valle Abajo	X		
8	Calderas		X	Coliformes totales y Escherichia coli
9	Carpintero	X		
10	Tunillas	X		
11	La Ceibita		X	Coliformes totales y Escherichia coli

Fuente: La autora, con base a los resultados de las análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados en ECOQUIMSA. 2015.

De los 11 sistemas a los cuales se analizó la calidad del agua que almacenan, en nueve de ellas, todos sus parámetros cumplen con los límites establecidos en la norma COGUANOR NTG 29 001, y en el caso de las tres aldeas restantes, dos de

sus parámetros no cumplen con los límites de la norma los cuales se especifican en la última columna del lado izquierdo.

A continuación se presenta un análisis de las aldeas que no cumplen sus parámetros más específicos.

a. Aldea La Carretera

Según los análisis realizados al agua potable de esta aldea, se determinó que no es apta para consumo humano, ya que incumple con los valores establecidos para el parámetro microbiológico, con los siguientes resultados, Coliformes totales fue de 1,600 NMP/100mL, para la *Escherichia coli* 2.2 y el límite establecido por la norma es <1.1 NMP/mL.

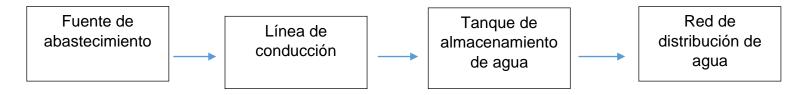
Uno de los principales factores que influye en estos resultados es que este sistema no cuenta con un proceso de desinfección y la fuente de abastecimiento de donde proviene el recurso es de un nacimiento de agua que está expuesto al ambiente y no tiene ningún tipo de seguridad contra patógenos o cualquier contaminante.

Además durante la inspección dentro del tanque de almacenamiento, se logró observar una considerable cantidad de sólidos que se sedimentan, así como ramas, hojas, bichos, arena, tierra, etc., por lo que es recomendable instalar un pretamiento o rejillas antes de entrar al tanque además de un sedimentador.

A continuación se presentan dos diagramas, el primero describe las fases que componen el sistema de distribución de agua actualmente, y el segundo describe una propuesta de obras accesorias que pueden implementarse para mejorar la calidad del agua que se distribuye, con base a los resultados obtenidos del análisis del agua.

Tomando en cuenta los factores que actualmente están afectando la calidad del agua, es fundamental que luego de hacer las implementaciones de las obras accesorias vuelvan a realizarse los análisis de agua.

a. Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua entubada de aldea La Carretera



Figuran No. 2 Diagrama del sistema de almacenamiento de agua entubada de aldea la Carretera Fuente: el autor, 2015.

b. Diagrama de obras accesorias para el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea La Carretera

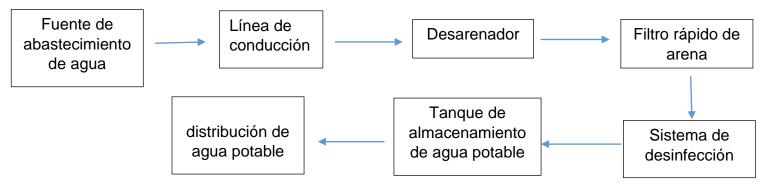


Figura No.3 Diagrama de la implementación de obras accesorias para mejorar el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea la Carretera.

Fuente: La autora, 2015.

b. Aldea Calderas

Según lo establecido por la norma Coguanor NTG 29 001 el agua potable distribuida a la población de aldea Calderas, no es apta para consumo humano, ya que incumple con los valores establecidos para los parámetros microbiológicos, con los siguientes resultados, Coliformes totales 2.2 NMP/ML, *Escherichia coli* 1.1 y el límite establecido por la norma es <1.1 NMP/mL.

Inicialmente debe verificarse si la dosis de cloro aplicada es la adecuada, aumentando la dosis de hipoclorito de calcio, siempre y cuando esté dentro de la dosis recomendada en el manual de operación y mantenimiento del sistema, seguidamente realizar de nuevo un análisis microbiológico en tres hogares, el primero lo más cercano posible al sistema, el segundo a una distancia media y el tercero en la casa más alejada del sistema.

También debe tomarse en cuenta que donde se ubica la fuente de agua subterránea, pasa un riachuelo que se encuentra contaminado, ya que la población de la aldea lo ha tomado como un botadero de desechos líquidos y sólidos, además de que los animales de patio de los vecinos hacen sus necesidades en el lugar. Este es un problema que se ha generado por la falta de mantenimiento y aseguramiento en las áreas cercanas de la fuente de agua potable.

Habiendo realizado la limpieza del área de la fuente de captación y fortaleciendo la conservación del lugar debe realizarse nuevamente el análisis de agua para verificar si existe un cambio en los resultados.

Además se recomienda implementar las modificaciones a la estructura según el esquema presentado en la página siguiente , ya que se propone como una alternativa para fortalecer el proceso de tratamiento del agua potable.

a. Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua potable de aldea Calderas

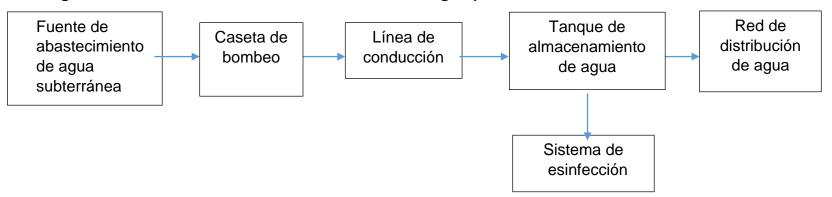


Figura No. 4 Diagrama del sistema de almacenamiento de agua potable de aldea Calderas. Fuente: el autor, 2015.

b. Diagrama del sistema de almacenamiento de agua potable de aldea Calderas con obras accesorias.

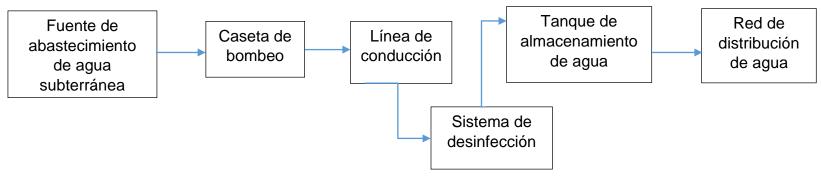


Figura No. 5 Diagrama de la implementación de obras accesorias para mejorar el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea Calderas. Fuente: La autora, 2015.

c. Aldea La Ceibita

Con los resultados obtenidos de la muestra compuesta de agua de aldea la Ceibita, se determinó que el agua distribuida a los hogares no es apta para consumo humano debido a que los parámetros fisicoquímicos y microbiológico analizados según la norma Coguanor NTG 29 001 no cumplen, debido a que los coliformes totales 110 NMP/ML y la *Escherichia coli* 2 NMP/100ML se encuentran presentes en el agua dando un resultado que se encuentra fuera de los límites permisibles indicados en la norma.

En el caso de aldea La Carretera su sistema de almacenamiento y distribución de agua entuba está compuesta por dos fuentes que trasladan el agua por un sistema por gravedad y una fuente subterránea por medio de un sistema por bombeo directo.

Lamentablemente los componentes del sistema, no reciben ningún tipo de mantenimiento y además no tienen incorporado el proceso de desinfección. Y según las características del agua observadas a través de la visita de campo al sistema, se recomienda implementar un proceso de remoción de sólidos gruesos, proceso de desarenado antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento y por supuesto al proceso de desinfección.

Además debe de fortalecerse la seguridad en el proceso del traslado del agua de la fuente de abastecimiento hacia el tanque de almacenamiento, así mismo se recomienda implementar las modificaciones de las obras accesorias propuestas en la siguiente página.

a. Diagrama del sistema actual de almacenamiento de agua entubada de aldea la Ceibita

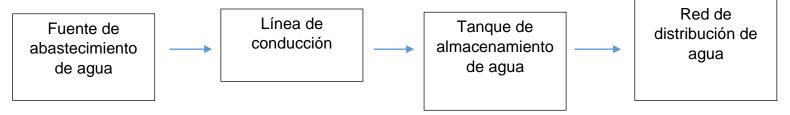


Figura No. 6 Diagrama del sistema de almacenamiento de agua entubada de aldea la Ceibita. Fuente: el autor, 2015.

b. Diagrama de obras accesorias para el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea la Carretera

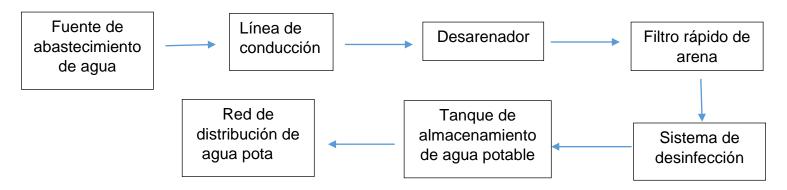


Figura No.7 Diagrama de la implementación de obras accesorias para mejorar el sistema de almacenamiento de agua potable de aldea la Ceibita.

Fuente: La autora, 2015.

7.2 Estado de los tanques de almacenamiento de agua potable

A continuación se presentan los resultados de los aspectos de la estructura de los tanques de almacenamiento evaluados y los hallazgos encontrados en cada sistema por aldea.

7.2.1 Hallazgos de la estructura física de los tanques.

a. Aldea La Carretera.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de las aplicaciones del check list.

Cuadro No. 13 Estado y obras accesorias de la estructura del sistema de almacenamiento de aldea La Carretera

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			Los acabados de las paredes
tanque se encuentra sin		Y	externas se han ido cayendo,
daños en su estructura.			las paredes se han agrietado.
La tapadera que protege			Es segura más no recibe
el ingreso al tanque, es	X		ningún tipo de mantenimiento.
segura y recibe			
mantenimiento.			
El acceso al interior del			Es dificultoso el acceso al
tanque de			interior del tanque. La entrada
almacenamiento cuenta		X	tiene una medida de 50 X 50
con una medición			por lo que no todos los
superior a 60X60 cm.			estereotipos de cuerpo pueden
			entrar.
Existe escalera exterior			Debido a que más del 50% del
metálica para el ingreso			tanque se encuentra bajo tierra
al tanque de	N/A	N/A	no es necesaria la utilización
almacenamiento.			de escalera en la parte exterior
			del tanque.

Aspecto evaluado	Cumple	No	Hallazgos
		cumple	
La escalera para accesar			Las escaleras que tiene el
al interior del tanque es			tanque son de varilla de hierro
de aluminio.		X	y no reciben ningún tipo de
		**	mantenimiento, ni se
			encuentran protegidas con
			pintura anticorrosiva.
Las paredes internas			Cuando las paredes internas
están protegidas con		X	no están protegidas con
pintura epóxica.			pintura epóxica, estas son
			propensas a que en ellas se
			encuentren patógenos, se
			desarrollen hongos y se
			adhieran sedimentos
La parte interna de la			La existencia de curvas
estructura tiene curvas		X	sanitarias evita la proliferación
sanitarias.			de patógenos.
Existe válvula de limpieza			La falta de la válvula de
y desnivel en el piso		V	limpieza ha causado que el
interior del tanque.		*	lavado del tanque no se realice
			con frecuencia.
El sistema de cloración		V	Actualmente no cuenta con un
se encuentra en buen		X	sistema de cloración.
estado			

Fuente: El autora, con base a las referencias Reyes, G., y Pérez, K. 2015.

En el caso de aldea La Carretera, los dos parámetros microbiológicos no cumplen con los límites establecidos por la norma Coguanor 29 001 y al tener los resultados del cuadro No.11 podemos deducir que el estado de la estructura del tanque de almacenamiento puede influir en la calidad del agua.

b. Aldea El Cujito

Cuadro No. 12 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea El Cujito

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			Deben cambiarse las
tanque se encuentra sin	V		manillas de las llaves de
daños en su estructura.	^		distribución de agua potable
			que se encuentran en el
			tanque, así mismo debe
			asegurarse la caja que
			resguarda estas llaves.
La tapadera que protege			Se mantiene asegurada pero
el ingreso al tanque, es	X		no se le da mantenimiento.
segura y recibe	•		
mantenimiento.			
El acceso al interior del			
tanque de	V		
almacenamiento cuenta	^		
con una medición			
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			
metálica para el ingreso	•		
al tanque de	X		
almacenamiento.			

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La escalera para ingresar			La escalera de acceso al
al interior del tanque es			interior del tanque es de
de aluminio.		X	varilla de hierro por lo que al
			tener el contacto con el agua
			se ha ido oxidando y puede
			llegar a afectar la calidad del
			agua.
Las paredes internas			Al no contar con una
están protegidas con		X	protección con pintura
pintura epóxica.			epóxica el cernido de mala
			calidad que tiene las paredes
			hace que partículas del
			material caigan al agua y se
			deterioren las paredes.
La parte interna de la			La parte interna de la
estructura tiene curvas		X	estructura cuenta con un
sanitarias.			ángulo de 90° lo que da lugar
			a que los patógenos
			proliferen en estas partes de
			la estructura.
Existe válvula de limpieza			El tanque ya que no cuenta
y desnivel en el piso		V	con el desnivel en el piso y
interior del tanque.		X	válvula de limpieza
			adecuadas para evacuar el
			agua.
El sistema de cloración se	V		
encuentra en buen estado	X		

Según los resultados de aspectos evaluados en el tanque de almacenamiento de aldea El Cujito, en general el área donde se centralizan los aspectos que no cumplen se centraron en el interior del tanque.

Los hallazgos encontrados en este tanque tales como: la falta de existencia de curvas sanitarias, la escalera para ingresar al tanque de aluminio, y la protección de las paredes con pintura epóxica, pueden influir directamente en la calidad del agua distribuida a la población.

Por lo que es necesario realizar las modificaciones necesarias en la estructura según los aspectos evaluados.

c. Aldea Llano Grande

Cuadro No.13 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea Llano Grande.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del tanque se encuentra sin daños en su estructura.	X		
La tapadera que protege el ingreso al tanque, es segura y recibe mantenimiento.	X		Actualmente no se da ningún tipo de mantenimiento.
El acceso al interior del tanque de almacenamiento cuenta con una medición superior a 60X60 cm. Existe escalera exterior metálica para el ingreso al tanque de	X		
almacenamiento. La escalera para accesar al interior del tanque es de aluminio.		X	Las escaleras que tiene el tanque son de varilla de hierro y no reciben ningún tipo de mantenimiento, ni se encuentran protegidas con pintura anticorrosiva.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
Las paredes internas están			Actualmente existe la
protegidas con pintura		X	acumulación de partículas
epóxica.		, ,	en las paredes internas del
			tanque por la falta de
			pintura epóxica a en las
			paredes.
La parte interna de la			Las partes internas de las
estructura tiene curvas		X	paredes no cuentan con
sanitarias.			curvas sanitarias sino con
			un diseño de un ángulo lo
			90°
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	v		
interior del tanque.	^		
El sistema de cloración se	V		
encuentra en buen estado	*		

Los aspectos evaluados de aldea Llano Grande que no cumplen, se centralizan en la parte interna del tanque de almacenamiento ya que el agua se puede contaminar si no se toman las acciones correspondientes. La existencia de curvas sanitarias, la escalera para ingresar al tanque de aluminio, y la protección de las paredes con pintura epóxica, resguardan el almacenamiento del agua de la proliferación de patógenos, bacterias y contaminantes.

Además la tapadera por ser de concreto necesita una restauración de sus acabados porque con el tiempo se ha ido deteriorando

Por lo que es necesario realizar las modificaciones necesarias en la estructura según los aspectos evaluados.

d. Aldea San José Acatempa

Cuadro No.14 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento del pueblo de San José Acatempa.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del	•		
tanque se encuentra sin	X		
daños en su estructura.			
La tapadera que protege el			Por ser de hierro el
ingreso al tanque, es segura	V		material de la tapadera se
y recibe mantenimiento.	^		presentan problemas de
			oxidación, los cuales
			pueden contaminar
			alrededor se sus áreas. Y
			por ende el agua ya
			potabilizada.
El acceso al interior del			
tanque de almacenamiento	V		
cuenta con una medición	^		
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			Las escaleras de acceso al
metálica para el ingreso al	4.4		interior del tanque son de
tanque de almacenamiento.	X		varilla de hierro y se
			encuentran oxidadas.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La escalera para accesar al			Las escaleras que tiene el
interior del tanque es de			tanque son de varilla de
aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
			tipo de mantenimiento, ni
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.
Las paredes internas están			Con el paso del tiempo se
protegidas con pintura		X	ha ideo adhiriendo una alta
epóxica.			cantidad de partículas a
			las paredes internas.
La parte interna de la			
estructura tiene curvas		X	
sanitarias.			
Existe válvula de limpieza y			Si cuenta con una válvula
desnivel en el piso interior del	V		para limpieza, pero el piso
tanque.	^		interno no tiene el desnivel
			adecuado, lo que dificulta
			la salida del agua al
			momento de realizar una
			limpieza.
El sistema de cloración se	V		
encuentra en buen estado	*		

Los aspectos evaluados con los cuales no cumple la estructura de San José Acatempa, son por falta de mantenimiento y acciones de prevención de la contaminación del agua.

e. Aldea El Tablón

Cuadro No. 15 Estado sistema de almacenamiento de agua potable de la aldea El Tablón de San José Acatempa

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			Al ser un tanque de agua
tanque se encuentra sin			potable aéreo la estructura
daños en su estructura.		X	no es segura para que las
			personas suban hacia su
			interior, y fácilmente
			pueden caer de él.
La tapadera que protege			En ocasiones la tapadera
el ingreso al tanque, es		X	no tiene candado de
segura y recibe		•	seguridad y esta no recibe
mantenimiento.			mantenimiento.
El acceso al interior del			El acceso al interior si
tanque de		V	tiene las medidas
almacenamiento cuenta		^	adecuadas pero al ser un
con una medición			tanque aéreo, es
superior a 60X60 cm.			necesario mejorar la
			seguridad alrededor del
			ingreso al tanque de
			almacenamiento.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
Existe escalera exterior			Es necesario realizar
metálica para el ingreso			modificaciones a la
al tanque de			escalera que actualmente
almacenamiento.	Y		está en la estructura, es
	^		fundamental que tenga la
			protección guarda
			hombres y una cerca de
			seguridad alrededor del
			acceso para ingresar al
			interior del tanque de
			almacenamiento.
La escalera para accesar			Las escaleras que tiene el
al interior del tanque es			tanque son de varilla de
de aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
			tipo de mantenimiento, ni
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.
Las paredes internas			Tiene solamente un
están protegidas con		X	revestimiento de repello y
pintura epóxica.			no cuenta con protección
			de pintura epóxica
La parte interna de la			La estructura interna sus
estructura tiene curvas		V	terminaciones son de 90°
sanitarias.		X	lo cual hace que se
			acumule patógenos,
			hongos y sedimentos.
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	X		
interior del tanque.	▼ ▼		

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
El sistema de cloración se		V	Recurrentemente el
encuentra en buen estado		X	sistema de cloración tiene
			problemas y deja de
			funcionar

Según la evaluación realizada al tanque de almacenamiento de aldea el Tablón se determinó que deben realizarse mejoras tanto en su estructura externa como interna.

En el caso de la estructura externa, debido a la falta de implementación de seguridad por ser un tanque aéreo, es un riesgo para todo persona que suba al tanque, ya que las escaleras de acceso no cuentan con protección guarda hombre y en la parte de arriba del tanque no tiene una baranda.

En su parte interna al no contar con escalera metálica para el ingreso del tanque, curvas sanitarias en los extremos de las paredes y la protección de las paredes con pintura epóxica, propician la invasión de patógenos, bacterias y demás contaminantes en el agua almacenada.

f. Aldeas Delicias y Valle Abajo

Cuadro No.16 Listado de comprobación de estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de las aldeas de Delicias y Valle Abajo de San José Acatempa

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			La estructura no recibe
tanque se encuentra sin		V	ningún tipo de
daños en su estructura.		X	mantenimiento por lo que
			con el tiempo se han ido
			deteriorando los acabados.
La tapadera que protege			Es segura más no recibe
el ingreso al tanque, es	X		ningún tipo de
segura y recibe	**		mantenimiento.
mantenimiento.			
El acceso al interior del			
tanque de	• •		
almacenamiento cuenta	X		
con una medición			
superior a 60X60 cm.			
Al no contar con una			Es necesario implementar
escalera metálica, fue		X	una escalera externa, ya
implementada una de			que actualmente se utiliza
madera de baja calidad			un cerco como una
siendo un riesgo porque			alternativa para subir al
en cualquier momento			tanque.
puede derrumbarse y si			
una persona está siendo			
uso de ella salir			
lastimado.			

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La escalera para accesar			Las escaleras que tiene el
al interior del tanque es			tanque son de varilla de
de aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
		, ,	tipo de mantenimiento, ni
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.
Las paredes internas			Únicamente se encuentran
están protegidas con		X	repelladas.
pintura epóxica.			
La parte interna de la			La estructura interna sus
estructura tiene curvas		X	terminaciones son de 90°
sanitarias.			lo cual hace que se
			acumule patógenos,
			hongos y sedimentos.
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	X		
interior del tanque.	•		
El sistema de cloración se	V		
encuentra en buen estado	X		

A través de las visitas de campo y según los resultados del análisis realizado a este sistema de almacenamiento, se les son realizadas las actividades de mantenimiento por parte de sus fontaneros municipales encargados por lo tanto esto influye que el sistema se encuentre limpio con una estructura en buenas condiciones.

Sin embargo se hace necesaria la implementación de los aspectos con los que no cumple, con la finalidad de evitar el riesgos de contaminación del agua dentro de su almacenamiento y asegurando su calidad.

g. Aldea Carpintero

Cuadro No.17 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea El Carpintero de San José Acatempa

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			La estructura no recibe
tanque se encuentra sin		• •	ningún tipo de
daños en su estructura.		X	mantenimiento por lo que
			con el tiempo se han ido
			deteriorando los acabados.
La tapadera que protege	4.5		Es segura más no recibe
el ingreso al tanque, es	X		ningún tipo de
segura y recibe			mantenimiento.
mantenimiento.			
El acceso al interior del			
tanque de	V		
almacenamiento cuenta	^		
con una medición			
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			Debido a que más del 50%
metálica para el ingreso			del tanque se encuentra
al almacenamiento.			bajo tierra no es necesaria
			la utilización de escalera
	N/A	N/A	en la parte exterior del
			tanque.

Aspecto evaluado	Cumple	No	Hallazgos
		cumple	
La escalera para accesar			Las escaleras que tiene el
al interior del tanque es			tanque son de varilla de
de aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
			tipo de mantenimiento, ni
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.
Las paredes internas			Tiene solamente un
están protegidas con		X	revestimiento de repello y
pintura epóxica.			no cuenta con protección
			de pintura epóxica
La parte interna de la			La existencia de curvas
estructura tiene curvas		X	sanitarias evita la
sanitarias.		, ,	proliferación de patógenos.
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	X		
interior del tanque.	**		
El sistema de cloración se	V		
encuentra en buen estado	X		

Durante la supervisión de campo se observó que el sistema de almacenamiento de aldea Carpintero se caracteriza por darle un mantenimiento eficiente al tanque de almacenamiento, y los aspectos evaluados con los que no cumplen se deben a la falta de implementación de mejoras en su estructura interna para prevenir el riesgo a que el agua almacenada sea contaminada.

Por lo tanto se recomienda fortalecer los procesos del mantenimiento y operación con la finalidad de mejorar el sistema

h. Aldea Calderas

Cuadro No.18 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea Calderas de San José Acatempa

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			La estructura no recibe
tanque se encuentra sin		V	ningún tipo de
daños en su estructura.		X	mantenimiento y con el
			tiempo se han ido
			deteriorando los acabados.
La tapadera que protege			Es segura más no recibe
el ingreso al tanque, es	X		ningún tipo de
segura y recibe			mantenimiento.
mantenimiento.			
El acceso al interior del			
tanque de	v		
almacenamiento cuenta	^		
con una medición			
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			No se cuenta con una
metálica para el ingreso		•	escalera para ingresar al
al tanque de		X	tanque, por lo que se
almacenamiento.			utiliza una escalera de
			varillas de madera
			improvisada.

Aspecto avaluado	Cumple	No	Hallazgos
Aspecto evaluado	Cumple	cumple	панагуоз
La escalera para accesar			La escalera que tiene el
al interior del tanque es			tanque es de varilla de
de aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
		•	tipo de mantenimiento, no
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.
Las paredes internas			Las paredes únicamente
están protegidas con		X	cuentan con un repello de
pintura epoxica.		, ,	concreto.
La parte interna de la			La parte interna de la
estructura tiene curvas		X	estructura en sus extremos
sanitarias.			tiene un ángulo de 90°.
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	X		
interior del tanque.	•		
El sistema de cloración se	X		
encuentra en buen estado	**		

Los aspectos evaluados en la estructura del tanque de almacenamiento tienen como objetivo evaluar si el sistema de almacenamiento cuenta con las características esenciales para asegurar la calidad del agua apta para el consumo humano, por lo tanto se hace necesario implementar las medidas necesarias para mejorar la estructura actual del sistema y fortalecer el proceso de potabilización.

i. Aldea Tunillas

Cuadro No.19 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea Tunillas de San José Acatempa

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			
tanque se encuentra sin	•		
daños en su estructura.	X		
La tapadera que protege			Es segura más no recibe
el ingreso al tanque, es	X		ningún tipo de
segura y recibe	••		mantenimiento.
mantenimiento.			
El acceso al interior del			
tanque de	X		
almacenamiento cuenta	•		
con una medición			
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			
metálica para el ingreso	V		
al tanque de	*		
almacenamiento.			
La escalera para accesar			Las escaleras que tiene el
al interior del tanque es			tanque son de varilla de
de aluminio.		X	hierro y no reciben ningún
			tipo de mantenimiento, ni
			se encuentran protegidas
			con pintura anticorrosiva.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
Las paredes internas			Tiene solamente un
están protegidas con		X	revestimiento de repello y
pintura epóxica.			no cuenta con protección
			de pintura epóxica
La parte interna de la			La estructura interna sus
estructura tiene curvas		X	terminaciones son de 90°
sanitarias.			lo cual hace que se
			acumule patógenos,
			hongos y sedimentos.
Existe válvula de limpieza			
y desnivel en el piso	V		
interior del tanque.	^		
El sistema de cloración se			El tanque de
encuentra en buen estado		V	almacenamiento cuenta
		X	con un sistema de
			cloración que los
			fontaneros municipales no
			utilizan y por ello se va
			deteriorando

Los aspectos evaluados en aldea Tunillas que no cumplen, se centralizan en la parte interna del tanque de almacenamiento ya que el agua se puede contaminar si no se toman las acciones correspondientes. La existencia de curvas sanitarias, la escalera para ingresar al tanque de aluminio, y la protección de las paredes con pintura epóxica, resguardan el almacenamiento del agua de la proliferación de patógenos, bacterias y contaminantes. Además la tapadera por ser de metal necesita mantenimiento y el proceso de desinfección debe de ser evaluado para mejoras del sistema y de la calidad del agua almacenada.

a. Aldea La Ceibita

Cuadro No.20 Estado y obras accesorias de la estructura de los sistemas de almacenamiento de aldea el Cujito.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del			Existen problemas de
tanque se encuentra sin		V	grietas en las paredes
daños en su estructura.		X	externas de las estructuras
			de los tanques de
			almacenamiento.
La tapadera que protege			No es segura debido a que
el ingreso al tanque, es		X	se encuentran con varias
segura y recibe		•	grietas, además no recibe
mantenimiento.			ningún tipo de
			mantenimiento.
El acceso al interior del			Debido a lo estrecho del
tanque de		V	acceso no todo tipo de
almacenamiento cuenta		^	personas puede ingresar
con una medición			al tanque.
superior a 60X60 cm.			
Existe escalera exterior			Debido a que los tanques
metálica para el ingreso		X	se encuentran cerca del
al tanque de			nivel del suelo no se utiliza
almacenamiento.			escalera exterior.
La escalera para accesar		•	Es de varilla de hierro, se
al interior del tanque es		X	encuentra oxidada y no
de aluminio.			recibe ningún tipo de
			mantenimiento.

Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos	
Las paredes internas			Tiene solamente un	
están protegidas con		X	revestimiento de repello y	
pintura epóxica.			no cuenta con protección	
			de pintura epóxica	
La parte interna de la			La estructura interna sus	
estructura tiene curvas		X	terminaciones son de 90°	
sanitarias.			lo cual hace que se	
			acumule patógenos,	
			hongos y sedimentos.	
Existe válvula de limpieza			Los tanques no cuentan	
y desnivel en el piso		V	con válvula de limpieza por	
interior del tanque.		^	lo que no reciben	
			mantenimiento y el piso	
			interior no cuenta con	
			desnivel.	
El sistema de cloración se		V	No existe ningún tipo de	
encuentra en buen estado		*	cloración en el agua	
			distribuida en la aldea.	

En el caso de la evaluación realizada en aldea La Ceibita, podemos observar que ningún aspecto evaluado cumple con lo establecido, esto se debe a la falta de mantenimiento al sistema, además de que actualmente no se han implementado procesos fundamentales como la desinfección y la remoción de sólidos que contiene el agua debido a la fuente de la que es obtenida.

Es necesario que la municipalidad realice las modificaciones necesarias al sistema y la población exija que cumplan con sus obligaciones como lo establece el código municipal y el código de salud ya que es un derecho contar con agua de cálidad apta para consumo humano.

7.2.2 Capacidad de los tanques de almacenamiento de los sistemas de agua potable de San José Acatempa.

A continuación en el cuadro No.21 se presentan los datos de la capacidad de los tanques de almacenamiento por aldea, incluyendo el número de usuarios de cada una, caudal en época seca lluviosa en el mes de mayo del año 2015.

Cuadro No.23 Capacidad de los tanques de almacenamiento de agua potable por aldea del municipio de San José Acatempa.

Nombre de la aldea donde se ubica el tanque de almacenamiento	Número de personas que utilizan el servicio	Caudal de entrada época Iluviosa	Volumen del tanque capacidad máxima en m³
La Carretera	875	4.88 lts/s	28.377
El Cujito	540	6.16 lts/s	272
Llano Grande	3,000	5.88 lts/s	112.34
San José Acatempa	5,139	7.75 lts/s	292.2
		11.02 lts/s	146.754
El Copante	750	5.05 lts/s	No cuenta con
			tanque de
			almcacenamiento
El Tablón	555	7.89 lts/s	19.644
Delicias y Valle	1,575	6.85 lts/s	83.146
Abajo			
Carpintero	1,175	6.18 lts/s	124.018
Calderas	1,140	4.094 lts/s	105.458
Tunillas	2,040	6.889	146.754
Ceibita	2,250	4.15 lts/s	25.869
		4.05lts/s	32

Fuente: La autora, 2015.

El cuadro No.23 nos muestra los datos necesarios para conocer la capacidad de agua que puede ser distribuida a cada aldea del municipio de San José Acatempa pero el principal problema para que la población pueda gozar de un servicio estable, es la falta de recursos económicos para la compra del combustible para el funcionamiento de los sistemas por bombeo. Por lo que el agua es racionalizada en cada aldea dando el agua a la población con promedio de dos a tres horas por cada uno de los sectores que el fontanero ha establecido.

Por lo tanto la población no puede contar con un servicio de agua potable las 24 horas, aunque la fuente de captación de agua potable tenga la capacidad para abastecer a la población, debido a que el servicio de agua potable municipal no tiene la capacidad económica de ser auto sostenible.

Las aldeas que cuentan con un sistema por gravedad (aldeas La Carretera y La Ceibita) reciben un servicio 24 horas todos los días, en el casco urbano del municipio se trata de brindar el servicio a cada 36 horas, distribuyendo el agua dos horas por sector.

En el caso de las otras seis aldeas, (Llano Grande, El Cujito, Tunillas, Delicias, Valle Abajo, El Tablón), pueden llegar a pasar algunos cinco días sin recibir del servicio de agua.

Los problemas identificados para brindar un servicio de eficiencia y calidad fueron:

- Falta de combustible para el funcionamiento de los sistemas por bombeo.
- Falta de mantenimiento a las bombas de agua.
- 3. Personal capacitado con horarios establecidos.
- 4. Actualmente un 40% de la población no paga el servicio de agua potable.

7.2.3 Planos de los tanques de almacenamiento de los sistemas de agua potable del San José Acatempa.

En el Anexo V, página No103 se encuentran los planos realizados a los tanques de almacenamiento de los sistemas de agua potable del municipio de San José Acatempa.

7.3 Manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable

7.3.1 Resumen de los componentes del manual

El manual propuesto se titula "Manual de Operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa", el cual se puede encontrar en el anexo II, inciso d.

El manual es una herramienta que presenta un conjunto de actividades que permiten la operación de los sistemas de almacenamiento de una manera eficiente, en cada aldea, las actividades se han planificado con el fin de fortalecer el trabajo del personal y así brindar un servicio de calidad.

En el manual se presentan tres áreas en donde se desarrollarán las diferentes actividades: el lugar de la fuente de abastecimiento, el tanque de almacenamiento y la oficina municipal de agua potable. Cada una de las acciones que se realicen en las tres áreas es fundamental para un adecuado funcionamiento del sistema.

Además se ha establecido un equipo de trabajo en donde permite la intervención de la municipalidad y la comunidad, lo cual fortalece un desarrollo sostenible del sistema, cada persona juega un papel importante para asegurar el desarrollo de las actividades.

7.3.2 Validación del manual

El manual fue validado por el personal involucrado en la administración del servicio de agua potable, a través de la involucración en las fases de investigación en donde ellos participaron en las visitas y observaciones de campo y al enfrentar la situación actual se dieron cuenta de que era necesario crear el manual.

Lo anterior contribuyó a aumentar su participación y la facilitación de la información del estado actual real de la calidad de los tanques de almacenamiento y el agua potable distribuida.

Las experiencias compartidas en los procesos realizados actualmente por los fontaneros municipales fueron una fuente importante de información para complementar el conjunto de procesos establecidos para la operación y mantenimiento del manual.

En el Anexo VI, página No.104 se adjunta el manual de operación y mantenimiento.

7.3.3 Socialización

A través de una capacitación realizada al personal administrativo y de campo de la oficina de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa. Se socializaron los temas y la función que tendría el manual de operación y mantenimiento del sistema de almacenamiento del municipio.

La actividad fue realizada con el objetivo de introducir al personal que administra el recurso, a utilizar la nueva herramienta que se les proporcionó. Además de que pudieran familiarizarse con los temas que enriquecer su conocimiento en cuanto a la calidad del agua potable.

A la actividad asistieron 12 de los 18 fontaneros municipales, los tres coordinadores de la oficina municipal del servicio de agua potable, cinco presidentes de COCODE y la encargada del área de saneamiento ambiental del Centro de Salud Pública y Asistencia Social del municipio, el objetivo de

estuvieran presentes las diferentes personas involucradas en el tema, fue para sensibilizar e informar acerca de la necesidad de mejorar la calidad del servicio de agua potable,



Figura No 8. Capacitación realizada al personal administrativo y de campo de la oficina de agua potable de la municipalidad de San José Acatempa. Fuente: La autora, 2015.

VIII. CONCLUSIONES

- **8.1** Con la evaluación realizada a los 11 sistemas de almacenamiento y calidad del agua potable, se determinó que tres de los sistemas en su estructura necesitan mejorar ya que no cumplen con ningún aspecto de la evaluación y el agua que distribuyen los mismos, no es potable.
- 8.2 Se determinó que en las aldeas Llano Grande, El Cujito, San José Acatempa, El Copante, El Tablón, Valle Abajo, Delicias, Carpintero y Tunillas distribuyen agua apta para consumo humano, ya que los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua indican que todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos cumplen con los límites que indica la norma, en el caso de las aldeas La Carretera, Calderas y La Ceibita, los parámetros microbiológicos no cumplen con los limites establecidos, por lo tanto no es apta para consumo humano.
- 8.3 Al verificar el estado de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa se identificó que nueve de los sistemas se encuentran aceptables, ya que realizan el trabajo necesario para que el agua sea potable, pero es importante que las estructuras reciban un mantenimiento anual y se puedan implementar modificaciones en su parte interna para mejorar el aseguramiento de la calidad del agua.

En el caso de aldea el Copante, que cuenta con un sistema de distribución directo se ve en la necesidad de la implementación de obras accesorias como el proceso de desinfección y tanque de almacenamiento.

8.4 Se redactó un manual de operación y mantenimiento para los sistemas de almacenamiento de agua potable, con el objetivo de apoyar y fortalecer la administración del servicio, como una herramienta para los trabajadores. Este contiene la organización y funcionamiento desde la

estructura administrativa, procedimientos de operación y mantenimiento, registro y evaluación de actividades y demás acciones que intervienen para el fortalecimiento en la eficiencia del sistema.

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 El mantenimiento de la calidad de los sistemas de almacenamiento y del agua potable del municipio de San José Acatempa, requieren de la aplicación e implementación de manual de operación y mantenimiento del servicio de agua potable del municipio, ya que en él están establecidas las actividades requeridas para asegurar la calidad del agua potable. Además se recomienda evaluar anualmente los sistemas, utilizando los instrumentos implementados en la investigación y principalmente la realización de los análisis de agua por sistemas; según lo establece la norma COGUANOR NTG 29 001.
- 9.2 La implementación de las actividades de operación y mantenimiento establecidas van directamente enfocadas en asegurar la calidad del agua, en función de que los parámetros del agua potable cumplan con los límites establecidos por la norma COGUANOR NTG 29 001. Por lo que es necesario que cada una de las personas encargadas de estas actividades según lo establece el manual, cumplan con su trabajo.
- 9.3 Debido a que según el código municipal y código de salud del Congreso de la República indican que es obligatoriedad de las municipales brindar agua potable, apta para consumo humano, deben de realizarse las modificaciones propuestas a los tanques de almacenamiento del municipio de San José Acatempa principalmente en las aldeas de La Carretera y La Ceibita, ya que la población en dicho lugar está consumiendo agua no apta para consumo humano.

Además de manera general se recomienda mejorar las estructuras internas de los tanques de almacenamiento del sistema de agua potable, tales como:

- a. Implementación de curvas sanitarias en el interior de tanque de almacenamiento.
- b. Proteger las paredes internas con pintura epóxica.
- c. Revestir las escaleras para accesar al interior del tanque con pintura anticorrosiva o cambiarlas por escaleras de aluminio.
- d. En su interior todos los tanques deben de tener una válvula de limpieza y el desnivel adecuado en el piso interior del tanque de almacenamiento.
- e. Las tapaderas que protegen el ingreso al tanque deben ser seguras y recibir mantenimiento.

Y para las dos aldeas, La Carretera y La Ceibita, es de suma importancia que realicen modificaciones a los tanques de almacenamiento, se implemente un manteniendo a la estructura y se realice la instalación de las obras accesorias propuestas, debido a que el descuido de la estructura tiene una incidencia directa en la calidad del agua.

9.4 Debe ser realizada la actualización a la información en el manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, al ejecutar cualquier cambio o modificación en el sistema.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Municipal de Extensión. 2013. Diagnóstico del Municipio de San José Acatempa. Jutiapa, GT., Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 41p.
- Barahona, Cesar. 2015. Manejo y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del pueblo de San José Acatempa, Jutiapa (Entrevista).
 Administrador municipal de la PTAR. San José Acatempa, Jutiapa, GT.
- Bolivia. Ministerio del Agua. Viceministerio de Servicios Básicos. 2007.
 Manual de operación y mantenimiento de los sistemas de agua rurales. La Paz. Edit. ABBASE LTDA. 65p. Documento en PDF.
- Cabrera Jiménez, M. 2015. Manejo y situación de los servicios municipales prestados al municipio de San José Acatempa (Entrevista). Coordinador del equipo de mantenimiento de la municipalidad de San José Acatempa, Jutiapa, GT.
- Carbajal A, A; Gonzáles F, M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. (En línea). Consultado el 12 de septiembre de 2016. Disponible en: https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf
- CARE Internacional AVINA. 2012. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Ecuador. 125p. Documento en PDF.
- 7. Castañeda Contreras, C. et al. 2005. "Diagnóstico Socioeconómico, Potencialidades Productivas Y Propuestas de Inversión del municipio de San

- José Acatempa, Jutiapa". Informe General. Guatemala, GT., USAC. Facultad de Ciencias Económicas. 508p.
- COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas). 1999 2010. Coguanor
 29 001 Agua Potable. Guatemala, GT. Ministerio de Economía. 15p.
- Colon de Moran, E.; Morales de la Cruz, M. (Eds.) 2011. Política Nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia. Guatemala, GT. Secretaria de la Comunicación Social de la Presidencia de la República. 48 p. Documento en PDF.
- 10. Davis, M. L., Masten, S. J. 2005. Ingeniería y Ciencias Ambientales. México. DF. Edit. McGraw-Hill. 342 349p.
- 11. Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaría de Salubridad y Asistencia. 1984.
 Manual de Saneamiento Agua, Vivienda y Desechos. 4. ed. México. D.F.
 LIMUSA. 88 p.
- 12. Gonzales S, Gilberto. 2012. Manual de funciones. (En línea). Consultado el 12 de septiembre del 2016. Disponible en: https://gilbertogonzalezsanchez.files.wordpress.com/2012/10/trabajo-3-definicic3b3n-del-manual-funciones.pdf
- Guatemala. Congreso de la República. 1997. Decreto Número 90-97.
 Código de Salud. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Diario oficial.
 p. 13-15.
- 14. _____. 2002. Decreto 12-2002. Código Municipal. Guatemala, GT. Edit. Jiménez y Ayala. 46 p.
- 15.______. 2009. Decreto 178-2009. Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, GT. 4 p. Documento en PDF.

- 16. ______. 2009. Decreto 1148-2009. Manual de Normas Sanitarias que establecen los procesos y métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, GT. 7 p. Documento en PDF.
- 17. Hernández, M. R. 2015. Ubicación del municipio de San José Acatempa, Jutiapa (Entrevista). Encargado de la Oficina Municipal Forestal. San José Acatempa, Jutiapa, GT.
- 18. Herrera Hernández, B.B., et al. 2013. "Diagnóstico Socioeconómico, Potencialidades Productivas Y Propuestas de Inversión del municipio de San José Acatempa, Jutiapa". Informe General. Guatemala, GT. USAC. Facultad de Ciencias Económicas 420 p.
- 19.IICA 2000. Redacción de referencias bibliográficas: Normas Técnicas del IICA y CATIE. Costa Rica. (En línea) Consultado el 20 marzo de 2015. Disponible en: http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/Documentacion/BibliotecaVenezuel a/Documents/Redacci%C3%B3n-Referencias-Bibliogr%C3%A1ficas.htm
- 20. Lenntech. 2006. Agua residual & purificación del aire. (En línea) consultado el 10 de septiembre del año 2016. Disponible en: http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf
 - 21. México. Secretaria de Relaciones Exteriores. 2004. Guía Técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. (En línea) Consultado el 15 de mayo del año 2015. Disponible en: http://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_proc.p df
- 22. OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2006. Guías para la calidad del agua potable. (En línea) Consultado el 10 de septiembre del año 2016.

Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwg3_es_fulll_lowsres.pdf

23. Par Rojas, J. A. 2015. Análisis de las muestras de agua potable de los sistemas de almacenamiento de San José Acatempa. Guatemala, GT. ECOQUIMSA.

- 24. Par Rojas, J. A. 2015. Elaboración de cuadros y captura de fotografías. San José Acatempa, Jutiapa, GT.
- 25. Pérez, K. 2015. Evaluación de la calidad del agua potable. (Entrevista). Licenciada química en farmacias. Mazatenango, Suchitepéquez. GT.
- 26. Reyes, G. 2015. Evaluación de la calidad de la estructura de los sistemas de almacenamiento de agua potable. (Entrevista). Ingeniero Civil. Mazatenango, Suchitepéquez. GT.
- 27. Salazar Salazar, O. A. 2015. Situación actual de los servicios municipales de San José Acatempa (Entrevista). Sub-director de la Oficina Municipal de Planificación. San José Acatempa, Jutiapa, GT.
- 28. Salguero, M. 2007. Escurrimiento Superficial y Métodos de Aforo. Guatemala, GT. USAC. Facultad de Agronomía. 7p.
- 29. Sociedad Aguas Antiqueño S.A. 2010. Manual de operación, mantenimiento y control del acueducto urbano municipio de Yarumal-Antioquia. Yarumal, Antioquia, CO. 85 p. Documento en PDF.

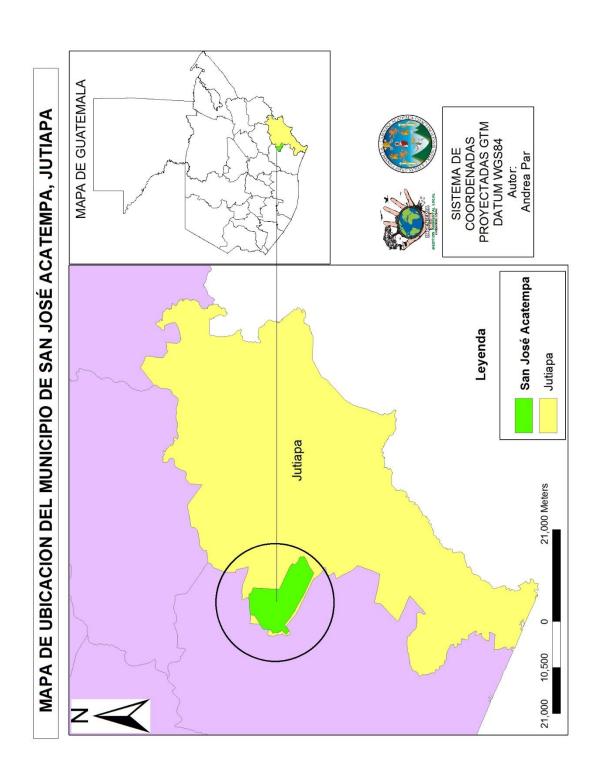
Vo. Bo.

Licda. Ana Teresa Cap Ves
Bibliotecaria del Centro Universitario del Suroccidente

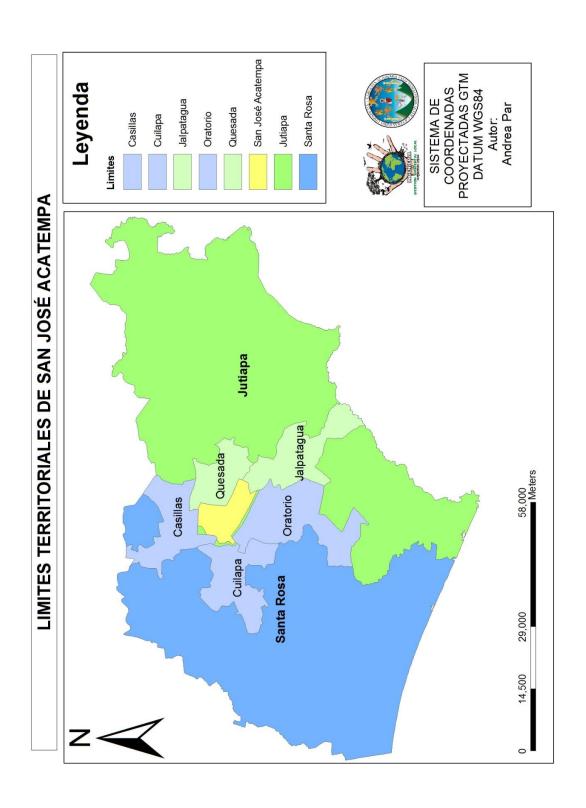
XI. ANEXOS

ANEXO I: MAPAS DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA

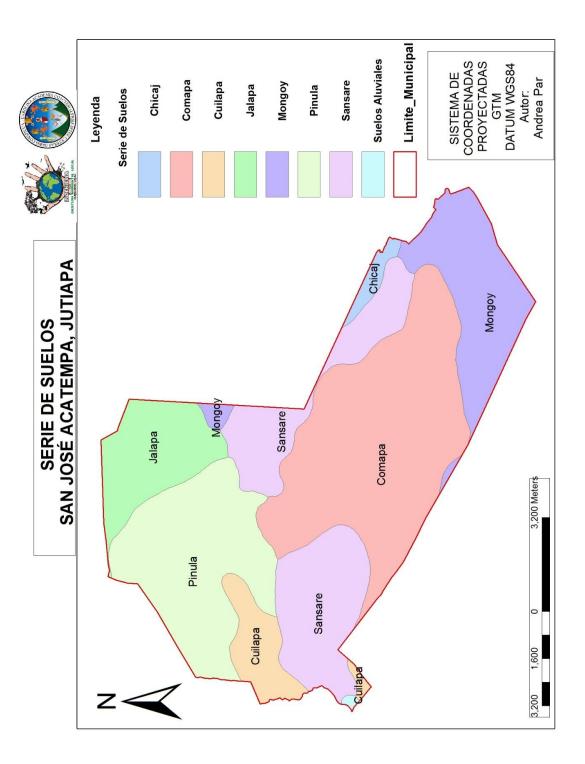
a. Mapa de ubicación del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.



b. Mapa de las zonas de vida del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.



 Mapa de la clasificación de suelos del municipio de San José Acatempa, Jutiapa



2. Mapa de las quebradas y ríos del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

ANEXO II: Entrevista realizada a fontaneros municipales



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



BOLETA DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA.

Ubicación del tanque:			
Coor. X: Fontaneros encargados:			
Datos generales del tanque			
Fuente de abastecimiento:			
Cloración (Pastillas / día):			
Sistema de distribución:			
Medidas internas del tanque:			
aL		h	
Medias externas del tanque:			
aL		h	
Tiempo de llenado del tanque: Caudal de entrada:	t1:	t2:	- _ t3:

ANEXO III: Formato de check list

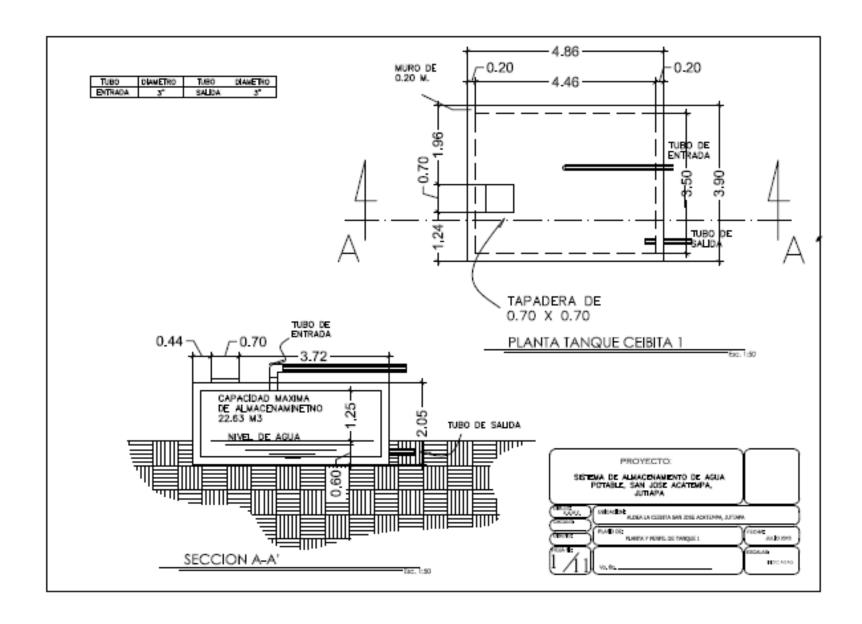
Aspecto evaluado	Cumple	No cumple	Hallazgos
La estructura externa del tanque			
se encuentra sin daños en su			
estructura.			
La tapadera que protege el			
ingreso al tanque, es segura y			

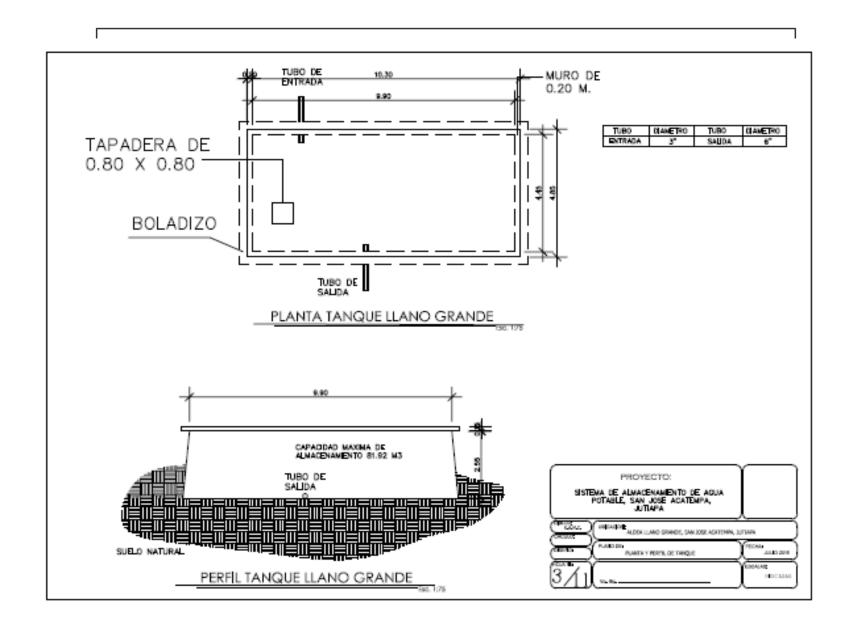
recibe mantenimiento.		
El acceso al interior del tanque		
de almacenamiento cuenta con		
una medición superior a 60X60		
cm.		
Existe escalera exterior metálica		
para el ingreso al tanque de		
almacenamiento.		
La escalera para accesar al		
interior del tanque es de		
aluminio.		
Las paredes internas están		
protegidas con pintura epóxica.		
La parte interna de la estructura		
tiene curvas sanitarias.		
Existe válvula de limpieza y		
desnivel en el piso interior del		
tanque.		
El sistema de cloración se		
encuentra en buen estado		

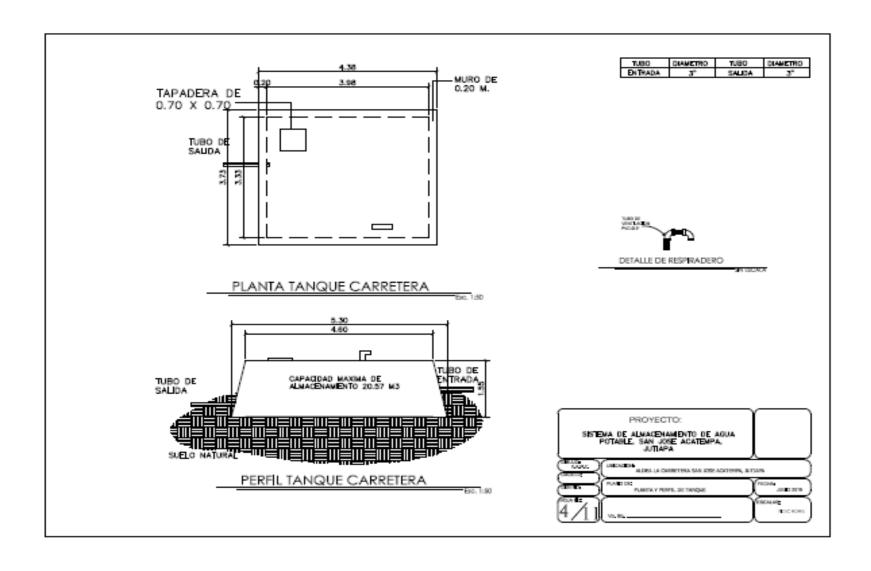
ANEXO IV: Formato de envió de muestras

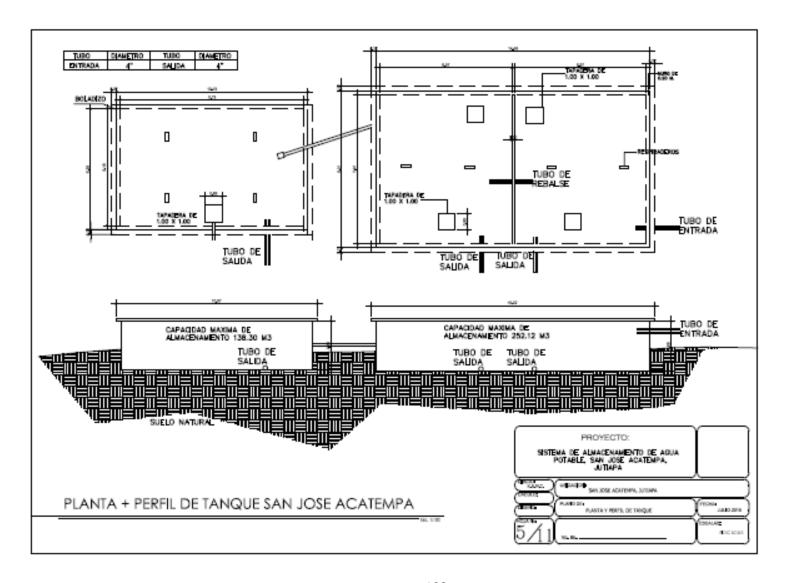
ANEXO V: Planos de los tanques de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa.

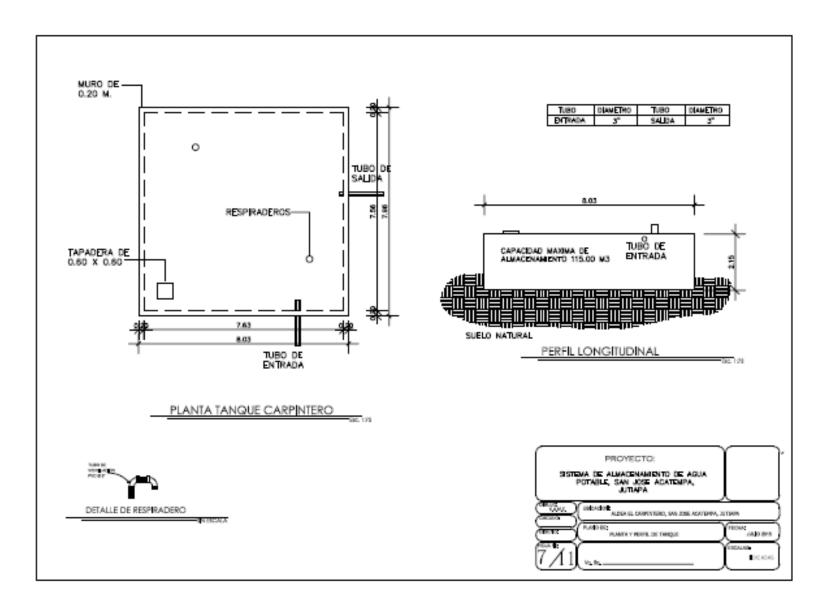
ANEXO VI: Manual de operación y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de agua potable en el municipio de San José Acatempa, Jutiapa

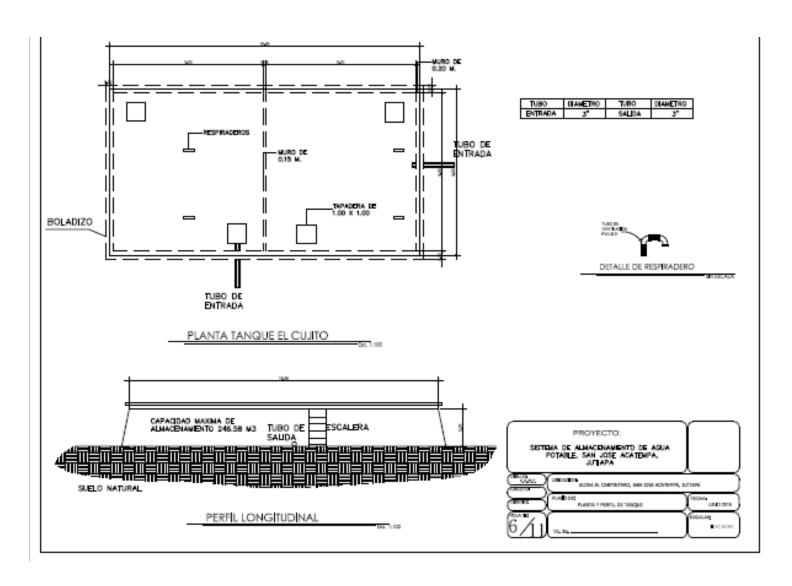


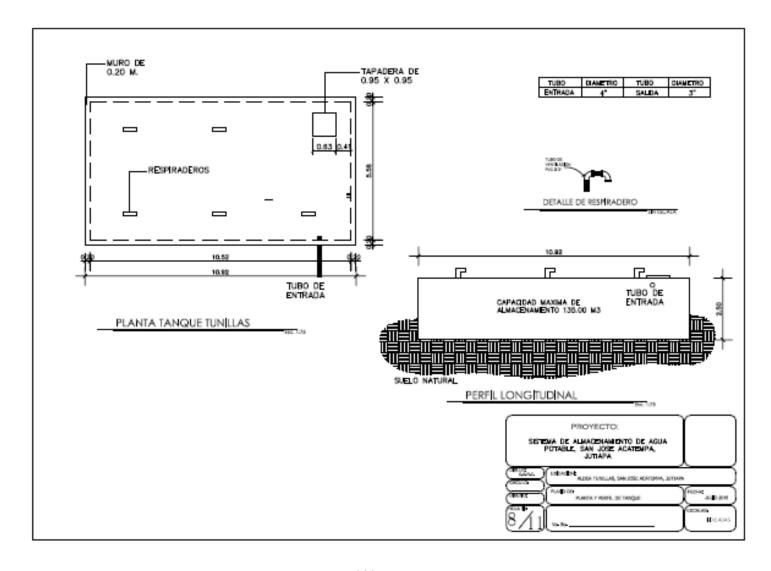


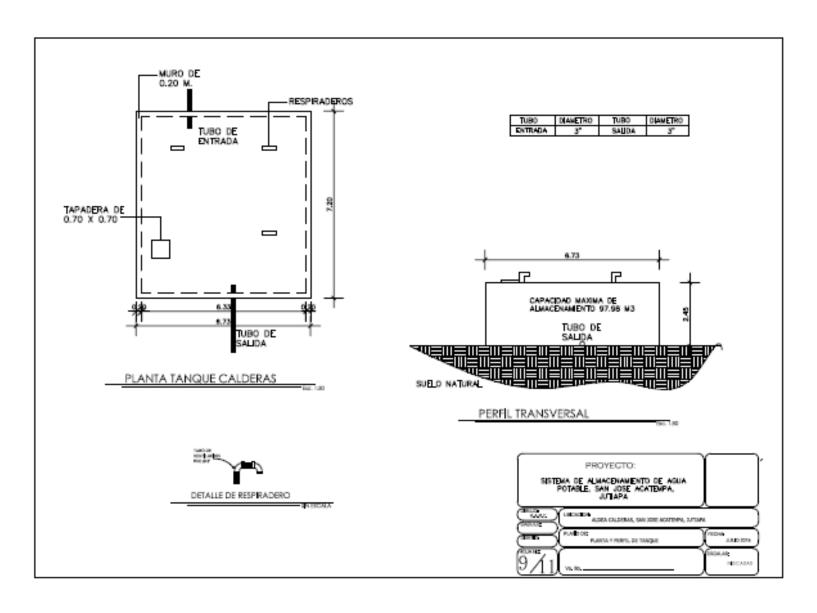


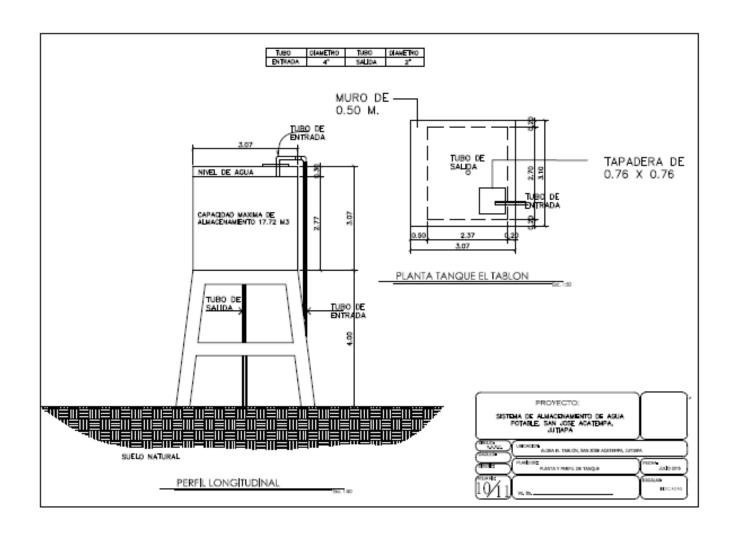


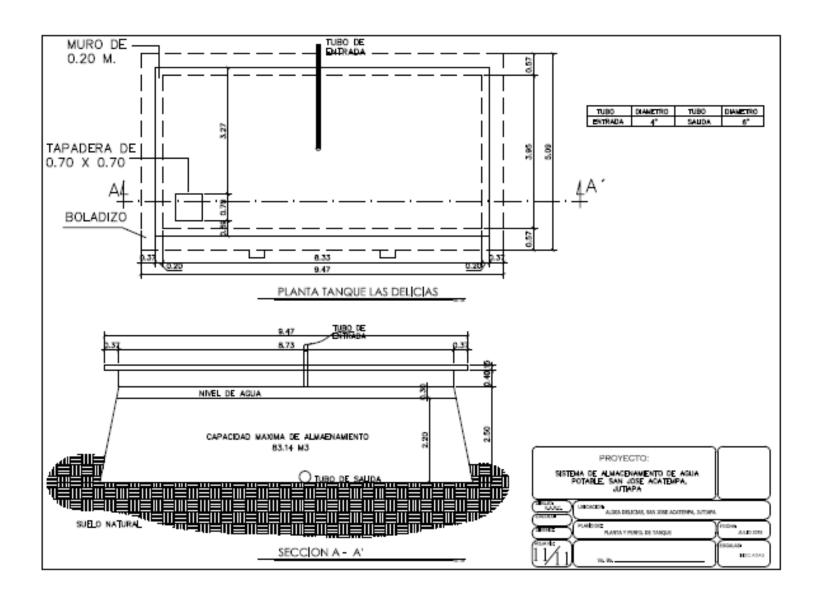














UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.

Mazatenango, Suchitepéquez 2015 Jacqueline Andrea Par Rojas



INDICE GENERAL

C	TNC	ENIDO	PÁG
	I.	Introducción	1
	II.	Información general de la estructura administrativa del sistema de agua potable, del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	2
	2.1	Organización de la estructura administrativa del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	3
	2.2	Descripción general de las atribuciones de cada puesto dentro de la estructura administrativa del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	4
	2.	2.1 Descripción de las actividades realizadas por el personal del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	6
	III.	Actividades de operación y mantenimiento del sistema de almacenamiento del municipio de San José Acatempa, Jutiapa	9
	3	3.1 Actividades de operación de tanques de almacenamiento de agua potable	10
	3	3.2 Descripción de las actividades de mantenimiento de la fuente de abastecimiento de agua potable	14
	IV.	Información para el funcionamiento del servicio de agua potable del municipio se San José Acatempa	16
	4	4.1 Plan de contingencias para el sistema de agua potable de San José Acatempa	17
	2	4.2 Tabla de cloración de los sistemas de agua potable de San José Acatempa	18
	4	4.3 Determinación de la cloración del agua potable	19
	V. VI.	BIBLIOGRAFIA	21 22.

I. NTRODUCCIÓN

El manual de operación y mantenimiento del sistema de almacenamiento de agua potable, está enfocado de acuerdo a las necesidades encontradas en el municipio de San José Acatempa, Jutiapa. Este documento describe las actividades de operación, mantenimiento y control de la calidad del agua potable que deben realizarse para el óptimo funcionamiento del servicio.

El objetivo principal del manual es brindar a los operadores del servicio de agua potable una herramienta que facilite el trabajo que se realiza para el funcionamiento del servicio de agua potable del municipio, a través de la delegación de actividades a diferentes grupos del personal que es parte de la oficina de agua potable.

El manual es una guía ordenada y practica para que pueda ser consultada y utilizada por el personal encargado de la operación y mantenimiento, indica los aspectos que deben ser revisados en cada parte del proceso, tomando en cuenta las acciones de limpieza y mantenimiento; llevando así el registro de los resultados de las actividades realizadas y con ello verificar el cumplimiento de los procedimientos para garantizar la calidad del agua suministrada a la población.

El conocimiento y utilización del manual contribuye con la facilitación de las tareas para el personal encargado, ya que indica los aspectos sobre los cuales deben centrarse las actividades de supervisión, facilitando la verificación del cumplimiento de las actividades para mantener el sistema.

El manual contiene las recomendaciones para prevenir, corregir y disminuir los errores que puedan presentarse en el funcionamiento de sistema de almacenamiento de agua potable y poder seguir brindando un servicio de calidad a la población.



II. NFORMACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.

2.1 Organigrama de la estructura administrativa del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

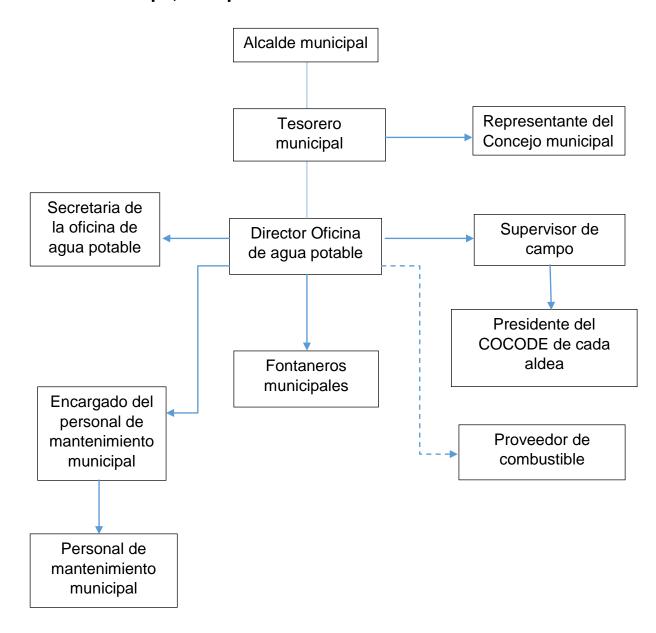


Figura No. 1 Organigrama del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa.

Fuente: El autor, con base a la información proporcionada por la oficina municipal del servicio de agua potable. 2015.

2.2 Descripción general de las atribuciones de cada puesto dentro de la estructura administrativa del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

Cuadro No.1 Descripción general de la estructura administrativa del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

PUESTO	FUNCIÓN A DESARROLLAR		
Alcalde municipal	Miembro del concejo municipal, es la persona que toma las decisiones en la administración de los recursos del municipio.		
Tesorero municipal	Es la persona encargada de velar que en el presupuesto municipal se incluya la partida para el mantenimiento del servicio de agua potable. Además se debe asegurar de que se realice la comprar de los insumos utilizados mensual, semestral y anualmente para el servicio.		
Representante del concejo municipal	Es la persona designada por el consejo municipal para supervisar e informar acerca de la administración y funcionamiento del servicio de agua potable en el municipio.		
Director de la oficina de agua potable	 Encargado de administrar el funcionamiento del servicio de agua potable. Se asegura de que todas las personas que son parte del equipo de trabajo del servicio de agua potable, cumplan con sus actividades asignadas. Es el enlace directo con las autoridades municipales, debe presentar informes del funcionamiento del servicio. 		
Supervisor de campo de la oficina de agua potable	Encargado de supervisar y apoyar las actividades realizadas por los fontaneros. Su trabajo es apoyado por el representante del COCODE de cada aldea.		

PUESTO	FUNCIÓN A DESARROLLAR
Fontaneros municipales	Son las personas encargadas de operar y darle mantenimiento al servicio de agua potable del municipio. Debe de existir un fontanero por cada aldea, dependiendo del caso puede ser dos.
Presidente del COCODE de cada aldea	Es la persona encargada de velar por que a su aldea se le brinde un servicio de calidad, además debe brindarle todo el apoyo necesario al fontanero municipal para las actividades de mantenimiento al servicio.
cada aldea	Debe de incluir la participación de la población de la comunidad para que apoyen en la limpieza de tanques de almacenamiento y aseguramiento de la zona donde se encuentra la fuente de abastecimiento de agua.
Encargado del personal de mantenimiento municipal	Organiza y designa a los fontaneros municipales con la disposición del personal de mantenimiento para la realización de actividades especiales.
Proveedores de combustible	Es el personal designado por la municipalidad para proveer el combustible a las aldeas que cuentan con sistema por bombeo del servicio de agua potable.

Fuente: El autor, 2015.

2.2.1 Descripción de las actividades realizadas por el personal del servicio de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

El personal encargado de la oficina administrativa del servicio de agua potable lleva el control del funcionamiento del servicio, se encarga de verificar y participa en los diferentes procesos que intervienen en la potabilización del agua. A cada persona de la oficina se le ha asignado un cargo que permite que el personal administrativo esté relacionado con el personal de campo, lo cual permite tener un mejor manejo del servicio.

A continuación en el cuadro No.2 se plantean una serie de actividades las cuales deben ser ejecutadas por el personal de la oficina del servicio de agua potable encargado según la tabla, en un tiempo establecido según la fecha de ejecución.

Cuadro No.2 Descripción de las actividades de los operadores del servicio de agua potable

No.	Descripción de la actividad	Encargado de la actividad	Fecha de ejecución
1	Presentar ante el consejo municipal un	Director de	Primera
	informe del trabajo realizado en el año, este	la oficina de	semana de
	debe incluir una evaluación de la calidad	agua	noviembre
	del sistema de almacenamiento y	potable	de cada año.
	distribución del agua potable por aldea.		
2	Presentar al consejo y tesorero municipal la	Director de	La primera
	solicitud de la realización de los análisis	la oficina de	semana de
	físicos, químicos y microbiológicos para	agua	enero.
	cada uno de los sistemas de	potable	
	almacenamiento y distribución de agua		
	potable.		
3	Verificar el archivo de los análisis de la	Director de	Primera
	calidad del agua, de cada uno de los	la oficina de	semana de
	sistemas de almacenamiento y distribución	agua	diciembre.
	de agua potable del municipio.	potable	

No.	Descripción de la actividad	Encargado de la actividad	Fecha de ejecución
4	 Realizar un plan de capacitaciones anual, este debe incluir lo siguiente: Gestión de los recursos que se utilizarán para el desarrollo de las capacitaciones, el plan debe incluir los siguiente: Calendario anual de capacitaciones. Deben de elegirse temas que fortalezcan el conocimiento en cuanto al tema de agua potable, relaciones laborales, etc. Seleccionar a los capacitadores para cada tema. 	Director de la oficina de agua potable	Primero semana de diciembre
5	Una vez al año debe actualizarse la información técnica e incluir cualquier modificación realizada en el sistema de almacenamiento y distribución de agua potable del municipio.	Secretaria de la oficina de agua potable.	Del 3 al 15 de noviembre de cada año
6	Realizar un archivo con la información de cada uno de los sistemas de almacenamiento de agua potable del municipio.	Secretaria de la oficina de agua potable	Muestra 1: Del 15 al 30 de enero Muestra 2: Del 03 al 15 de noviembre.
7	Recolección de las muestras de agua potable para la realización de los análisis físico-químicos y microbiológicos de cada uno de los sistemas de agua potable.	Supervisor de campo y fontaneros municipales.	Muestra 1: Del 01 al 10 de febrero. Muestra 2: del 15 al 25 de noviembre.
8	 Preparación y gestión para la realización de capacitaciones. Debe incluir lo siguiente Confirmar a los capacitadores. Gestionar lugar y comida. Elaborar listados de asistencia a las capacitaciones. Confirmar la llegada de los asistentes. 	Secretaria de la oficina de agua potable.	Del 15 al 30 de enero.

No.	Descripción de la actividad	Encargado de la actividad	Fecha de ejecución
9	 Llevar un control del mantenimiento realizado a: Fuente de abastecimiento de cada sistema. Componentes de los sistemas por bombeo. Componentes de los sistemas por gravedad. 	Secretaria de la oficina de agua potable y supervisor de campo.	Del 20 al 30 de cada mes
10	Registrar las anomalías o reparaciones que requieran cada uno de los sistemas. • Reporte mensual • Fotografías	Secretaria de la oficina de agua potable y supervisor de campo.	Del 25 al 30 de cada mes
11	Solicitar el material para la reparación de los sistemas.	Secretaria de la oficina de agua potable.	Cada vez que sea necesario
12	Llevar el registro de pH y cloro residual de cada sistema, mensualmente, deben de solicitarse los reportes de los fontaneros.	Supervisor de campo.	Una vez al mes
13	Realizar un registro de las reparación y mejores realizadas a cada uno de los sistemas, incluir fotografías.	Supervisor de campo.	Mensualmen te

Fuente: El autor, 2015.



III. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.

3.1 Actividades de operación en los tanques de almacenamiento de agua potable.

Por las características de los tanques de almacenamiento del municipio de San José Acatempa, se determinaron las actividades de mantenimiento y operación que cubren las necesidades que son requeridas para el funcionamiento del servicio, estas se describen en el cuadro No. 3 a continuación.

Cuadro No.3 Actividades de operación para los tanques de almacenamiento de agua potable.

No.	Descripción de la actividad	Fecha de ejecución	Encargad la activi
1	 LAVADO DE TANQUES DE LA PARTE INTERNA 1. La solución madre de cloro se prepara de la siguiente manera: En una cubeta de 5 galones de agua agregar 1/2 libra de cloro granulado, mover constantemente por 5 minutos. Deben utilizarse dos cubetas por tanque. 2. Con cepillos metálicos raspar las paredes. 3. Luego remojar las escobas en la solución de cloro y lavar las paredes con las mismas. 4. Dejar que el cloro actue en las paredes dejando una hora en reposo (ninguna persona debe quedar adentro) 5. Luego lavar con abundante agua para que no quede residuos de cloro dentro del tanque. 6. Llenar el tanque. 	Del 1 al 5 de cada mes	Por car sistema aldea de particip Fontane encarga (líder de actividad Un represent del COCO Tres pers del equip mantenim
No.	Descripción de la actividad	Fecha de ejecución	Encargad la activi
2	IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS, INCLUYE LOS SIGUIENTES ✓ Grietas, ✓ Infiltración o filtración de agua ✓ Estructura en mal estado ✓ Tapadera necesita pintura o reparación ✓ Tubería en mal estado ✓ Cambio de llaves ✓ Otros	Del 1 al 5 de cada mes	Fontand encargad president COCOI
3	AFORO DEL CAUDAL Utilizar una cubeta de 5 galones y llenarla tres veces, debe	Del 1 al 5 de cada	Fontano encarga

	tomar el tiempo que tarda en llenarse cada una de los intentos. Anotar resultado en hoja de registro que se encuentra en ANEXO página No. 29	mes	president COCOI
4	 INSPECSION DE RUTINA a. Controlar la tapa sanitaria de ingreso al tanque y cuidar que siempre esté en su lugar y asegurarla con candado. b. Mantener debidamente protegidas las entradas de aire para evitar el ingreso de objetos extraños o animales dentro del tanque. c. Revisar la tapa sanitaria y las cámaras de llaves. d. Revisar las tuberías de ingreso, salida y ventilación, limpieza y rebalse. e. Revisar que el clorador mantenga pastillas de cloro. 	Todos los días	Fontan encarga
No.	Descripción de la actividad	Fecha de ejecución	Encargad la activi
5	 MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL Y PH UTILIZANDO COMPARIMETRO DE CAMPO a. Debe de seleccionarse la casa más cercana y la más lejana al sistema para tomar una muestra de agua que se introduce al recipiente del comparimetro, para luego aplicar en cada parte del recipiente los líquidos para medir el cloro residual y el pH. b. Registrar y reportar la medida del cloro residual y pH se encuentre dentro de los parámetros establecidos por la norma COGUANOR 29 001 los cuales se deben ser de 0.5 a 1.0 mg/L. Hoja de registro en ANEXO en página No. 28 	Diariament e	Fontan encarga

Fuente: el autor, 2015.

Recomendaciones generales:

- Las personas que participen en el lavado del tanque debe contar con el debido equipo de protección personal:
 - ✓ Lentes, previenen el contacto con sustancias toxicas o peligrosas en los ojos.
 - ✓ Mascarilla, permite inhalar el aire menos toxinas del cloro.

- ✓ Guantes, son necesarios para cubrir las manos al momento de manipular el cloro y evitar lesiones.
- ✓ Botas de hule, es una práctica de higiene sanitaria y protección del calzado.
- ✓ Vestimenta adecuada para la actividad.
- ✓ Redecillas: servirá para prevenir la caída del cabello en el agua potable, es parte importante como norma de higiene.

NOTA: Cada fontanero contará con un equipo adicional para cuatro personas más que lo apoyen en el lavado de los tanques. Este debe estar compuesto por:

- √ 5 pares de anteojos
- √ 5 mascarillas desechables
- √ 5 pares de guantes plásticos
- ✓ cubetas pláticas de 5 galones
- √ 5 pares de botas
- √ 5 escobas
- √ 5 cepillos metálicos
- √ 5 libras de cloro granulado

La municipalidad debe ser la encargada de sensibilizar a la población para que sea participe de las actividades de mantenimiento del sistema de almacenamiento de agua potable.

Descripción de las actividades de mantenimiento de la fuente de abastecimiento de agua potable.

Cuadro No.4 Actividades de mantenimiento de la fuente de abastecimiento de agua potable.

No.	Actividades externa de la fuente	Fecha de ejecución	Encargado de la actividad	Materiales
1	 Limpieza del área alrededor de la fuente de captación de agua (5 metros radiales). La misma consistirá en: Quitar la maleza, cualquier material extraño. Verificar el impedimento del ingreso de animales Podar los árboles de la zona. No debe realizar quemas la zona (basura). Despejar el camino hacia la fuente de abastecimiento. 	Primera semana de cada mes	 Fontanero encargado (líder de las actividades) Un representante del COCODE. Tres personas del equipo de mantenimiento 	Cuatro machetesDos costales
2	Inspeccionar que no existan focos contaminantes dentro de los 20mts radiales alrededor de la fuente, como: • Presencia de animales • Letrinas • Basureros clandestinos • Drenajes • Empozamientos de agua o charcos	Primera semana de cada mes	 Fontanero encargado (líder de las actividades) Un representante del COCODE. Tres personas del equipo de mantenimiento 	 Cuatro machetes Dos palas Dos azadones Dos costales

No.	Actividades externa de la fuente	Fecha de ejecución	Encargado de la actividad	Materiales
3	Reforestar el área de influencia.	Una vez al año durante la época Iluviosa.	 Fontanero encargado (líder de las actividades) Un representante del COCODE. Tres vecinos de la comunidad. Cuatro empleados municipales del área de mantenimiento. 	 100 árboles por aldea. Palas Puntas Machetes Cajas
4	Verificación del estado de la tubería conduce el agua hacia los tanques de almacenamiento o distribución y reportar si necesita alguna reparación. A través de las boletas de informe.	Primero semana de cada mes	Fontanero municipal	Solicitar material a la municipalidad
5	Remover las hierbas y malezas de toda el área cerca al tanque de almacenamiento.	Del 1 al 5 de cada mes	Fontanero encargado	Machete, lima y corbo.

Fuente: El autor, con base Ministerio de Aguas de Bolivia 2015.

Recomendaciones Generales:

- 1. Todo el material empleado en las actividades debe ser solicitado al director municipal y ser proporcionado por la municipalidad.
- 2. El último día de la primer semana de cada mes el supervisor de campo deberá presentar un informe de las actividades realizadas durante el mantenimiento de la fuente de abastecimiento ver formato en ANEXO 1, este deberá ser llenado el mismo y avalado por el representante del COCODE.

III. INFORMACIÓN DE LOS DOS TIPOS DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA.



3.3 PLAN DE CONTINGENCIAS

Según los acontecimientos presentados durante los últimos cuatro años, los principales problemas que se presenta y afecta directamente en el funcionamiento del sistema de almacenamiento de agua potable son de aspecto material y económico. De los cuales se establece que, de manera general la falta del mantenimiento de los componentes del sistema afecta el trabajo de los mismos, de tal manera que llegan a un punto de colapso. Así mismo la falta de presupuesto para cubrir los fondos que requiere el funcionamiento del sistema afecta tener soluciones inmediatas para restablecer el funcionamiento. A continuación en el cuadro No.5 se describen las contingencias que son más probables a presentarse.

Cuadro No.5 Contingencias presentadas en el sistema de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

No.	Descripción de la Contingencias	Posible solución
1	Falta de combustible para el	Dentro del presupuesto anual debe
	funcionamiento de las bomba de	incluirse los costós de la operación y
	agua.	mantenimiento del servicio de agua
		potable para pagar los insumos.
2	Sobrecarga de trabajo para los	Instalar temporizador para establecer
	generadores de energía	horarios de trabajo del generador.
3	Robo de las baterías eléctricas	Reforzar la seguridad de las casetas
		de bombeo.
4	Falta de fondos para mantener el	Crear reglamento municipal del
	servicio, la población no paga el	servicio de agua potable del
	servicio	municipio para establecer las
		acciones de sanción al no pagar el
		servicio.
5	No se le realiza mantenimiento al	Incluir en el presupuesto anual del
	sistema de bombeo sumergible	servicio de agua potable la
		realización de servicios requeridos en
		cada planta.

Fuente: El autor, 2015.

3.4 TABLA DE CLORACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE

Según la investigación de campo se determinó la cantidad de las de cloro que utiliza cada uno de los sistemas de almacenamiento al mes

Cuadro No. 6 Cantidad de pastillas de tricloro utilizadas en la desinfección de cada sistema de almacenamiento de agua potable.

No.	Nombre de la aldea	Volumen de cada tanque de almacenamiento en m³	Volumen de cada tanque de almacenamiento en litros	No. de tabletas utilizadas al mes	Aplicación de tabletas actualment e por los fontaneros
1	Llano Grande	112.34	112,340.25	19	Cinco pastillas cada ocho días
2	El Cujito	El Cujito 272.00 273,000.00		14	En 22 días se recarga el clorador con 10 pastillas
3	Pueblo de San José Acatempa, tanque 1	292.20	292,203.31	16	Ocho pastillas cada 15 días
3	Pueblo de San José Acatempa tanque 2	151.28	151,283.04	16	Ocho pastillas cada 15 días
4	El Tablón	19.644.93	19,644.93	15	Utilizan cinco pastillas para cada 10 días
5	Valle Abajo y Delicias	82.2587	82,258.75	30	Cinco pastillas cada cinco días
No.	Nombre de la	Volumen de cada	Volumen de cada	No. de tabletas	Aplicación de tabletas

	aldea	tanque de almacenamiento en m³	tanque de almacenamiento en litros	utilizadas al mes	actualment e por los fontaneros
6	Carpintero	124.018	124,018.02	25	Cinco pastillas para cada 12 días.
7	Calderas	105.458	105,457.8	30	Cinco pastillas para cada 6 días
8	El Copante	No tiene tanque	No tiene tanque	No desinfecta	
	Tunillas			19	Utilizan 5 pastillas para cada ocho días.
9	La Carretera	28.377	28,377.4		No clora
10	Tanque 1 La Ceibita	32.00	32,000.5		No clora
10	Tanque 2 La Ceibita	25.869	25,868.8		No clora
	Total d	256.00			

Fuente: El autor con base a investigación de campo realizada en el municipio de San José Acatempa, Jutiapa, 2015.

Cloración:

El sistema de cloración está conformado por un tubo de ½" que capta agua de la tubería de entrada, luego la lleva al clorador donde el agua pasa a través de las tabletas de Tricloro al 90%, en donde se van adhiriendo partículas al agua y luego ésta se mezcla con el agua acumulada en el tanque de almacenamiento.

3.4.1 Determinación de la cloración del agua potable

Para tener la seguridad que la cantidad de cloro aplicada es la correcta, debe realizarse una prueba de campo en donde se tomarán muestras del agua potable para determinar la cantidad de cloro apta para el consumo humano.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1. Introduzca cinco tabletas de tricloro al 90% en el recipiente del clorador, luego abra la llave de paso lentamente, debe llevar el control del paso del agua que está permitiendo, vea que el paso del agua se dé lento a medio y deje que el agua clorada se mezcle con el agua almacenada en el tanque.
- 2. Luego espere 30 minutos para que el agua se haya mezclado homogéneamente y distribuya el agua a los hogares.
- 3. Después de los 20 minutos debe realizar la prueba de campo, esta consiste en tomar una muestra de agua en una de las casas más cercanas al sistema de almacenamiento y otra muestra en una de las casas más lejanas y con el comparimetro debe medir que el cloro este dentro de los parámetros aceptables (0.5 a 1.0) siendo la medida ideal 0.5.
 - **a.** Si al agua le hace falta cloro, debe de regresar al tanque y abrir un poco más el paso de la llave del agua que pasa en el clorador y debe volver a repetir el paso 2 y 3.
 - b. Si el agua tiene una cantidad mayor al ideal debe regresar al tanque y cerrar un poco la llave del agua que pasa en el clorador y volver a repetir el paso 2 y 3, hasta tener la cantidad de cloro ideal en el agua.

Para la realización de esta prueba debe informar a la población para que no tener inconvenientes de intoxicaciones y/ o problemas.

IV. BIBLIGRAFIA

- 30. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas). 1999 2010. Coguanor 29 001 Agua Potable. Guatemala, GT. Ministerio de Economía. 15p.
- 31. Davis, M. L., Masten, S. J. 2005. Ingeniería y Ciencias Ambientales. México. DF. Edit. McGraw-Hill. 342 349p.
- 32. Bolivia. Ministerio del Agua. Viceministerio de Servicios Básicos. 2007. Manual de operación y mantenimiento de los sistemas de agua rurales. La Paz. Edit. ABBASE LTDA. 65p. Documento en PDF.
- 33.IICA 2000. Redacción de referencias bibliográficas: Normas Técnicas del IICA y CATIE. Costa Rica. (En línea) Consultado el 20 marzo de 2015. Disponible en:
 - http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/Documentacion/BibliotecaVenezuela/Documents/Redacci%C3%B3n-Referencias-Bibliogr%C3%A1ficas.htm
- 34. Sociedad Aguas Antiqueño S.A. 2010. Manual de operación, mantenimiento y control del acueducto urbano municipio de Yarumal-Antioquia. Yarumal, Antioquia, CO. 85 p. Documento en PDF.
- 35. Par Rojas, J. A. 2015. Elaboración de cuadros y captura de fotografías. San José Acatempa, Jutiapa, GT.

V. ANEXOS

Anexo I: Presupuesto de insumos del servicio de almacenamiento de agua potable del municipio de San José Acatempa, Jutiapa.

Cuadro No. 7 Equipo de protección para el fontanero municipal

	or r Equipo do pro	Precio	Total	Total	Total
Cantidad		por	inversión	inversión	inversión
	Descripción	unidad	mensual en	semestral	anual
		en Q	Q	Q	Q
62 pares	Anteojos	17.00	1,054.00	1,054.00	2,108.00
	plásticos				
62 pares	Guantes	18.00	1,116.00	1,116.00	2,232.00
	plásticos				
125	Mascarillas	2.00	250.00	1,500.00	3,000.00
	desechables				
18 pares	Botas plásticas	100.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00
55	Escobas	18.00	990.00	990.00	1,980.00
44	Cepillos de	14.00	616.00	616.00	1,232.00
	alambre				
22	Cubetas	50.00	1,100.00	1,100.00	1,100.00
	plásticas de 5				
	galones				
2	Tambo de cloro	1,450.0	2,900.00	1,450.00	2,900.00
	granulado	0			
	(Hipoclorito de				
0.1	calcio) 100 lbs.	4.750.0	0.500.00	04 000 00	40.000
2 tambo	Tambo de cloro	1,750.0	3,500.00	21,000.00	42,000
	en tableta	0			
	(Tricloro) 250				
19	pastillas Kit medidor de	300.00	5,700.00		5,700.00
19	Cloro libre y pH	300.00	3,700.00		3,700.00
19	Linternas de	40.00	760.00		760.00
13		40.00	7 00.00		700.00
	mano				
18	Machete	50.00	900.00		900.00
18	Rastrillos	45.00	810.00		810.00
18	Palas	35.00	630.00		630.00
Cantidad	Descripción	Precio	Total	Total	Total
	Descripcion	por	inversión	inversión	inversión

		unidad	mensual en	semestral	anual
		en Q	Q	Q	Q
18	Azadones	30.00	540.00		540.00
4,500	Galones diésel	28.00	126,000.00	756,000.00	1,512,00.00
21	Salario mínimo	2,776.6	58,309.02	349,854.12	699,708.24
	más incremento	2			
	del 5%				
	Totales		189,950.002	1,130,360.12	2,279,400.24

Fuente: El autor con base a precios de ferreterías en Mazatenango, 2015.

Anexo II: Formato de comparación de los resultados físicos, químicos y microbiológicos.

Fecha de monitoreo:		
Lugar de muestreo:		
Fecha de informe:		
Tipo de análisis:	Elaborado por:	
Revisado por:		

					Cum resul	ple el
Análisis	Dimensional	LMA ²	LMP ²	Resultado	Si	No
Cloro residual	mg/L – Cl ²	0.5	1.0			
Cloruros	mg/L – CI-	100	250			
Color	u Pt – Co	5.0	35.0			
Conductividad	uS/cm @ 25°C	750	1,500			
Dureza	mg/L – CaCO ³	100	500			
Nitratos	mg/L - NO3-		50.0			
Nitritos	mg/L -NO2-		3.0			
Olor		No	No			
Oloi		rechazable	rechazable			
рН		7.0 - 7.7	6.5 - 8.5			
Sulfatos	mg/L - SO ₄ -2	100	250			
Turbiedad	UNT	5.0	15.0			
Coliformes totales	NMP/100mL		< 1.1			
Escherichia coli	NMP/100mL		<1.1.			
Calcio	mg/L – Ca	75.0	150.0			
Hierro	mg/L – Fe	0.3				
Magnesio	mg/L – Mg	50.0	100.0		_	
Manganeso	mg/L – Mn	0.1	0.4			

⁽¹⁾ mg/L= ppm; u Pt-Co= unidades platino cobalto; uS/cm=micro siemens por centímetro; Unt= unidades de turbiedad; NMP/100mL=Número más probable por 100 mililitros. (Laboratorio ECOQUIMSA).

Fuente: El autor con base a formato de resultados ECOQUIMSA y norma Coguanor 29 001. 2015.

(f):_				
—				

⁽²⁾ LMA: Límite máximo aceptable; LMP: Límite máximo permisible. (Coguanor NTG 29 001)

Anexo III: Formato de registro de pH y cloro residual por sistema REGISTRO MENSUAL DE LA MEDICIÓN DE PH Y CLORO RESIDUAL EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

Sistema de	aldea:		
Mes:	Año:	Encargado:	

	Casa inicio de la red			Casa final de la red				
Día	pН	Cl ₂ r libre	Hora	рН	Cl ₂ r libre	Hora		
1								
3								
3								
4								
5								
5 6 7 8 9								
7								
8								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
23 24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

Fuente: El autor con base Sociedad Aguas Antiqueño S.A. 2015

Anexo IV: Formato de registro de caudal de entrada al tanque de almacenamiento.

REGISTRO DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE ENTRADA A TANQUE DE ALMACENAIENTO

Sistema de aldea:	
Fontanero encargado: _	

No.	Mes	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo promedio en segundos	Volumen de agua	Caudal litros/s
1	Enero						
2	Febrero						
3	Marzo						
4	Abril						
5	Mayo						
6	Junio						
7	Julio						
8	Agosto						
9	Septiembre						
10	Octubre						
11	Noviembre						
12	Diciembre						

Fuente: el autor, 2015

Tiempo promedio= (tiempo 1 + tiempo 2 + tiempo 3) / 3

Caudal= Volumen de agua (litros) / tiempo promedio (segundos)





Mazatenango, 8 de agosto de 2016

MSc. Celso González Morales Coordinador de Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local CUNSUROC

Respetable Maestro González:

Sea la presente portadora de un saludo cordial.

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de investigación inferencial titulado "Evaluación de los Sistemas de Almacenamiento y Calidad del Agua Potable del Municipio de San José Acatempa, Jutiapa" realizado por la estudiante: Jacqueline Andrea Par Rojas, quien se identifica con número de carné 201140484, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local – EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado **Trabajo de Graduación**, para la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Sin otro particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes Supervisora EPSIGAL CUNSUROC





Mazatenango, Suchitepéquez, 14 de octubre de 2016.

MsC. Celso González Morales Coordinador de carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MsC. González:

De manera más atenta, me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9 del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: "Evaluación de los sistemas de almacenamiento y calidad del agua potable de San José Acatempa, Jutiapa" presentada por la estudiante Jacqueline Andrea Par Rojas, con número de carné 2011 40484.

En mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignada y después de verificar la incorporación de las observaciones a la investigación por parte de la estudiante, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso de mérito.

Muy atentamente,

Inga. en GAL. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar Revisora de Trabajo de Graduación

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

CUNSUROC-USAC

Universidad de San Carlos de Guatemala



CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Mazatenango Suchitepéquez, 13 de octubre de 2016

MSc Mirna Nineth Hernández Palma Directora Interina Centro Universitario de Suroccidente

Respetable Directora:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirme al informe final de trabajo de graduación titulado: "EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA", de la estudiante Jacqueline Andrea Par Rojas, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, quien se identifica con número de carné 201140484.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por la Ingeniera Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar, revisora del informe, el cual ya fue corregido de acuerdo a las recomendaciones realizadas.

Por lo tanto en mi calidad de Coordinador de la carrera, me permito solicitarle el IMPRIMASE respectivo para que la estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular,

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS

MSC Celso Gónzález Morales Coordinador de Carrera

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

CUNSUROC



/gris

CUNSUROC/USAC-I-59-2016

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, dieciocho de octubre de dos nfil dieciséis------

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE LO SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA", de la estudiante: Jacqueline Andrea Par Rojas, carné 201140484 de la carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSC. MIRNA NINETH HERNANDEZ TA

DIRECTORA EN FUNCIONES