



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO,
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Claudia Cristina García González

Asesorada por el Ing. Gerzon Alexander Márquez Ramírez

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO,
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CLAUDIA CRISTINA GARCÍA CONZÁLEZ

ASESORADA POR EL ING. GERZON ALEXANDER MÁRQUEZ RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. Harry Milton Oxom Paredes
EXAMINADORA	Inga. Karla Martínez V. De Castañón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de junio de 2010.


Claudia Cristina García González

Guatemala, 16 de mayo de 2011


Ingeniero
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

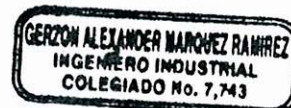
Respetable Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente, me permito informarle que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ**, elaborado por la estudiante Claudia Cristina García González, que a mi juicio, cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Agradeciendo de antemano la atención que le preste a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Gerzon Alexander Marquez Ramirez
Colegiado No.: 7743
Asesor





REF.REV.EMI.116.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Cristina García González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERÍA INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO NO. 6.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Cristina García González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2011.

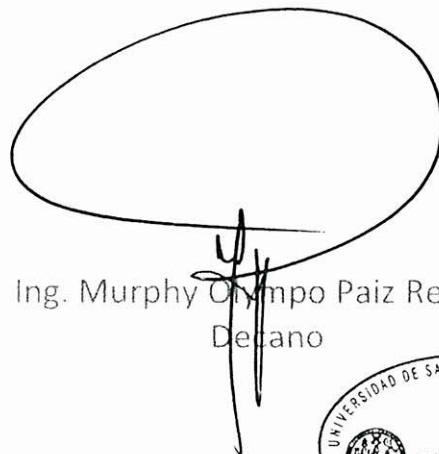
/mgp



DTG. 497.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CHICACAO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ,** presentado por la estudiante universitaria **Claudia Cristina García González,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 15 de noviembre de 2011.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** “En quien están escondidos todos los tesoros de la sabiduría y del conocimiento” Colosenses 2:3.
- Mi madre** Por el amor y apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi vida, por darme siempre lo que necesito, por ser la mejor madre que pude haber tenido y haber hecho todo por amor.
- Mis hermanos** Por compartir los momentos más importantes de mi vida, y ser mis compañeros de vida. Por su compañía y amor fraternal, por reír y llorar a mi lado, por mostrarme cada día que juntos podremos alcanzar grandes éxitos.
- Mi novio** Quien me ha brindado su amor y comprensión, por ser mi amigo y consejero, en momentos importantes de mi vida.
- Mis amigos** Estela, Sobeida, Gerardo, y Alicia por su apoyo, amistad y cariño, porque sé que siempre estarán cuando los necesite.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por el amor incondicional que me hace vivir cada día, por las riquezas que encuentro adentro de sus manos, por ser la persona más importante de mi vida y la luz que ilumina mi camino.

Universidad de San Carlos de Guatemala

En especial a la Facultad de Ingeniería por la formación brindada durante los últimos años y por darme el orgullo de ser sancarlista.

Mi madre

Por su amor y sacrificios para darme siempre lo mejor. Que este logro sea una recompensa a todos sus esfuerzos.

Ing. Gerzon Márquez

Por su amistad y la asesoría brindada para la realización del presente trabajo de graduación. Por estar dispuesto a enseñar y compartir sus conocimientos.

Municipalidad de Chicacao

Por abrirme sus puertas y permitirme elaborar este trabajo.

Amigos y familia de Chicacao

En especial a mi tía Carmen, por su amistad, sus atenciones, sus palabras de aliento, su cariño, y por creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XV
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes generales de Chicacao, Suchitepéquez	1
1.1.1. Localización geográfica.....	1
1.1.2. Topografía del lugar	2
1.1.3. Población y sus características	3
1.1.4. Autoridades y servicios públicos	4
1.1.5. Reseña histórica	5
1.2. Proyectos de agua potable	7
1.2.1. Tipología de proyectos de agua potable	7
1.3. Variables de estudio.....	9
1.3.1. Región.....	9
1.3.2. Economía de la población	10
1.3.3. Consumo de agua potable	11
1.3.4. Fondo para el desarrollo de proyectos.....	12
1.4. ¿Cómo funciona un sistema de distribución de agua potable?	13

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	17
2.1.	Herramientas a utilizar	17
2.1.1.	Entrevistas con directivos y responsables de áreas y procesos específicos	17
2.1.2.	Observaciones directas	18
2.1.3.	Encuestas al consumidor final	18
2.1.4.	Diagrama de causa y efecto	20
2.2.	Diagnóstico	21
2.2.1.	Evaluación y análisis del sistema actual	21
2.2.1.1.	Captación, aforo y análisis de calidad de agua	22
2.2.1.2.	Línea de conducción	29
2.2.1.3.	Red de distribución	30
2.2.1.4.	Tanque de distribución	31
2.2.1.5.	Población afectada y sus características	33
2.2.2.	Definición de la problemática y sus causas	42
3.	PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	45
3.1.	Áreas críticas	46
3.2.	Alternativas de solución	46
3.3.	Formulación del proyecto para el sistema de distribución de agua	47
3.3.1.	Mantenimiento preventivo	48
3.3.1.1.	Captación de agua	49
3.3.1.2.	Tratamiento de agua	51
3.3.1.3.	Distribución de agua potable	52

3.3.2.	Sistemas de desinfección	54
3.3.2.1.	Hipoclorador.....	59
3.3.2.2.	Dosis de cloro necesaria.....	60
3.4.	Operación y mantenimiento del sistema	62
3.4.1.	Costos de operación y mantenimiento	63
3.4.2.	Tarifa propuesta.....	64
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO	67
4.1.	Líneas de acción.....	67
4.2.	Implementación de la propuesta	68
4.2.1.	Elaboración de los registros necesarios.....	68
4.2.2.	Análisis de los registros	76
4.2.3.	Estadísticas de los registros.....	77
4.3.	Participación de beneficiarios y de las entidades involucradas.....	78
4.4.	Creación de un fondo para el mantenimiento del sistema de distribución de agua	78
4.4.1.	Contribución de la municipalidad	78
4.4.2.	Contribución del usuario final.....	79
4.5.	Tiempo aproximado de la implementación.....	79
4.6.	Evaluación económica de la propuesta.....	80
5.	SEGUIMIENTO	85
5.1.	Planificación del mantenimiento preventivo	85
5.1.1.	Captación de agua	86
5.1.2.	Tratamiento de agua	88
5.1.3.	Distribución de agua potable.....	89

5.2.	Control de fallas.....	89
5.2.1.	Horizonte temporal	90
5.3.	Mejora continua: mantenimiento predictivo	91
5.3.1.	Recursos necesarios	92
5.4.	Calidad en el servicio prestado.....	93
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES		97
BIBLIOGRAFÍA.....		99
APÉNDICES.....		101
ANEXOS.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Localización geográfica	2
Figura 2.	Fotografías del municipio.....	6
Figura 3.	Área urbana del municipio de Chicacao	10
Figura 4.	Productos agrícolas del municipio de Chicacao	11
Figura 5.	Sistema de distribución de agua potable	15
Figura 6.	Diagrama causa y efecto del sistema de distribución de agua	20
Figura 7.	Tanques de captación del sistema	23
Figura 8.	Tubería de rebalse en las captaciones	24
Figura 9.	División del área urbana en cuadrantes para el muestreo	27
Figura 10.	Líneas de conducción.....	29
Figura 11.	Tanque de distribución	32
Figura 12.	Respuestas a la primera pregunta.....	33
Figura 13.	Respuestas a la segunda pregunta	34
Figura 14.	Respuestas a la tercera pregunta.....	34
Figura 15.	Respuestas a la cuarta pregunta.....	35
Figura 16.	Respuestas a la quinta pregunta	36
Figura 17.	Respuestas a la sexta pregunta	36
Figura 18.	Respuestas a la séptima pregunta	37
Figura 19.	Respuestas a la octava pregunta	38
Figura 20.	Respuestas a la novena pregunta	39
Figura 21.	Respuestas a la décima pregunta	40
Figura 22.	Respuestas a la décima primera pregunta	41
Figura 23.	Hipoclorador del sistema de distribución de agua	59

Figura 24.	Registro de actividades, código SDA-E01-01	71
Figura 25.	Registro de actividades, código SDA-E01-02	72
Figura 26.	Registro de actividades, código SDA-E01-03	73
Figura 27.	Registro de actividades, código SDA-E01-04	74
Figura 28.	Registro de actividades, código SDA-E01-05	75
Figura 29.	Flujo de efectivo	82
Figura 30.	Formato para elaboración de fichas técnicas.....	87

TABLAS

I.	Población en el municipio	3
II.	Autoridades municipales.....	4
III.	Dimensiones de los tanques de captación	24
IV.	Características generales del tanque de distribución	31
V.	Áreas de aplicación del plan de mantenimiento	48
VI.	Parámetros para los análisis bacteriológicos y físicoquímicos	55
VII.	Puntos de recolección de muestras.....	57
VIII.	Técnica de colecta de muestras	58
IX.	Precios de tubería PVC	64
X.	Tabla de resumen de costos	66
XI.	Líneas de acción	68
XII.	Descripción de los formatos	70
XIII.	Tiempo aproximado de la implementación	79
XIV.	Estimación de la inversión inicial	81
XV.	Flujo de efectivo del sistema	81

GLOSARIO

Aforo	Medición del volumen de agua que circula en una sección o corriente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
Caudal	Cantidad de agua que brota de un manantial, o cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Cloración	Desinfección de aguas por medio de cloro.
Desinfección	Eliminación de microorganismos patógenos contenidos en el agua para consumo humano.
Dotación	Cantidad de agua en litros asignada a un usuario o habitante durante un día.

Eficacia	Grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.
Eficiencia	Grado en que se cumplen los objetivos planificados con el mínimo de insumos y tiempo.
Fuente	Lugar donde se realiza la toma del agua para un acueducto, esta puede ser superficial o un nacimiento.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Hipoclorador	Instrumento que sirve para la dosificación de pequeñas cantidades de hipoclorito de calcio en la entrada de un tanque de distribución de agua potable.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población.
Tratamiento	Modificación de las propiedades físicas, químicas o microbiológicas del agua para consumo humano.

UNEPAR

Unidad Ejecutora del Programa de
Acueductos Rurales.

NMP

Número Más Probable.

RESUMEN

El sistema de distribución de agua potable en el área urbana del municipio de Chicacao, Suchitepéquez, se ha caracterizado por ser un servicio eficiente en la comunidad, a pesar del deterioro ocasionado por el crecimiento poblacional en dicho municipio y otros factores externos como el clima, la topografía del lugar, los períodos de diseño de las partes del sistema, entre otros. El período de llegada a los domicilios es diario y durante todo el día, por lo que los vecinos se encuentran satisfechos del servicio recibido. Sin embargo, la entidad a cargo del sistema de distribución busca la implementación de mejoras al sistema para prolongar la vida útil del mismo y a su vez cumplir con las normas sanitarias vigentes.

Para el desarrollo de la propuesta de eficientización se realizó una investigación de campo de las características generales del área urbana del municipio y de las características del sistema de distribución, posteriormente se estableció el diagnóstico o situación actual del sistema. Con base en este diagnóstico se determinaron las áreas críticas de mejora y la formulación de la propuesta de eficientización. Para la implementación de la propuesta se establecieron líneas de acción y procedimientos para el registro de las actividades. Por último, se propone la mejora continua del sistema de distribución de agua potable por medio de la aplicación del mantenimiento predictivo de los equipos e instalaciones del sistema.

OBJETIVOS

General

Proponer mejoras para la eficientización del sistema de distribución de agua potable en el área urbana del municipio de Chicacao, departamento de Suchitepéquez.

Específicos

1. Determinar si el sistema actual de distribución de agua está operando de acuerdo a los objetivos y metas planteadas en la etapa de construcción.
2. Analizar la eficiencia operativa actual del sistema de distribución de agua potable.
3. Revisar la planeación, organización y programación del mantenimiento del sistema de distribución de agua potable.
4. Analizar la economía con que se maneja el recurso agua y el uso que se le da.
5. Determinar la participación económica de la municipalidad y el usuario final del sistema de agua potable, para el funcionamiento de dicho sistema.

6. Evaluar alternativas de mejoras que permitan al sistema de distribución de agua operar óptimamente.
7. Establecer una tarifa significativa de pago por el servicio de distribución de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad básica de agua para el consumo humano, se han desarrollado sistemas para la captación, tratamiento y distribución de agua potable, sistemas que abastecen a comunidades en constante crecimiento como la del municipio de Chicacao. Las entidades encargadas de la administración de los sistemas de distribución de agua potable en Guatemala, son las municipalidades, a excepción de la ciudad capital donde los servicios de agua potable son prestados por la Empresa Municipal de Agua de Guatemala (EMPAGUA), institución semiautónoma de la Municipalidad de Guatemala.

Dicho sistema requiere de la aplicación de un mantenimiento preventivo, para cumplir correctamente con el objetivo de su diseño, cabe resaltar que la villa de Chicacao, como muchos municipios del país, han multiplicado la demanda de agua y el período de diseño del sistema ya ha sido sobrepasado.

La implementación de la propuesta proveerá a la municipalidad una opción para eficientizar el sistema de distribución de agua mediante el mantenimiento preventivo de los equipos e infraestructura del sistema. Durante el período de análisis se detectó otra problemática dentro del sistema de distribución de agua, específicamente en el subsistema de tratamiento, por lo que se determinó que parte de la eficientización del sistema consiste en la aplicación del control de calidad del agua abastecida.

Según estudios realizados por el Instituto de Fomento Municipal, INFOM, los problemas en los sistemas de abastecimiento de agua potable son generales en las 329 municipalidades del país, por lo que esta entidad proporciona capacitaciones al personal de la municipalidad en cuanto a la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de distribución de agua potable. Sin embargo, la entidad encargada de velar por el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes en la república de Guatemala es el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

La base legal de la propuesta es el Acuerdo Gubernativo 113-2009, Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano y la norma de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29 001, Agua potable especificaciones. La implementación de la propuesta de eficientización del sistema de abastecimiento de agua permitirá a la municipalidad de Chicacao cumplir con las normas sanitarias establecidas en el Artículo 5 del acuerdo antes mencionado, específicamente los incisos m y u.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes generales de Chicacao, Suchitepéquez

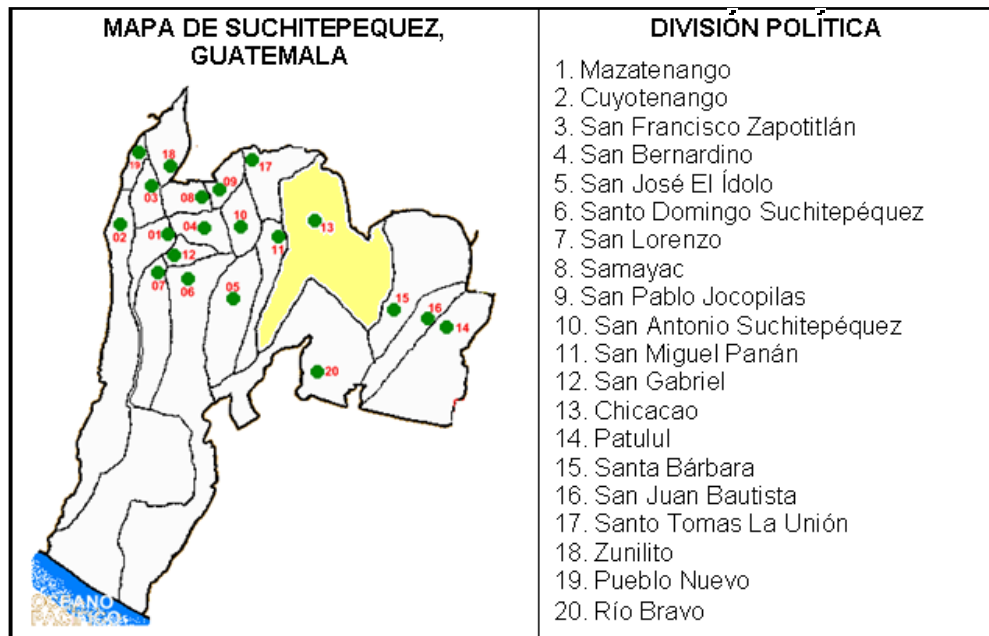
1.1.1. Localización geográfica

El municipio de Chicacao, según los datos de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia de la República (SEGEPLAN), se encuentra situado en la parte Este del departamento de Suchitepéquez en la región VI o región Suroccidental. Se localiza en la latitud $14^{\circ} 32' 31''$ y en la longitud $91^{\circ} 19' 36''$. Cuenta con una extensión territorial de 216 kilómetros cuadrados, su altitud es de 506 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, se encuentra a 25 kilómetros de la cabecera departamental de Mazatenango y a 150 kilómetros de la ciudad capital por la carretera Interamericana. La carretera principal que comunica hacia el municipio está asfaltada.

Las poblaciones con las que colinda, son las siguientes: al Norte con los municipios de Santiago Atitlán, San Juan la Laguna, San Pedro la Laguna (Sololá); al Sur con el municipio de Río Bravo (Suchitepéquez); al Este con los municipios de Río Bravo, Santa Bárbara y Santiago Atitlán (Suchitepéquez). Y al Oeste con el municipio de San José el Ídolo, San Antonio, San Miguel Panán y Santo Tomás la Unión todos municipios de Suchitepéquez.

A continuación, en la figura 1, se ilustra la localización geográfica y la división política del municipio de Chicacao.

Figura 31. Localización geográfica



Fuente: Servicio de información municipal (SIM).

1.1.2. Topografía del lugar

El territorio de Chicacao tiene una extensión de 21 103,01 hectáreas. Su territorio esta comprendido en la Cuenca Nahualate. Posee zonas montañosas, las zonas ecológicas en el municipio son el bosque muy húmedo subtropical cálido y el bosque húmedo montano bajo subtropical.

Cuenta con diecisiete ríos, diecinueve riachuelos, una quebrada y cinco zanjones. Los principales bosques son de Corozo, Volador y Conacaste. El clima de este municipio se define como templado la mayor parte del tiempo y cálido en los meses de verano. Tiene temperaturas de 21 a 25 °C.

En el municipio se observa una precipitación pluvial abundante (aproximadamente 3 248 mm) durante los meses de mayo a octubre, mientras que en los meses de noviembre a abril se considera una época seca. Según los datos del archivo municipal.

1.1.3. Población y sus características

Según el Censo Nacional de Población realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2002, la población total del municipio de Chicacao era de 42 943 habitantes distribuidos de la siguiente manera:

Tabla I. **Población en el municipio**

Población al año 2002		%
Total	42 943	100,00%
Por sexo		
Hombres	21 363	49,75%
Mujeres	21 580	50,25%
Área		
Urbana	16 154	37,62%
Rural	26 789	62,38%

Fuente: Censo Nacional de población 2002, INE.

Se estima que para 2010 el total de la población oscilará ente los 48 613 a 49 897 habitantes, cálculo realizado según la tasa de crecimiento poblacional proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

1.1.4. Autoridades y servicios públicos

Actualmente, el municipio de Chicacao cuenta con un Consejo Municipal de Desarrollo plenamente conformado y activo el cual ejerce funciones desde el 23 de septiembre del 2004. Entre las principales dependencias se pueden mencionar la Tesorería Municipal, la Oficina de Aguas y Drenajes y la Oficina del cobro del IUSI.

La autoridad máxima en el municipio es el Alcalde municipal, que es elegido democráticamente cada cuatro años. Según los datos del Tribunal Supremo Electoral las autoridades municipales se distribuyen, para el período en curso, de la siguiente manera:

Tabla II. **Autoridades municipales**

Cargo	Nombre	Partido político
Alcalde	Juan González Cñruz	GANNA
Síndico 1	Miguel Cumes Pu	GANNA
Síndico 2	Clemente Soto Morales	GANNA
Síndico suplente	Antonio Ratzan Quiacain	GANNA
Concejal 1	Luis Gustavo Mérida Dionicio	GANNA
Concejal 2	Martín Ajtzip Cumes	GANNA
Concejal 3	Domingo Días Petzey	GANNA
Concejal 4	Domingo Urbano Chiquival Chumajay	P A N
Concejal 5	Miguel Ángel Rivera Arguello	PP
Concejal suplente 1	Agustín Cristóbal Enríquez	GANNA
Concejal suplente 2	Juan Sac Coche	GANNA

Fuente: Tribunal Supremo Electoral.

1.1.5. Reseña histórica

Según el Servicio de Información Municipal (SIM) de Suchitupéquez, existen dos viejas historias que se han venido tejiendo entre los moradores de este pueblo y que se sintetizan a continuación.

La primera hace referencia a Francisco Chicajau un indígena que donó dos caballerías de tierra para fundar el poblado, a cambio de la reposición de estas en otro lugar aledaño y en honor a él, el pueblo fue conocido como Chicacao. Es importante resaltar que según documentos obtenidos en el Archivo General de Centroamérica, no fue el nombre del indígena Chicajau el que determinó el nombre de este centenario pueblo, puesto que entre los primeros pobladores, no figura el legendario personaje, que incluso, aparece en el escudo del municipio. La segunda hipótesis supone que el nombre de Chicacao obedece a un hibridismo Quiché, ya que las voces: Chi, quiere decir Entre y Cacao, lugar rico en cacaotales. El transcurrir del tiempo no ha permitido aún confirmar o rechazar el juicio aparentemente válido de ambas hipótesis como supuestos teóricos.

Según los registros históricos de la municipalidad de Chicacao, el poblado fue fundado el 5 de marzo de 1889. Por problemas limítrofes con Santiago Atitlán, se suprime el municipio con el Acuerdo Gubernativo del 25 de Octubre de 1889, devolviéndole su categoría de aldea del municipio de Santiago Atitlán.

Luego de negociaciones por más de dos años, se emite un nuevo Acuerdo Gubernativo el 11 de diciembre de 1891 que restablece la existencia del

Municipio de Chicacao perteneciente a la gubernatura de Sololá, ratificándose dicho acuerdo tras haberse observado las características demográficas y económicas del lugar el 28 de mayo de 1898.

Un nuevo Acuerdo Gubernativo el 14 de mayo de 1934, segrega a Chicacao del departamento de Sololá, anexándolo a Suchitepéquez (antigua provincia de Zapotitlán) junto a las antiguas tierras conocidas como Los Cacaotales de los Zutuhiles (Santa Bárbara, San Juan Bautista y Patulul), por lo que su nueva capital de provincia pasa a ser Mazatenango.

Figura 32. **Fotografías del municipio**



Fuente: Servicio de información municipal (SIM).

1.2. Proyectos de agua potable

1.2.1. Tipología de proyectos de agua potable

Tanto para el sector urbano como rural es posible distinguir cuatro tipos de proyectos: de instalación, de ampliación de la oferta, de mejoramiento y de reposición.

- **Proyectos de instalación**

Su objetivo es dotar de un sistema de abastecimiento de agua potable a una localidad desprovista totalmente de este. Sin embargo, siendo el agua potable un bien impredecible para el ser humano, siempre existe algún sistema de abastecimiento individual, es decir, acarreo (camión aljibe). Por lo tanto, este tipo de proyecto consiste en reemplazar un sistema individual por uno colectivo de mejor calidad, entendiendo por calidad las características físicoquímicas del agua y la presión que entrega el sistema a los usuarios. Este proyecto es típico del área rural donde el nivel de cobertura es más bajo, en términos relativos.

Un proyecto de instalación comprende obras de captación, conducción, almacenamiento, desinfección y distribución; con sus respectivas conexiones domiciliarias y medidores, las que reemplazan a algún sistema de abastecimiento artesanal existente.

- Proyectos de ampliación de la oferta

Su objetivo es incrementar la oferta máxima del sistema de abastecimiento de agua potable para hacer frente al crecimiento de la demanda, para lo cual debe invertirse en proyectos de captación, tratamiento o distribución, dependiendo de donde se ubique el cuello de botella del sistema. Las obras más típicas en estos proyectos corresponden a la construcción de redes de distribución, conexiones domiciliarias y en algunos casos, nuevas captaciones.

- Proyectos de mejoramiento

Cuyo objetivo es mejorar la calidad del servicio (presión, calidad del agua) o disminuir las pérdidas físicas y comerciales. Para ello, se deben realizar acciones de distinto tipo, algunas de las cuales implican obras físicas de infraestructura y otros proyectos de tipo administrativo, como empadronamiento de usuarios, por ejemplo. En muchos casos, en los proyectos de mejoramiento se reemplazan elementos que aumentan la oferta o capacidad del sistema, para cubrir futuras demandas de la población. Por ello, este tipo de proyectos se evalúa económicamente considerando los aumentos de capacidad, siendo análogo a un proyecto de ampliación. En proyectos de mejoramiento las obras más típicas corresponden a la construcción de una planta de tratamiento, la construcción de un estanque de regulación y racionalización de las redes de distribución.

- **Proyectos de reposición**

Comprende la renovación total o parcial de obras existentes y en operación. Se genera cuando un sistema, o parte de él, ha cumplido su vida útil. Las obras de reemplazo pueden contemplar desde la construcción de una nueva captación hasta la construcción de la red de distribución.

1.3. Variables de estudio

Son las variables que si bien no están directamente relacionadas con el servicio de agua potable, dan un marco de referencia en el cual se efectuará y operará el proyecto.

1.3.1. Región

La región donde se llevará a término el proyecto está relacionada con la ubicación de la infraestructura física de los servicios de agua potable y las áreas de responsabilidad que se han definido en el país: área Metropolitana de la ciudad de Guatemala, áreas urbanas de las 329 municipalidades del interior del país y área rural. Para cada una de ellas, se han desarrollado distintos procedimientos para la prestación de los servicios a la población.

Según consulta en archivos de particulares, la población urbana del municipio de Chicacao estaba conformada por cuatro barrios: Brisas de Cutzán, Real Samuc, Las Flores y Flor del Café; a partir del mes de septiembre de 1985 se dividió en zonas 1 y 2, cuando se realizó la nomenclatura en el área urbana, actualmente se adicionan las colonias El Recuerdo y El porvenir.

Figura 33. Área urbana del municipio de Chicacao



Fuente: Servicio de información municipal (SIM).

1.3.2. Economía de la población

Las actividades económicas en el municipio de Chicacao según el Ministerio de Economía (MINECO) son la agricultura y artesanía.

- Agricultura

Chicacao es un municipio eminentemente cafetalero constituyéndose en uno de los más ricos en cuanto a su producción agrícola. La cual incluye además del café de excelente calidad: cardamomo, caña de azúcar, banano, quina, plantas ornamentales, cacao y últimamente hule.

Figura 34. **Productos agrícolas del municipio de Chicacao**



Fuente: municipio de Chicacao, área urbana.

- Comercio

Dentro de la artesanía del municipio se menciona: la fabricación de cestas, muebles de madera, panela, candelas y ladrillo de barro. La artesanía del municipio es poca.

1.3.3. Consumo de agua potable

“El agua se ha considerado como un bien libre o de muy poco valor. Se dice que el país tiene una alta disponibilidad de este recurso. No obstante, se generan muchos conflictos de uso y no se ha podido legislar convenientemente sobre el manejo sostenible de este elemento vital.” David Castañón, El agua en la economía de Guatemala.

El consumo de agua por los distintos sectores económicos y sociales, puede diferenciarse en uso consuntivo y uso no consuntivo. El uso consuntivo implica el consumo directo del recurso, por ejemplo: fines domésticos, en riego, en la industria, la minería y los servicios. El uso no consuntivo se refiere a uso del recurso de forma indirecta tales como transporte acuático, generación de energía hidráulica, aprovechamiento turístico y pesca extractiva.

Bajo esta premisa el consumo de agua en el municipio de Chicacao se determina como directo o uso consuntivo, esta demanda es abastecida por la municipalidad. Debido a la administración actual de los sistemas de distribución de agua no se cuenta con datos de volúmenes de producción o volúmenes entregados a la población, según datos del INFOM, esta es una de las debilidades que se presenta en la administración del recurso hídrico en la mayoría de las municipalidades del país.

1.3.4. Fondo para el desarrollo de proyectos

Los proyectos en las áreas urbanas del interior del país han sido elaborados y financiados en prácticamente la totalidad de los casos por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), mediante la Unidad Ejecutora de Acueductos Rurales (UNEPAR). Entidad que presta servicios de asesoría y apoyo en aspectos tarifarios, administrativos, de operación y mantenimiento, etcétera. Sin embargo, después de terminada la obra esta es entregada a la municipalidad para la administración de su operación.

La municipalidad es la institución responsable por la prestación del servicio a nivel urbano, institución que según el análisis del sector de agua potable y saneamiento en Guatemala elaborado por el INFOM, presenta una serie de problemas casi en forma generalizada, entre los que se mencionan, la falta de continuidad del servicio, altos niveles de pérdidas de agua, mala calidad del agua suministrada, bajas presiones, carencia de tratamiento de las aguas residuales, falta de programas de mantenimiento preventivo y altos costos.

A lo anterior se adicionan los procedimientos para el cobro del servicio, excesos de personal, falta de control y vigilancia de la calidad del agua, ausencia de información actualizada y confiable, que en la mayoría de los casos no permite la creación de un fondo para el desarrollo de nuevos proyectos.

1.4. ¿Cómo funciona un sistema de distribución de agua potable?

Larry W. Mays en su libro titulado “Manual de sistemas de distribución del agua” define a un sistema de distribución de agua potable como el conjunto de obras de captación, tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro intradomiciliario de agua potable. El cual a su vez se puede dividir en tres subsistemas.

- Subsistema de captación y tratamiento de agua potable

Corresponde al sistema de producción y consiste en captar agua cruda desde las fuentes de la naturaleza, sean estas superficiales o subterráneas y conducirla mediante gravedad o impulsión hacia la planta de tratamiento, o directamente al sistema de distribución (estanques de distribución) cuando el agua cruda no requiere tratamiento y sólo cloración.

En la planta de tratamiento se realiza el proceso de potabilización del agua cruda mediante procesos mecánicos y químicos, entregando como producto de salida, agua potable.

- Subsistema de distribución de agua potable

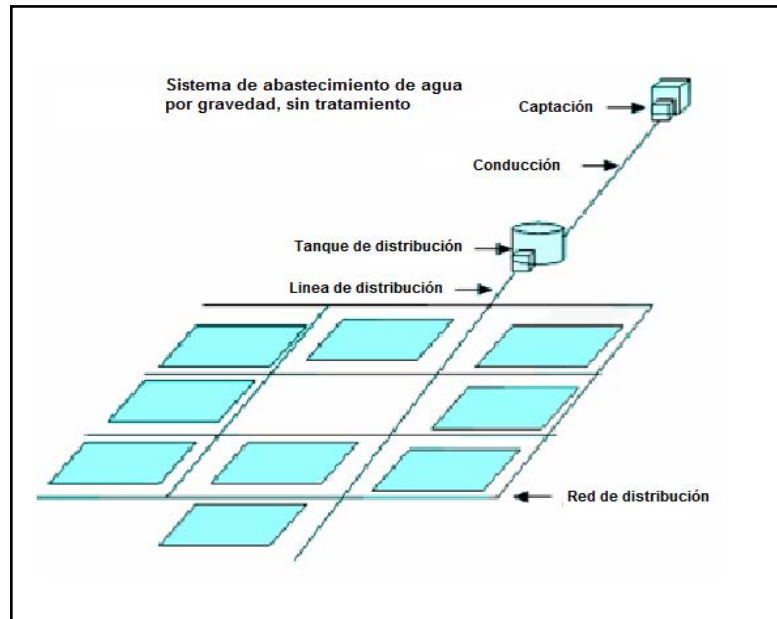
Consiste en portear el agua potable desde la planta de tratamiento o estanques de distribución, por medio de conducciones, y entregarla en la entrada de la casa o industria del usuario mediante una red de tuberías. Este sistema comprende conducciones, red de tuberías de distinto diámetro, estanques y plantas de elevación, en caso de ser requerida su impulsión.

- Subsistema intradomiciliario

Son obras destinadas a conducir el agua potable desde la entrada de la casa o industria hasta los artefactos sanitarios ubicados en su interior. Se compone del arranque y medidor, más todas las instalaciones interiores. Estas inversiones normalmente son pagadas por el usuario directamente a la compañía de agua potable y no a través de la tarifa.

La ilustración de un sistema de distribución de agua potable por gravedad se presenta a continuación.

Figura 35. **Sistema de distribución de agua potable**



Fuente: López Cualla, Ricardo. Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales, 2000. 388 p.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

2.1. Herramientas a utilizar

El libro de Jack Fleitman de Evaluación Integral presenta varias técnicas de recopilación de datos que constituyen los métodos prácticos de investigación. Estas permiten al evaluador obtener información necesaria para poder emitir opiniones y recomendaciones objetivas.

2.1.1. Entrevistas con directivos y responsables de áreas y procesos específicos

Las entrevistas son la clave para obtener información valiosa para la evaluación. La técnica de entrevista dependerá del directivo o empleado que se vaya a entrevistar. Algunas técnicas son: entrevista preliminar, de fondo, para sondeo rápido, de posición y de comprobación de hipótesis.

Se seleccionaron algunas de las personas claves en la administración del sistema de distribución de agua potable para entrevistarlas, las fichas de entrevistas se encuentran adjuntas en la parte de anexos.

2.1.2. Observaciones directas

Permiten familiarizarse con el personal de la empresa, el sistema a evaluar y los procesos mismos, de tal forma que se pueda tener una visión objetiva para analizar directamente como se efectúan ciertas operaciones o hechos.

De la visita al sistema de distribución de agua potable se recopilaron las características generales del mismo, estado de la infraestructura existente, funcionamiento y conservación de las obras, las fichas de observaciones directas se encuentran adjuntas en el área de anexos.

2.1.3. Encuestas al consumidor final

Se realizó una encuesta para determinar características generales del servicio de distribución de agua según la opinión de los usuarios del sistema, así como, recopilar información socioeconómica de la población. El diseño de la encuesta se encuentra adjunta en la parte de anexos.

El tipo de muestreo utilizado en este estudio es aleatorio simple a probabilístico debido a que este tipo de muestras son adecuadas para hacer generalizaciones de una muestra a un universo.

Según César Aching Guzmán, en su libro Ratios Financieros y Matemáticas de la Mercadotecnia: “La muestra es el número de elementos, elegidos o no al azar, tomado de un universo cuyos resultados deberán extrapolarse al mismo, con la condición de que sean representativos de la población”, y se determinó el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Donde:

n = número de elementos de la muestra

N = número de elementos de la población o universo

P / Q = probabilidades con las que se presenta el fenómeno

Z = valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido; siempre se opera con valor zeta 2, luego Z=2

E = margen de error permitido (determinado por el responsable del estudio)

Cuando el valor de P y de Q son desconocidos o cuando la encuesta abarca diferentes aspectos en los que estos valores pueden ser desiguales, es conveniente tomar el caso más adecuado, es decir, aquel que necesite el máximo tamaño de la muestra, lo cual ocurre para P = Q = 50, luego, P = 50 y Q = 50.

La población es de 1 644 domicilios, se estableció mediante los datos municipales de padrón de agua potable, debido a que son datos provenientes de una fuente legalmente aprobada para proporcionarlos. El nivel de confianza es de 95% y el error máximo aceptable del 5%, sustituyendo los datos en la fórmula:

$$n = \frac{2^2 * 50 * 50 * 1\,644}{4^2 (1\,644 - 1) + 2^2 * 50 * 50} = \frac{16\,440,000}{26\,288 + 10\,000} = 322$$

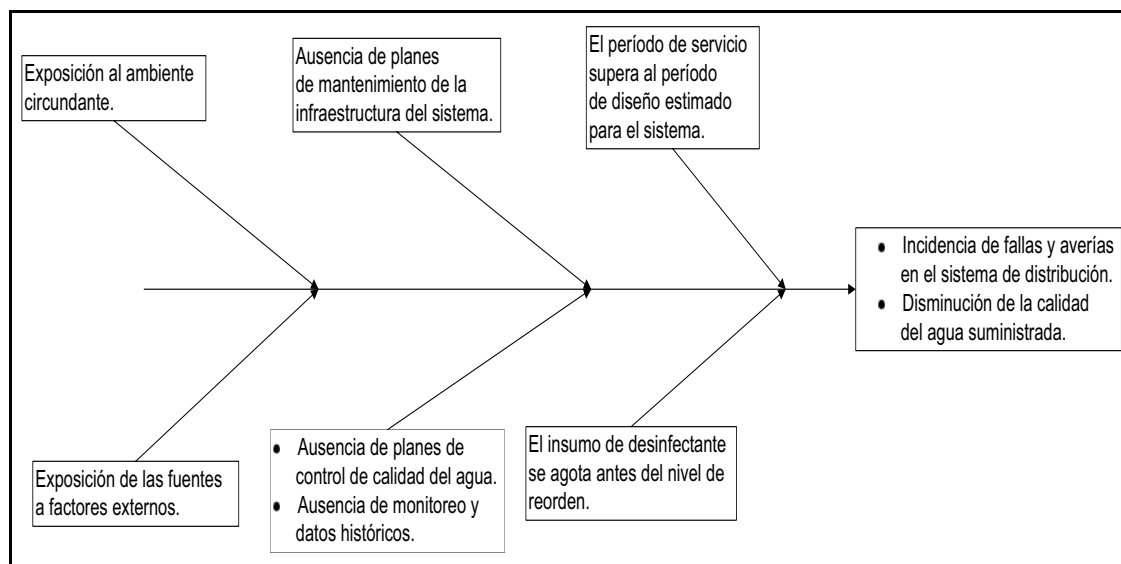
La cantidad de encuestas a realizar es de 322.

2.1.4. Diagrama de causa y efecto

Es un instrumento útil y sencillo para determinar cuáles son las causas de los problemas que se presentan en una empresa, institución, procesos u operación de sistemas. Representa en forma ordenada los factores causales que pueden tener un efecto específico.

Se hace un análisis detallado, que evalúa causa por causa, hasta encontrar aquella responsable del efecto que se desea controlar. Lo que se pretende con este diagrama es señalar, con claridad, los principales factores causales para después proceder a su análisis.

Figura 6. **Diagrama causa y efecto del sistema de distribución de agua**



Fuente: elaboración propia.

Luego de observar el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable en la villa de Chicacao y analizar los resultados de la encuesta realizada a los consumidores se determinó que los factores (efectos) a controlar para el eficiente funcionamiento del sistema son la preservación de la infraestructura, equipos y dispositivos del sistema y el control de calidad física, química y bacteriológica del agua suministrada.

Mediante el diagrama de causa y efecto se analizaron las causas que deterioran el funcionamiento de los factores mencionados anteriormente, como resultado se obtuvo el diagnóstico de la situación actual del sistema y recomendaciones posteriormente enunciadas.

2.2. Diagnóstico

2.2.1. Evaluación y análisis del sistema actual

Según Jack Fleitman, en Evaluación Integral “la evaluación es una metodología por medio de la cual se estudian, analizan y evalúan las fuerzas, debilidades, amenazas y oportunidades de las empresas privadas, gubernamentales y en general cualquier tipo de sistema administrativo u operativo”. El alcance de la evaluación estará en función de la naturaleza, magnitud y complejidad de la operación o proceso que se analice. En cuanto a los resultados de la evaluación, dependerá en gran medida de la aplicación de las propuestas y recomendaciones por parte de los directivos o coordinadores encargados de la operación del sistema en análisis.

2.2.1.1. Captación, aforo y análisis de calidad del agua

El agua de las fuentes de abastecimiento pueden ser de origen subterráneo o de origen superficial, el sistema actual del municipio consta de tres fuentes subterráneas de abastecimiento. La fuente de abastecimiento se define como nacimiento de agua en ladera.

- **Captación**

Las captaciones que abastecen al tanque de distribución para el área urbana del municipio son de dos clases distintas, la primera es del tipo denominado captación con galería de infiltración, éstas se fabrican en fuentes de agua donde no afloran los brotes concentrados, contiene los siguientes elementos: sistema de zanjas y caja de captación.

La segunda se define como captación de nacimiento, contiene los siguientes elementos: sello sanitario, galería filtrante excavada y tanque de captación. La galería filtrante se encuentra dentro del tanque y está hecha de piedras de diferentes tamaños, en el tanque de captación se recolecta el agua de la fuente abastecedora.

La primera captación del sistema, es llamada nacimiento antiguo, se ubica en la finca El Regalo fue la primera construcción que abasteció a la comunidad, cuenta con más de treinta años de antigüedad. Las siguientes captaciones se encuentran ubicadas en las fincas Milán y Arabia del mismo municipio.

La infraestructura de las captaciones se encuentra en buen estado, los tanques de captación están fabricados con concreto, se ubican bajo tierra, en forma de presas cerradas.

Figura 7. **Tanques de captación del sistema**



Fuente: municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad de agua compatible con los requisitos para consumo humano. Las dimensiones de los tanques de captación son las siguientes.

Tabla III. Dimensiones de los tanques de captación

Ubicación de las Captaciones	Dimensiones de los tanques (en metros)			Volumen (en metros cúbicos)
	Largo	Ancho	Profundidad	
Finca Milán	8	5	2	80
Finca Arabia	10	4	2	80

Fuente: elaboración propia.

Los tanques de captación utilizan tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) para la salida de rebalse y conducción al tanque de distribución. El tanque de captación en la finca Milán cuenta con una tubería de rebalse de ocho pulgadas de diámetro, mientras que el tanque de captación en la finca Arabia cuenta con cuatro tuberías de rebalse, tres de ellas de cuatro pulgadas de diámetro y una de seis pulgadas de diámetro.

Figura 8. Tubería de rebalse en las captaciones



Rebalse en captación finca Milan

Rebaleses en captación finca Arabia

Fuente: municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

- Aforos

Se conoce como aforo a la determinación del caudal de una fuente. Es el número de litros o galones que circulan en una sección o corriente por unidad de tiempo.

Es necesario medir la cantidad de agua producida por las fuentes, ya que esta es la oferta del sistema y con ella se determina la cantidad de población o demanda que puede ser abastecida por el mismo. Lo ideal según la guía de orientación en saneamiento básico (Teresa C. Lampoglia, 2008), es que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses secos (estiaje) y de lluvias, para conocer los caudales mínimos y máximos. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario, con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura.

Bajo esta premisa se determinó que no se obtendrían resultados confiables al realizar aforos durante el período de análisis del sistema, debido al estado climatológico de la región durante los meses de julio a septiembre.

- Análisis de la calidad del agua

La calidad del agua es un término vinculado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales puede determinarse si el agua es adecuada o no para el uso al que se le destina.

El reglamento de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29 001 “Agua Potable Especificaciones”, define la contaminación del agua como una alteración de las características físicas, químicas, biológicas o radioactivas de un cuerpo de agua, directa o indirectamente de forma que se afecte el disfrute de la vida o propiedad o que viole los estándares de calidad.

La intensidad del tratamiento dependerá del grado de contaminación que se presente en la fuente de origen. La evaluación de la calidad del agua requiere de análisis a escala de laboratorio, los análisis físicos y químicos determinan si la muestra está contaminada y proporciona información de las características del agua. Sin embargo, ésta no es suficiente para detectar aquellos pequeños grados de contaminación con aguas residuales o agua negras. Las pruebas diseñadas para revelar este tipo de contaminación son los análisis o pruebas bacteriológicas.

El muestreo del suministro de agua del sistema se realizó según las recomendaciones de las autoridades del Instituto de Fomento Municipal INFOM, dividiendo el área urbana del municipio en cuadrantes imaginarios y tomando al azar cuatro muestras de la línea de distribución. Se recopilaron seis muestras en las captaciones y dos en el tanque de distribución.

El seis de octubre del 2010, se llevó a cabo la recopilación de muestras y se trasladaron al Laboratorio Nacional de Salud de la dirección de regulación, vigilancia y control de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Figura 9. División del área urbana en cuadrantes para el muestreo



Fuente: Oficina de planificación municipal (OMP).

- Resultado de los análisis fisicoquímicos sanitarios

Según el análisis fisicoquímico realizado en el Laboratorio Nacional de Salud “LNS”, la muestra tomada de las captaciones cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001 “Agua potable especificaciones”.

La muestra tomada del tanque de distribución cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, actualmente en el tanque de distribución se encuentra instalado un hipoclorador, pero la muestra no mostró algún grado de cloro.

- Resultados de los análisis bacteriológicos

Según el examen bacteriológico realizado, la muestra de las captaciones ubicadas en finca El Regalo y finca Arabia cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, el recuento de *Coliformes* totales y *Escherichia coli* es menor a 1,1 NMP/ 100 mL.

Los resultados de la muestra de la captación ubicada en la finca Milán, no cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, por lo que el agua administrada no será apta para el consumo humano, sin antes proceder a un tratamiento de desinfección.

La muestra del tanque de distribución posee colonias coliformes fecales, no cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, por lo que no es apta para el consumo humano. El resultado de las muestras tomadas en la línea de distribución del área urbana del municipio, no cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, el recuento de *Coliformes* totales y *Escherichia coli* es mayor de 1,1 NMP/100mL.

Los efectos de este tipo de contaminación inciden en enfermedades de origen hídrico como afecciones en la piel e infecciones intestinales. Según el resultado de los análisis bacteriológicos la contaminación se origina en la captación ubicada en la finca Milan, se recomienda analizar minuciosamente las áreas aledañas a la captación y la línea de conducción para determinar factores o posibles focos de contaminación.

2.2.1.2. Línea de conducción

La línea de conducción para un sistema que trabaja por gravedad esta comprendida desde la captación hasta el tanque de distribución. Es la tubería que conduce las aguas captadas. La línea de conducción del sistema en estudio opera con tubería PVC de 10 y 6 pulgadas de diámetro, cuenta con válvulas de compuerta, y su funcionamiento actual es adecuado, sin embargo, la conservación de la línea está en riesgo debido a los deslizamientos y hundimientos de tierra en el terreno.

El sistema actual de distribución de agua en el municipio es de tipo convencional por gravedad, la línea de conducción no cuenta con equipos de bombeo o sistemas eléctricos de comando.

Figura 10. Líneas de conducción



Fuente: municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

2.2.1.3. Red de distribución

Ricardo López Cualla en la Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales, describe a la red de distribución como el conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad. La unión entre el tanque de distribución y la red de distribución se hace mediante la denominada línea de distribución.

La red de distribución en el área urbana del municipio está compuesta por tubería de menor diámetro, en su mayoría tubería PVC y un tramo que opera con tubería galvanizada. La red abastece diariamente una cantidad aproximada de 1 644 domicilios, según los datos del padrón municipal de agua en el municipio. Esto sin tomar en cuenta posibles conexiones ilícitas.

Las tuberías se conservan en buen estado, no se detectan fugas, sin embargo, partes de la línea están expuestas al aire libre, propensas a daños. Para el control de la distribución del agua, la red cuenta con válvulas de compuerta, la mayor parte del tiempo estas válvulas se encuentran abiertas y únicamente se cierran en el momento del mantenimiento del tanque de distribución. La red no cuenta con válvulas de impulsión. Las últimas adiciones a la red, en la parte baja del sector, no abastecen de manera continua, según afirmaciones de los vecinos (sexta pregunta de la encuesta). La parte alta del sector también presenta problemas similares, debido al crecimiento poblacional.

La última unidad del sistema de distribución de agua es la conexión predial, su finalidad es suministrar el vital líquido en condiciones aceptables a la población (Ricardo López Cualla). Las conexiones prediales del área en estudio se realizaron con tubería PVC de ½", compuestas por válvula de paso, contador y llave de compuerta.

Según los datos obtenidos de la encuesta, las conexiones prediales se encuentran en buen estado operacional. Los medidores de agua o contadores registran la cantidad de agua potable consumida por los usuarios y permiten establecer un monto por consumo, sin embargo, en el caso del sistema en estudio no se utilizan los contadores para establecer la tarifa de pago.

2.2.1.4. Tanque de distribución

Según Ricardo López Cualla, la función básica del tanque es almacenar agua en los períodos en los cuales la demanda es menor que el suministro además de distribuir el agua a la comunidad de tal forma que en los períodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. Las características generales del tanque de distribución en el municipio se resumen en la siguiente tabla.

Tabla IV. **Características generales del tanque de distribución**

Características	Unidades
Volumen	660 m ³
Tapaderas	5
Respiraderos	4
Rebalses	1
Tubería de rebalse	PVC de 6"
Cajas de válvulas	3
Válvulas	3
Salidas a la red	2
Tubería de salida	PVC y Galvanizada de 6"

Fuente: elaboración propia.

El tanque de distribución en el municipio opera de manera eficiente, no se detecto ningún tipo de grieta, la construcción se realizó con concreto armado, se le proporciona un mantenimiento regular en períodos aproximados de un mes.

Figura 11. **Tanque de distribución**

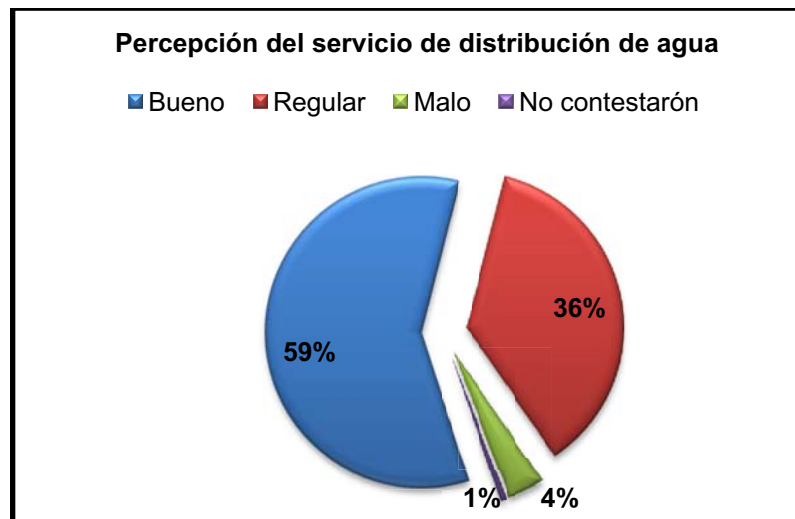


Fuente: municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

2.2.1.5. Población afectada y sus características

Según las respuestas recopiladas en la encuesta realizada en el área urbana del municipio de Chicacao, Suchitepéquez en el mes de julio del 2010, a los usuarios finales del sistema de distribución de agua, se determinó lo siguiente:

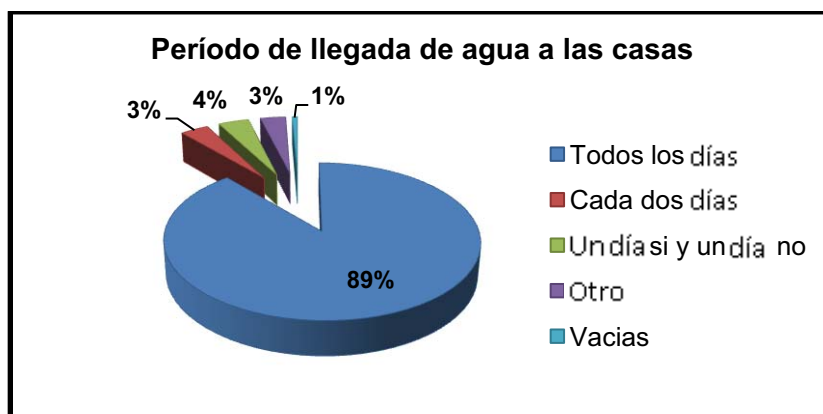
Figura 12. **Respuestas a la primera pregunta**



Fuente: elaboración propia.

El 59% de la población servida por el sistema de distribución de agua opinó que el servicio de distribución de agua potable en el área urbana de Chicacao es bueno. El 36% afirmó que es regular debido a la variabilidad en el período de tiempo que dura el servicio en su domicilio.

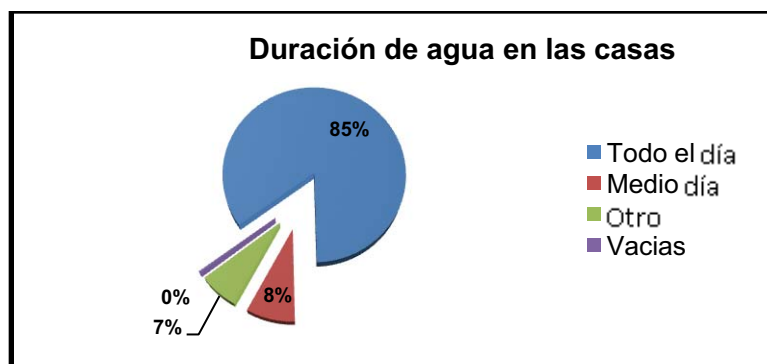
Figura 13. **Respuestas a la segunda pregunta**



Fuente: elaboración propia.

El 89% de la población encuestada recibe el servicio de agua potable todos los días, esta cifra representa a la mayor parte de habitantes de la región, por lo que se considera que el período de llegada de agua a las casas es eficiente.

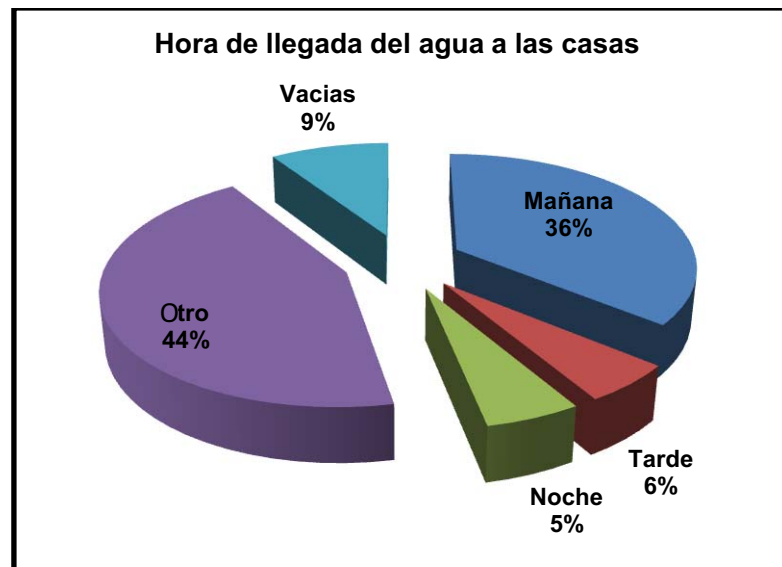
Figura 14. **Respuestas a la tercera pregunta**



Fuente: elaboración propia.

El servicio de distribución de agua en el 85% de las casas dura todo el día, considerando las veinticuatro horas del día. Un 8% de los encuestados respondieron que dicho servicio únicamente está disponible para ellos medio día, las causas figuran, según sus afirmaciones, al sector en el que se ubican sus viviendas.

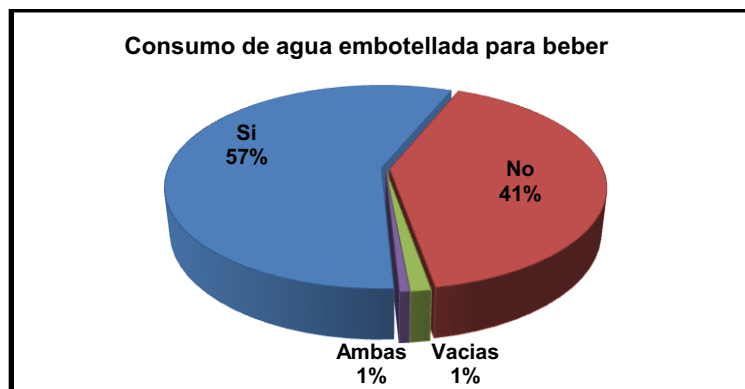
Figura 15. **Respuestas a la cuarta pregunta**



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la hora de llegada del agua a las viviendas, la mayor parte de encuestados, equivalente al 44% que marco Otro en la encuesta, opinaron que se mantenía constante. El 9% no respondió a esta pregunta.

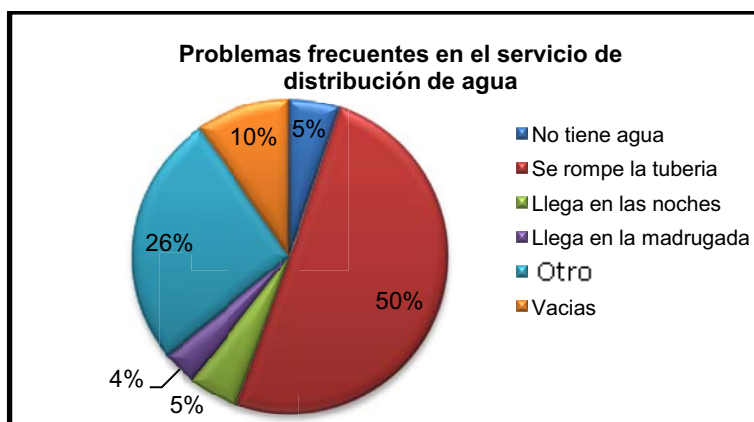
Figura 16. **Respuestas a la quinta pregunta**



Fuente: elaboración propia.

El 41% de los encuestados no compra agua embotellada. Esto indica que una buena parte de la población podría ser afectada con enfermedades de origen hídrico, si la calidad de agua no es constante o se ve afectada en su recorrido por el sistema de distribución.

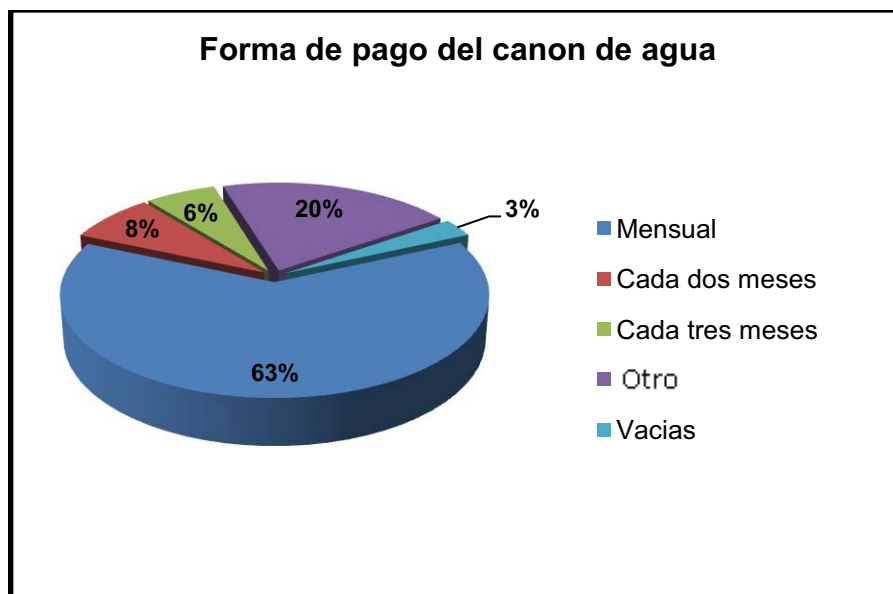
Figura 17. **Respuestas a la sexta pregunta**



Fuente: elaboración propia.

Según las respuestas obtenidas en la encuesta, el mayor problema que presenta el sistema de distribución de agua es el rompimiento de las tuberías, es importante mencionar que no se rompen debido a la presión del agua sino a que se encuentran descubiertas y los vehículos que pasan por los caminos las rompen.

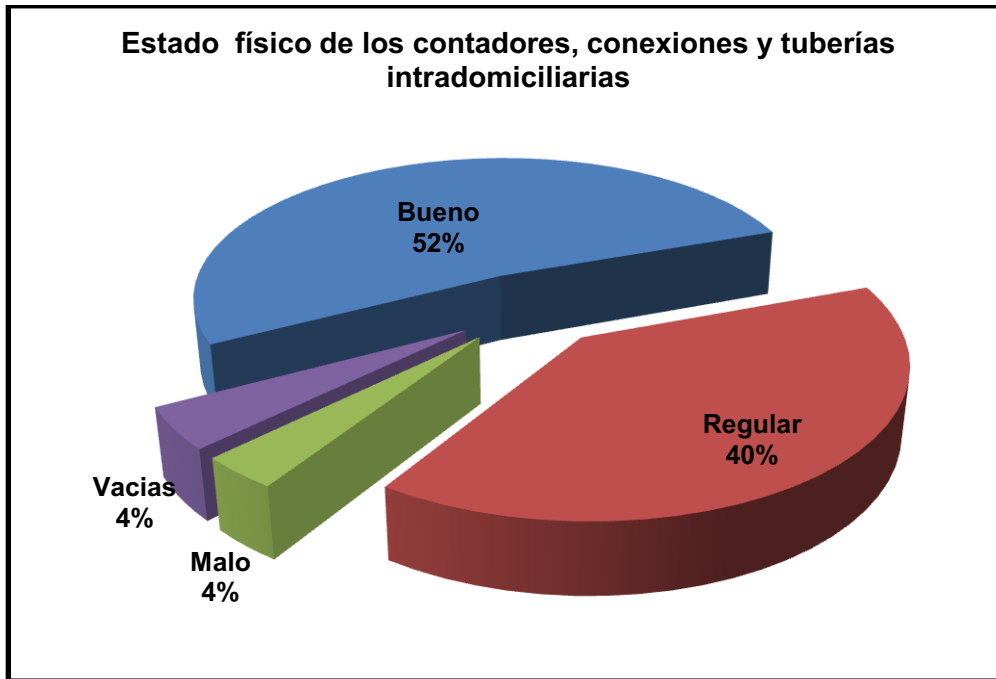
Figura 18. **Respuestas a la séptima pregunta**



Fuente: elaboración propia.

El 63% de los encuestados respondieron que realizan el pago de canon de agua en períodos aproximados de un mes, mientras que otro 20% realizan su pago en períodos distintos a los presentados en las opciones de respuesta.

Figura 19. Respuestas a la octava pregunta

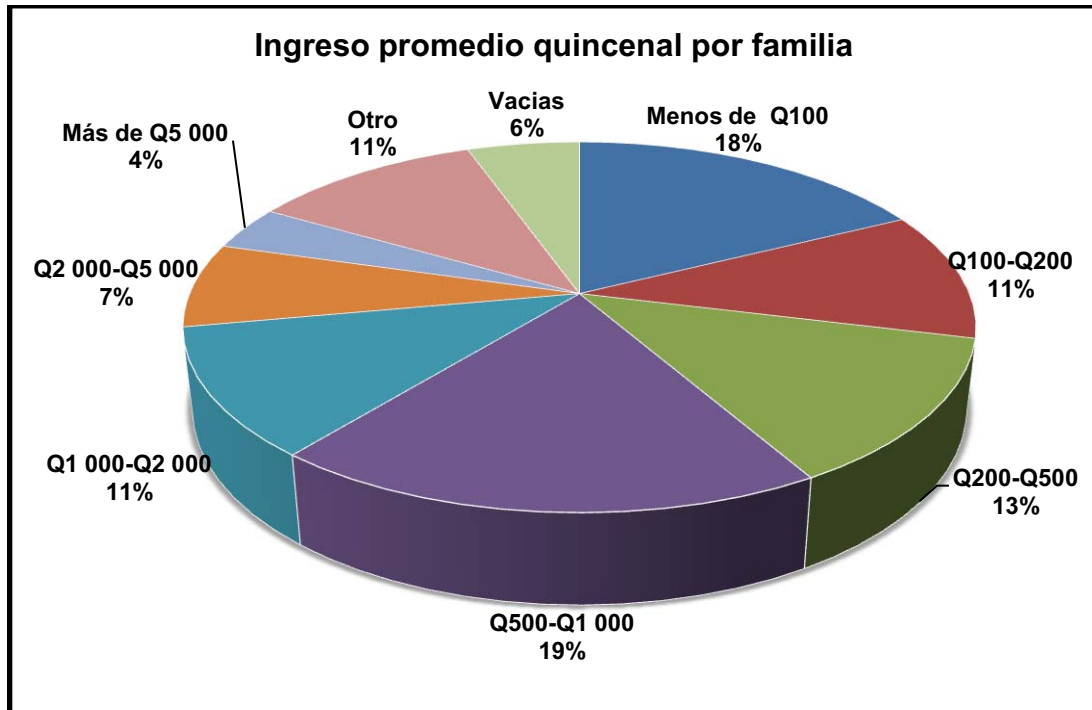


Fuente: elaboración propia.

El estado físico de los contadores, conexiones y tuberías intradomiciliarias, según el 52% de los encuestados, se encuentran en buen estado, únicamente un 4% opinó que se encuentran en mal estado.

A partir de la novena pregunta los datos recopilados corresponden a datos socioeconómicos de la población.

Figura 20. **Respuestas a la novena pregunta**

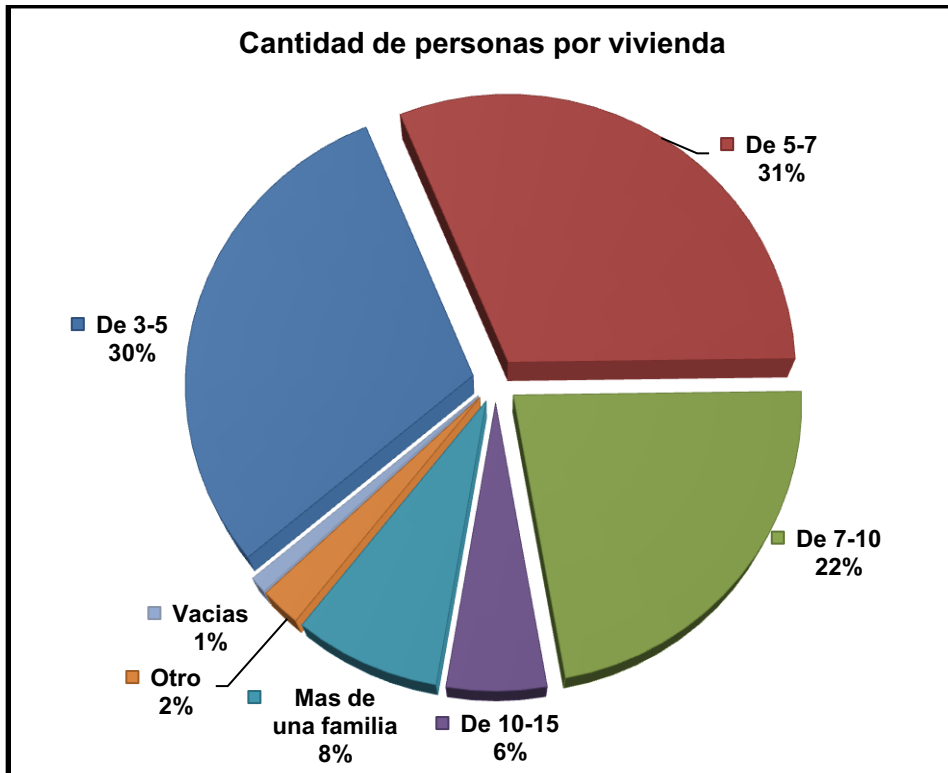


Fuente: elaboración propia.

Según el Ministerio de Economía (MINECO) el salario mínimo rural del período enero-diciembre de 2010 para actividades agrícolas y no agrícolas es de Q56,00 por día equivalente a Q840,00 por quincena.

En el municipio un 18% de la población devenga un salario menor a los Q1 000,00 quincenales, 11% entre Q100,00 y Q200,00 quincenales y un 13% entre Q200,00 y Q500,00 quincenales, estas cifras ascienden a un 42% de la población que reciben por su trabajo un salario menor al mínimo legal para el año en curso. Solamente un 19% de los encuestados devengan quincenalmente de Q500,00 a Q1 000,00, rango en el cual se ubica el salario mínimo legal. Un 6% de los encuestados no respondieron esta pregunta.

Figura 21. Respuestas a la décima pregunta

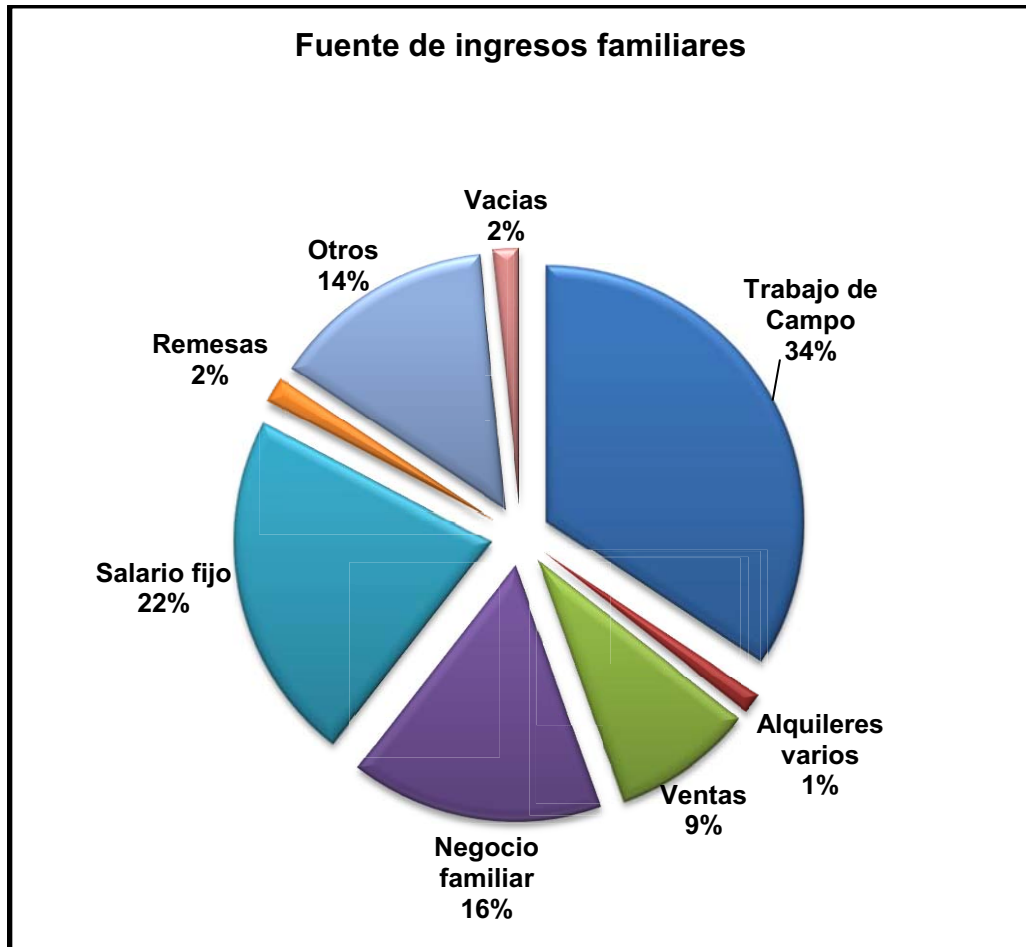


Fuente: elaboración propia.

La densidad poblacional en el área rural del país, sobrepasa las 5 personas por vivienda, de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Según las respuestas de los encuestados, en un 30% de las casas del municipio viven de tres a cinco personas, en otro 31% de las casas viven alrededor de cinco a siete personas y en un 22% viven de siete a diez personas por vivienda, incluyendo menores de edad y lactantes.

Figura 22. Respuestas a la décima primera pregunta



Fuente: elaboración propia.

Según las respuestas obtenidas en la encuesta 34% de los habitantes generan sus ingresos quincenales mediante el trabajo de campo, un 22% con salario fijo, el 16% con negocios familiares que corresponde en su mayoría a tiendas de artículos de primera necesidad, entre otros.

2.2.2. Definición de la problemática y sus causas

El problema central se define como: incidencia de fallas y averías en las redes de conducción y de distribución, y disminución en la calidad bacteriológica del agua.

Las causas de los daños en las redes de conducción y distribución del sistema según las entrevistas con el encargado del sistema y personal de la oficina municipal de planificación radican en lo siguiente:

- El período de servicio del sistema supera los veinticinco años, es decir, supera el período de diseño o número de años durante los cuales una obra determinada ha de prestar con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada.
- A lo anterior se adiciona la ausencia de planes de operación y mantenimiento de dicho sistema.

La calidad del agua según estudios anteriores presentaba una buena calidad bacteriológica, con el resultado de dichos estudios se estableció el sistema actual de desinfección.

Sin embargo, existen varias causas por las que la calidad bacteriológica del agua ha disminuido de tal manera que al momento de realizar un nuevo estudio, los resultados de este no cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001 de la Comisión Guatemalteca de Normas, entre estas se pueden mencionar:

- La exposición de las fuentes al ambiente circundante durante un período mayor al período de diseño de sus estructuras. Es decir, la antigüedad de la infraestructura.
- La ausencia de planes de monitoreo de la calidad del agua y registros de los mismos.
- El agotamiento del insumo primordial del sistema de desinfección (el cloro.)

3. PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Un sistema de distribución de agua es eficiente cuando suministra agua todo el tiempo en cantidad suficiente y de buena calidad. La medida de eficiencia se obtiene cuando un resultado esperado se ejecuta con el mínimo de insumos y en el menor tiempo posible.

Es importante incrementar la eficiencia de un sistema (no importando la naturaleza de este) porque provoca una mejor calidad del servicio a un mejor precio, provocando mayores beneficios a la entidad encargada de su administración y mayor bienestar colectivo.

La eficientización de un sistema de distribución de agua existente, puede aumentar la oferta o mejorar la distribución de la misma. En el caso del sistema de distribución de agua del municipio, se determinó mediante las encuestas que la oferta producida satisface las necesidades (demanda) de la población actual. Por lo que se propone mejorar la distribución de la oferta actual mediante la aplicación de medidas administrativas factibles que garanticen el funcionamiento óptimo del sistema para generaciones futuras.

3.1. Áreas críticas

Estas áreas proponen los puntos de mejoramiento del sistema de distribución de agua, la ausencia de acciones correctivas en estas áreas puede representar un riesgo potencial en las operaciones y funcionamiento del sistema, se determinarán las siguientes áreas críticas.

- Operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua potable.
- Certificación de la calidad del agua
- Capacitación y adiestramiento del personal encargado de la administración del sistema. En este punto se recomienda hacer una solicitud de asesoría en administración, operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable, dirigida al Instituto de Fomento Municipal (INFOM), entidad de asesoría que responde a solicitud de las municipalidades en Guatemala.

Las áreas críticas se determinaron partiendo de la definición del problema, anteriormente mencionado.

3.2. Alternativas de solución

Se propone efficientizar el sistema de distribución de agua potable, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo de las instalaciones y la implementación de un sistema de control de calidad del agua abastecida.

Dicha propuesta contempla las áreas críticas, su objetivo es maximizar la vida útil del sistema y proveer agua de buena calidad que cumpla con los estándares de la Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR.

Otras alternativas para mejorar el sistema de distribución de agua en el municipio son:

- El rediseño de la red de distribución
- La construcción de una planta de tratamiento de agua para consumo humano.

3.3. Formulación del proyecto para el sistema de distribución de agua

Para la formulación del plan de mantenimiento preventivo se toma como referencia el Manual de Administración, Operación y Mantenimiento del Programa de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural IV; 2004, desarrollado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) a través de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR).

La referencia para la implementación del sistema de control de calidad del agua es la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones COGUANOR NGO 29 001 y el Acuerdo gubernativo 113-2009 Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano.

3.3.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, cuya función es conocer sistemáticamente el estado de los equipos e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en sus operaciones, las acciones que tratan de eliminar las averías que originan interrupciones en el servicio. El mantenimiento preventivo reduce costos, evita reparaciones de emergencia y asegura la continuidad y sostenibilidad de los servicios. El plan de mantenimiento preventivo permite tener una visión global y concreta de las acciones a realizar en un equipo, instalación o sistema para prevenir posibles fallas en sus operaciones.

El plan de operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua potable es un documento técnico que prevé y presenta, de manera ordenada y sistemática las acciones a ejecutar periódicamente para asegurar el correcto funcionamiento de los servicios de abastecimiento de agua. Las áreas de aplicación del plan de mantenimiento son las siguientes:

Tabla V. **Áreas de aplicación del plan de mantenimiento**

Subsistemas	Partes que lo conforman
Captación de agua de las fuentes	Tanque de captación y línea de Conducción
Tratamiento y desinfección del agua	Hipoclorador
Distribución del agua	Tanque, línea y red de distribución

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.1. Captación de agua

El mantenimiento del subsistema de captación deberá realizarse en períodos bimensuales, para ello, se realizarán actividades de revisión, inspección, limpieza y reparación en las captaciones y líneas de conducción. Durante la realización de dichas actividades se recopilará información y detalles de las mismas utilizando documentos técnicos, el formato para el subsistema de captación es el SDA-EO1-01 y se presenta en el capítulo cuatro.

- **Actividades de revisión**

Los aspectos a revisar en la infraestructura de las captaciones son los siguientes: grietas, filtraciones, fugas y partes quebradas. Para las revisiones se utilizará la técnica de observaciones directas (descrita en el capítulo uno) y visitas a los lugares por inspeccionar.

En la línea de conducción se deberán revisar aspectos que afecten su funcionamiento tales como, deslizamientos o hundimientos de tierra y fugas en la tubería.

Se deberá verificar el estado de las siguientes estructuras: cajas de válvulas, puentes colgantes y pasos de zanjón. Las válvulas deberán girar con facilidad.

- Actividades de inspección

El área alrededor del nacimiento se inspeccionará para detectar posibles focos de contaminación tales como letrinas o alcantarillas, basura, desperdicios y desechos animales. En caso de deforestación o contaminación se informará al encargado de las operaciones de mantenimiento, para que realice las medidas investigativas necesarias e informe a las autoridades competentes.

La investigación que realizará el encargado de las operaciones puede hacerse mediante una actitud interrogativa, formulando una serie de preguntas, tales como:

- ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto?
- ¿Cómo?, ¿Quién es responsable?, ¿Por qué?, etcétera.

Las respuestas a estas preguntas proporcionarán la información del reporte. Posteriormente, a esta investigación las autoridades de la Oficina Municipal de Planificación determinarán si es necesario realizar un estudio de impacto ambiental o si está en su capacidad suprimir los problemas reportados.

Las fuentes de agua subterránea, como las del municipio, deben protegerse contra la contaminación por actividades agrícolas. Se recomienda establecer un perímetro de protección para que el acceso de personas y animales esté restringido. Deben restringirse las actividades o instalaciones que puedan contaminar las aguas subterráneas, o que afecten el caudal realmente aprovechable para el abastecimiento a la población.

- Actividades de limpieza

Las áreas de limpieza corresponden al perímetro de los nacimientos y alrededor de la línea de conducción. Se removerá maleza, hojas, ramas, etcétera, para facilitar las inspecciones.

- Actividades de reparación

Las actividades de reparación a diferencia de las anteriores se registrarán en un documento técnico individual, que provea en un futuro datos históricos de la incidencia de fallas y averías, así como, sus costos asociados, el formato recomendado de dicho documento se detalla en el capítulo cuatro, formato SDA-E01-05.

La reparación deberá ser inmediata y confiable por lo que se recomienda capacitar, al personal operativo, en fontanería.

3.3.1.2. Tratamiento de agua

El subsistema de tratamiento de agua cuenta con un controlador de desinfección marca Walchem serie EZB, diseñado para el control de procesos de desinfección en el tratamiento de agua. El mantenimiento de dicho dispositivo se realizará en períodos bimensuales según recomendaciones del fabricante.

Durante las actividades de mantenimiento del dispositivo, se recomienda que la persona encargada revise la dosis de cloro depositada en el tanque.

Otro aspecto importante es la revisión de la cantidad de cloro en bodega, se recomienda que la cantidad mínima de cloro en la bodega cubra dos veces el período de emisión de orden de compra, solicitud del pedido y período de llegada del nuevo inventario, esto debido a que en ningún momento el subsistema de tratamiento puede dejar de funcionar.

El fontanero deberá reportar las actividades antes mencionadas por medio del documento técnico de registro, formato SDA-E01-01, que se describe en el siguiente capítulo.

3.3.1.3. Distribución de agua potable

Para el subsistema de distribución deberá realizarse mantenimiento preventivo en períodos bimensuales, las actividades a realizar son las siguientes:

- Actividades de revisión

Verificar si hay grietas en los muros, tapaderas o losas, en la parte interna y externa del tanque, verificar el funcionamiento de las válvulas de entrada y salida del tanque, girando despacio las llaves para comprobar que cierren y abran fácilmente, comprobar que no existan fugas al manejarlas, y verificar el estado del funcionamiento de estructuras tales como cajas de válvulas, puentes colgantes o pasos de zanjón, en la línea y red de distribución.

- Actividades de inspección

El área alrededor de la línea y red de distribución se inspeccionará para detectar posibles riesgos potenciales que influyan en su correcto funcionamiento, entre ellos conexiones prediales ilícitas, deslizamientos o hundimientos de tierra, fugas en la tubería o partes de la red expuestas al aire libre, entre otras.

Si se encuentra alguna avería se realizarán las actividades de reparación de forma inmediata. Las reparaciones necesarias en el subsistema de distribución se reportarán en el documento técnico de registro, formato SDA-E01-05.

- Actividades de limpieza

La limpieza del tanque se realizará en períodos mensuales; antes de iniciar la operación se deberá cerrar la válvula de la línea de conducción y la válvula de la línea de distribución. Después de la operación se deberá dejar correr el agua por aproximadamente veinte minutos.

Limpiar de maleza y hojas, el área alrededor de la línea de distribución, para hacer más fácil las actividades de inspección.

Un correcto mantenimiento de la red, implica una adecuada reducción de las fugas en la misma, su detención rápida y eficaz, su correcta reparación e incluso su prevención. Para el reporte de las actividades de mantenimiento del subsistema de distribución se utilizará el formato SDA-E01-04, que se muestra en el capítulo cuatro.

3.3.2. Sistemas de desinfección

La desinfección es todo tratamiento del agua que elimine o inactive gérmenes infecciosos para evitar enfermedades de origen hídrico, su propósito primario es la eliminación y la destrucción de la mayoría (pero no necesariamente la totalidad) de los microorganismos perjudiciales o indeseables.

Para la eliminación de microorganismos generalmente se adiciona cloro en los procesos de potabilización, la cloración ayuda a prevenir la posible contaminación en el sistema de distribución. Otros métodos de desinfección utilizan compuestos químicos, calor y luz ultravioleta para la destrucción de los mismos.

El sistema de desinfección a utilizar, depende directamente de la calidad del agua proveniente de las fuentes. Para sistemas con fuentes subterráneas la desinfección no es muy exigente ya que el agua ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo y presenta buena calidad bacteriológica.

En el sistema de distribución de agua del municipio se detectó, mediante los análisis bacteriológicos, una no conformidad a la norma COGUANOR NGO 29 001, por lo que la desinfección con cloro deberá restablecerse, documentarse, ser implementada y mantenerse. Lo anterior se resume en la implementación de un sistema de control de calidad del agua, se propone establecer primeramente los tipos de análisis necesarios, los períodos de análisis y los puntos de monitoreo.

- Tipo de análisis

La potabilidad del agua solo se puede determinar mediante análisis físicoquímicos y bacteriológicos, debido a que los parámetros examinados en dichos análisis influyen directamente en la calidad del agua. Los principales parámetros a analizar son los siguientes:

Tabla VI. **Parámetros para los análisis bacteriológicos y físicoquímicos**

Análisis	Parámetros
Bacteriológicos	Coliformes totales
	Escherichia Coli
Físicoquímicos	Olor
	pH
	Nitrito
	Nitrato
	Hierro total
	Calcio
	Magnesio
	Conductividad
	Dureza
	Turbiedad
	Color

Fuente: elaboración propia.

Los análisis de laboratorio se podrán efectuar según sea conveniente en el Laboratorio Nacional de Salud LNS o en el Laboratorio para Control de la Calidad del Agua con sede en las instalaciones de INFOM-UNEPAR, zona 7, ciudad de Guatemala.

- Período de análisis

Los períodos para realizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos son semestrales según el Acuerdo gubernativo 113-2009, en por lo menos tres puntos de la red, además de las captaciones y tanques de distribución.

Sin embargo, para solicitar el certificado de calidad del agua es necesario presentar los resultados de los análisis realizados en los últimos seis meses previos a la solicitud, por lo que se recomienda analizar la calidad del agua del sistema mensualmente, durante un período de prueba de seis meses, posteriormente se podrá establecer otro período de análisis según sean los resultados de los análisis. Para dichas actividades la municipalidad de la villa de Chicacao podrá avocarse al inspector del área de salud correspondiente y solicitar sus servicios.

Si la calidad del agua abastecida por el sistema de distribución ha sido satisfactoria durante los seis meses de prueba, la municipalidad deberá solicitar al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, a través de la Dirección del área de salud, la emisión del certificado de la calidad del agua.

Es importante resaltar que de no ser satisfactorios los resultados de la vigilancia sanitaria, según el acuerdo antes mencionado, las autoridades prestadoras del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano cometen infracción contra la prevención o protección de la salud y son sujetos a sanción conforme a lo establecido en el artículo 225 del Código de salud, Decreto número 90-97 del Congreso de la República.

Debido al resultado de los últimos análisis realizados en el sistema, se recomienda como medida correctiva restablecer la cantidad de cloro suministrada al tanque de distribución, la recomendación en cuanto a la cantidad de cloro se cita en el apartado 3.3.2.2.

- Puntos de monitoreo

Según recomendaciones del área de salud del municipio los puntos de recolección de muestras se ubicarán en las tres captaciones del sistema, el tanque de distribución y en el casco urbano en áreas públicas, ubicadas en cada uno de los cuatro barrios, para un total de doce muestras distribuidas de la siguiente manera:

Tabla VII. **Puntos de recolección de muestras**

Análisis Físicoquímicos		
Área del sistema	Ubicación	Cantidad de muestras
Captación 1	finca El Regalo	1
Captación 2	finca Milán	1
Captación 3	finca Arabia	1
Tanque de distribución	finca El Regalo	1
Análisis Bacteriológicos		
Captación 1	finca El Regalo	1
Captación 2	finca Milán	1
Captación 3	finca Arabia	1
Tanque de distribución	finca El Regalo	1
Red de distribución	Escuela Centenario	1
	Mercado municipal	1
	Colegio San José	1
	Instituto Abraham Lincoln	1
Total de Muestras:		12

Fuente: elaboración propia.

Las técnicas de colecta de muestras de agua según la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, NGO 29 010 h4 y NGO 29 018 h6 son las siguientes:

Tabla VIII. **Técnica de colecta de muestras**

Análisis Físicoquímicos	
Toma y conservación de muestras:	
Tipo de frascos:	Vidrio
	Polietileno
	Polipropileno
Volumen necesario para el análisis:	500 ml
Preservación de la muestra:	Refrigeración a 4 °C
Plazo para transportar las muestras:	Aguas limpias, 24 horas
	Aguas poluidas, menos de 24 horas
Análisis Bacteriológicos	
Toma y conservación de muestras:	
Tipo de frascos:	Vidrio neutro
	Polietileno
	Polipropileno
	Policarbonato
Capacidad de los frascos:	125 ml a 250 ml
Preservación de la muestra:	Sin preservación
Plazo para transportar las muestras:	Aguas limpias, máximo 1 hora
	Aguas poluidas, máximo 8 horas
<p>Nota: las muestras de agua poluidas se refiere a muestras de agua no clorada. Antes de utilizar los frascos de vidrio, estos deben ser esterilizados y cubiertos con papel metálico o impermeable.</p>	

Fuente: elaboración propia.

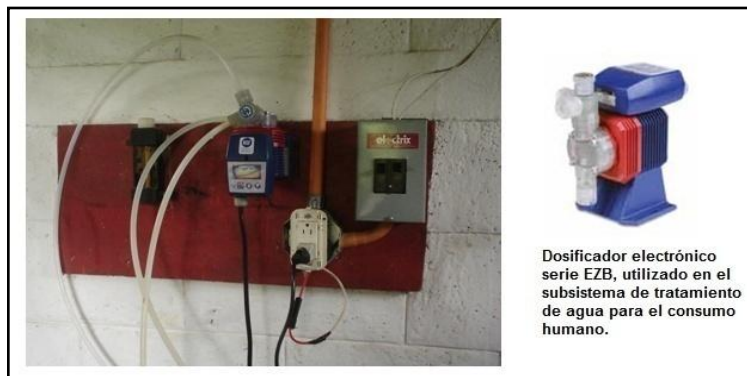
Para el registro de las actividades del control de calidad del agua se recomienda el uso del formato SDA-E01-03 que se muestra en el siguiente capítulo.

3.3.2.1. Hipoclorador

La función del hipoclorador es agregar al caudal de agua que ingresa al tanque de distribución, una cantidad de hipoclorito de calcio que mantenga una concentración adecuada para desinfectar el agua de consumo humano que surtirá a la población y mantenga en la red de distribución una cantidad de cloro residual entre 0,4 y 0,8 miligramos por litro.

Los sistemas de distribución de agua de tipo rural usualmente utilizan hipocloradores de cabeza constante con bombas eléctricas de diafragma, los cuales dosifican la solución de hipoclorito directamente al caudal de entrada del sistema, estos equipos se acondicionan dentro de una caseta pequeña en la cual se ubican los tanques para la preparación de la solución.

Figura 23. **Hipoclorador del sistema de distribución de agua**



Fuente: finca El Regalo, municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

3.3.2.2. Dosis de cloro necesaria

El cloro se utiliza muy ampliamente en aguas y drenajes, como agente oxidante y como desinfectante. Como agente oxidante se le emplea para el control de sabor olor y para la eliminación de color en el tratamiento de aguas municipales (oxidación de compuestos orgánicos); se utiliza para la oxidación de hierro y manganeso en los suministros de aguas freáticas; en el tratamiento de aguas industriales se emplea para la oxidación. Este elemento tiene la característica de ser un agente oxidante poderoso, altamente corrosivo en solución y en concentraciones que son insaboras e inocuas para consumo humano deja un residual en solución. El cloro es indudablemente el elemento más importante que existe para la desinfección del agua.

La cantidad de desinfectante (cloro) se determinará según el grado de desinfección que se requiera, para una desinfección al 5% deberá agregarse 50 g de cloro por cada litro de agua y cuando sea al 10% deberán administrarse 100 g de cloro por cada litro.

La demanda de cloro es la diferencia que existe entre la cantidad de cloro que se agrega y la que permanece como residual, después de un determinado tiempo de contacto. Para fuentes que proveen de aguas claras se estima una demanda de cloro de 0,2 mg/l.

El flujo de cloro (F_c) en mg/ minuto se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_c = (Q_d) * (D_c)$$

Donde:

Qd = caudal de distribución en l/ min

Dc = demanda de cloro en mg/l = 0,2

Para determinar el flujo de cloro es necesario conocer el caudal de distribución o caudal de entrada al tanque, para determinar el caudal actual se utiliza la siguiente fórmula:

$$Qd = \frac{P * D}{86\ 400}$$

P = población = domicilios * cantidad de personas en la vivienda

P = (1 644)* (7) = 11 508 habitantes aproximadamente

D = dotación o consumo de agua al día = 90 l/hab/día

El valor 86 400 representa la cantidad de segundos en un día.

Cálculo del caudal de distribución:

$$Qd = \frac{(11\ 508)*(90)}{86\ 400} = 11,98\ l/s$$

La dotación aproximada para el sistema se obtuvo de datos proporcionados por la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR). La densidad poblacional en las viviendas proviene de la información recopilada en la encuesta.

Cálculo del flujo de cloro (Fc):

$$F_c = (11,98) * (0,2)$$

$$F_c = 2,396 \text{ mg/min}$$

Según los datos de la jefatura del área de salud del departamento, el volumen de solución de hipoclorito al 10% que debe ingresar al tanque para dosificar 1 mg/l es de 86,40 litros por día para un caudal de entrada de un litro por segundo.

Cálculo del volumen de solución de hipoclorito (Vc):

$$V_c = \frac{(86,40) * (Q_d)}{3,7886}$$

$$V_c = \frac{(86,40) * (11,98)}{(3,7886)} = 273,20 \text{ galones /día}$$

El valor 3,7886 representa la cantidad de litros en un galón.

3.4. Operación y mantenimiento del sistema

Para implementar un plan de operación y mantenimiento, es necesario contar con recursos financieros que se utilicen para costearlo. Estos recursos se obtienen a través del pago de una tarifa por parte de los usuarios del sistema y un porcentaje que aporta la municipalidad. A continuación se estiman los costos de operación y mantenimiento del sistema.

3.4.1. Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación contemplan el pago de la mano de obra directa, en este caso los salarios de fontaneros y ayudantes. Para el cálculo del costo de mano de obra se toma como referencia el salario mínimo rural diario para actividades agrícolas y no agrícolas, el cual para el año 2011, según el Ministerio de Economía (MINECO), es de Q 63,70 quetzales por día equivalentes a Q 2 161,00 quetzales al mes, incluyendo bonificación.

Cálculo del costo de operación (Co):

$$\text{Co} = \text{salario mensual} * \text{cantidad de operarios}$$

$$\text{Co} = (\text{Q } 2\ 161,00) * (4)$$

$$\text{Co} = \text{Q } 8\ 644,00$$

Para determinar el costo de mantenimiento se estima el 3% del precio unitario de tubería y accesorios, dicho costo servirá para la compra de materiales cuando haya necesidad de cambiar los existentes. Según los datos obtenidos en la empresa de fabricación de tubería MULTITUBO, S. A. el precio del solvente utilizado para las reparaciones de tubería PVC es de Q 440,00 quetzales por galón y el precio de la tubería es el siguiente:

Tabla IX. Precios de tubería PVC

Tipo de tubería	Diámetro en pulgadas (")	Longitud en metros (m)	Precio unitario en quetzales (Q)
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	6"	6	682,40
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	4"	6	314,00
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	2 1/2"	6	128,00
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	2"	6	87,00
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	1 1/2"	6	56,40
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	1"	6	32,00
Tubería de Cloruro de polivinilo PVC	1/2"	6	20,40
Total			1 320,20

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del costo de mantenimiento (Cm):

$$Cm = 3\%(\text{costo de materiales})$$

$$Cm = 0,03 (1\ 320,20+440)$$

$$Cm = Q52,80$$

3.4.2. Tarifa propuesta

La tarifa de pago se obtiene de la suma de los costos asociados al sistema y dividiendo el resultado por la cantidad de conexiones prediales. Los costos asociados al sistema incluyen los costos anteriores y además se debe estimar el costo de tratamiento del agua y los gastos administrativos.

El costo de tratamiento está destinado para la compra de hipoclorito de calcio y se determina con la fórmula:

$$Ct = (Vc) * (\text{Precio}) * (30)$$

Vc = volumen de solución de hipoclorito al 10%

Precio = precio de la solución de hipoclorito de calcio al 10%

Precio = Q 14,75 por galón (según datos de Guatecompras)

El valor 30 representa los días por mes.

Cálculo del costo de tratamiento:

$$Ct = (273,20) * (14,75) * (30) = Q120 891 \text{ al mes}$$

Los gastos administrativos sirven para mantener un fondo para gastos que puedan surgir en viáticos, papelería, sellos entre otros. Se realiza estimando un porcentaje sobre la suma de los gastos de operación, mantenimiento y tratamiento, para este proyecto se consideró un porcentaje igual a 2%.

Cálculo de los gastos administrativos (Ga):

$$Ga = 0,02 (Co + Ct + Cm)$$

$$Ga = 0.02 (8 644 + 120 891 + 52,8) = Q2 591,76$$

Tabla X. **Tabla de resumen de costos**

Tipo de Costo	Valor (Q)
Costo de operación	8 644,00
Costo de mantenimiento	52,80
Costo de tratamiento	120 891,00
Gastos administrativos	2 591,76
Total	132 179,55

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la tarifa propuesta mensual (Tp):

$$Tp = \frac{\text{Total de gastos}}{\text{Número de conexiones prediales}}$$

$$Tp = \frac{132\ 179,55}{1\ 644} = 80,40$$

La tarifa actual por el servicio de abastecimiento de agua en el área urbana del municipio es de Q 2,00 mensuales, la cual no ha sufrido ningún cambio desde la construcción de la última captación adicional al sistema.

Por políticas internas de la municipalidad no se puede hacer un incremento de Q 2,00 a Q 80,00, por lo cual la tarifa propuesta será de Q 45,00, la cual si es posible aportar por los usuarios según su capacidad de pago. El déficit de Q 35,00 se incluirá en los gastos de la municipalidad.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

3.5. Líneas de acción

Las líneas de acción corresponden a las actividades que se deberán realizar para la implementación del proyecto. Para el éxito de la propuesta, las líneas de acción giran entorno a dos ejes principales:

- Administrativo, que involucra el desarrollo de círculos de calidad que permitan la sostenibilidad del sistema.
- Técnico, que involucra la inducción y capacitación del personal operativo, para llevar a término las actividades de operación y mantenimiento del sistema.

Adicionalmente es importante resaltar que en comunidades con antecedentes como los de Chicacao, hay que tomar en cuenta actividades para involucrar a los habitantes de la comunidad en el proyecto, estas actividades se enfocarán a informar y anticipar sobre los pequeños cambios que se podrían generar en la tarifa mensual de pago de agua.

Bajo esta premisa se han definido las siguientes líneas de acción:

Tabla XI. **Líneas de acción**

Líneas de acción	
Administrativas:	Elaboración y control de registros
	Programación de las actividades de inducción, capacitación y concientización del personal
	Información de las actividades por medio de carteles, afiches, memorándum, etcétera
	Programación de actividades para el involucramiento de la comunidad
	Análisis de los registros
	Estadística de los registros
	Acciones correctivas y preventivas
Técnicas:	Actividades de involucramiento con el personal operativo
	Actividades de capacitación
	Documentar los procesos en los registros

Fuente: elaboración propia.

3.6. Implementación de la propuesta

3.6.1. Elaboración de los registros necesarios

La municipalidad de la villa de Chicacao, mediante la oficina de aguas y drenajes y la oficina municipal de planificación debe crear un registro de los servicios de distribución de agua potable. Dichos documentos deberán contener información que haga constar la realización de las actividades del plan de mantenimiento, en cada uno de los subsistemas que conforman el sistema de distribución de agua potable, y las actividades para el control de calidad del agua.

La información mínima de los registros para el plan de mantenimiento, según recomendaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), es la siguiente:

- Identificación del sistema o servicio de abastecimiento
- Ubicación detallada del sistema de abastecimiento
- Identificación del prestador del servicio de abastecimiento
- Identificación de la persona responsable de la realización de las actividades de mantenimiento.
- Identificación de los subsistemas a registrar y frecuencia de realización
- Identificación de las actividades que se realizarán, según el plan de mantenimiento.
- Observaciones generales, en las que se registran las fallas encontradas en los equipos o instalaciones.

Según los Acuerdos Gubernativos 113-2009 “Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano” y 178-2009 “Reglamento para la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento”, la información mínima de los registros de las actividades de control de la calidad del agua, es la siguiente:

- Identificación del sistema o servicio de abastecimiento
- Ubicación detallada del sistema de abastecimiento
- Identificación del prestador del servicio de abastecimiento
- Identificación de la persona responsable de la realización de las actividades de aseguramiento de la calidad del agua.
- Identificación y ubicación detallada de las fuentes de abastecimiento

- Valor de aforo promedio de las fuentes de agua; evaluado para época seca y lluviosa.
- Descripción de los métodos de tratamiento y desinfección utilizados
- Identificación y ubicación detallada de los puntos de recolección de muestras.
- Resultado del análisis físicoquímico y bacteriológico.

De acuerdo con lo anterior se recomiendan los siguientes formatos para el registro de las actividades descritas en el capítulo anterior.

Tabla XII. **Descripción de los formatos**

Tipo de documento	Nombre del documento	Código
Formato	Registro de las actividades del plan de mantenimiento del subsistema de captación.	SDA-E01-001
Formato	Registro de las actividades del plan de mantenimiento del subsistema de tratamiento y desinfección.	SDA-E01-002
Formato	Registro de las actividades del plan de control de calidad del agua.	SDA-E01-003
Formato	Registro de las actividades del plan de mantenimiento del subsistema de distribución.	SDA-E01-004
Formato	Registro de las fallas o averías y costos de reparación.	SDA-E01-005

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Registro de actividades, código SDA-E01-01

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ, ADMINISTRACIÓN 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACION	
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACION: ÁREA URBANA, CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2010	
REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CÓDIGO SDA-E01-01	
SUBSISTEMA DE CAPTACION UBICADO EN: NÚMERO DE HOJA:	
SUPERVISOR:	

No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			REGISTRO			
		Q	M	T	FECHA	OBSERVACIONES	FIRMA	Vo.Bo.
1	TANQUE DE CAPTACION							
1.1	REVISIÓN							
1.1.1	Revisar tanque (Grietas, filtraciones, fugas, etc)							
1.1.2	Revisar válvulas y tuberías							
1.1.3	Identificar averías							
1.2	INSPECCIÓN							
1.2.1	Inspeccionar alrededor del tanque							
1.2.2	Detectar fuentes de contaminación							
1.3	LIMPIEZA							
1.3.1	Retirar maleza del área del tanque							
1.3.2	Limpiar tubería de rebalse							
1.3.3	Limpiar caja de válvulas							
1.4	REPARACIONES							
1.4.1	Llenar ficha de averías							
2	LÍNEA DE CONDUCCIÓN							
2.1	REVISIÓN							
2.1.1	Recorrido de la línea de conducción							
2.1.2	Identificar averías							
2.2	INSPECCIÓN							
2.2.1	Detectar fuentes de contaminación							
2.2.2	Identificar riesgos potenciales (hundimientos o deslizamientos de tierra y fugas)							
2.3	LIMPIEZA							
2.3.1	Retirar maleza de la línea de conducción							
2.4	REPARACIONES							
2.4.1	Llenar ficha de averías							

Frecuencia: Q = Quincenal, M = Mensual, BM = Bimestral, T = Trimestral
Firma: Persona responsable y Visto Bueno (Vo.Bo.): Firma del supervisor

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Registro de actividades, código SDA-E01-02

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICAO, SUCHITEPÉQUEZ, ADMINISTRACIÓN 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN									
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACIÓN: ÁREA URBANA, CHICAO, SUCHITEPÉQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2011									
REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CÓDIGO SDA-E01-02									
SUBSISTEMA DE TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: SUPERVISOR:									
NÚMERO DE HOJA:									
N.º	ACTIVIDAD	FRECUENCIA		REGISTRO					
		Q	M	BM	T	FECHA	OBSERVACIONES	FIRMA	Vo.Bo.
1	HIPOCLORADOR								
1.1	REVISIÓN								
1.1.1	Revisar parámetros en el panel del hipoclorador								
1.1.2	Cantidad de cloro en bodega								
1.1.3	Identificar fallas								
1.2	INSPECCIÓN								
1.2.1	Hacer prueba de cloro residual en el tanque								
1.3	REPARACIONES								
1.3.1	Llenar ficha de averías								

Frecuencia: Q = Quincenal, M = Mensual, BM = Bimestral, T = Trimestral
Firma: Persona responsable y Visto Bueno (Vo.Bo.): Firma del supervisor

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Registro de actividades, código SDA-E01-03

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ, ADMINISTRACIÓN 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN						
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACIÓN: ÁREA URBANA, CHICACAO, SUCHITÉPEQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2011						
REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA					CÓDIGO SDA-E01-03	
SUBSISTEMA DE TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN					NÚMERO DE HOJA:	
RESPONSABLE:						
SUPERVISOR:						
			INFORMACIÓN DE AFOROS			
No.	INFORMACIÓN	UBICACIÓN	EPOCA SECA	EPOCA LLUVIOSA	AFORO PROMEDIO	FECHA
1	FUENTES DE ABASTECIMIENTO					
1.1	Captación con galería de infiltración	Finca El Regalo				
1.2	Captación de nacimiento 1	Finca Milan				
1.3	Captación de nacimiento 2	Finca Arabia				
2	MÉTODOS DE TRATAMIENTO					
2.1	Cloración del agua	Finca El Regalo				
3	PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		INFORMACIÓN DEL MUESTREO			
			FECHA	OBSERVACIONES	FIRMA	Vo.Bo.
3.1	Captaciones	Finca El Regalo				
		Finca Milán				
		Finca Arabia				
3.2	Tanque de distribución	Finca El Regalo				
3.3	Red de distribución	Escuela Centenario				
		Mercado municipal				
		Colegio San José				
		Instituto Abraham Lincoln				
Firma: Persona responsable y Visto Bueno (Vo.Bo.): Firma del supervisor						

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Registro de actividades, código SDA-E01-04

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ, ADMINISTRACIÓN 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACIÓN: AREA URBANA. CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2011	
REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CÓDIGO SDA-E01-04	
SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: _____ NÚMERO DE HOJA: _____	
SUPERVISOR: _____	

No.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			REGISTRO			
		Q	M	T	FECHA	OBSERVACIONES	FIRMA	Vo.Bo.
1	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN							
1.1	REVISIÓN							
1.1.1	Revisar tanque (Grietas, filtraciones, fugas, etcétera)							
1.1.2	Revisar válvulas y tuberías							
1.1.3	Identificar averías							
1.2	INSPECCIÓN							
1.2.1	Inspeccionar el alrededor del tanque							
1.2.2	Detectar fuentes de contaminación							
1.3	LIMPIEZA							
1.3.1	Limpiar parte interna y externa del tanque							
1.3.2	Limpiar tubería de rebalse							
1.3.3	Limpiar caseta del Hipoclorador							
1.3.4	Limpiar caja de válvulas							
1.4	REPARACIONES							
1.4.1	Llenar ficha de averías							
2	LÍNEA Y RED DE DISTRIBUCIÓN							
2.1	REVISIÓN							
2.1.1	Recorrido de la línea de distribución							
2.1.2	Identificar averías (hundimientos o deslizamientos de tierra, fugas, etcétera)							
2.1.3	Recorrido de la red de distribución							
2.1.4	Identificar averías							
2.3	LIMPIEZA							
2.3.1	Retirar maleza de la línea de distribución							
2.4	REPARACIONES							
2.4.1	Llenar ficha de averías							

Frecuencia: Q = Quincenal, M = Mensual, BM = Bimestral, T = Trimestral
Firma: Persona responsable y Visto Bueno (Vo.Bo.): Firma del supervisor

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Registro de actividades, código SDA-E01-05

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ, ADMINISTRACIÓN 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN										
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACIÓN: ÁREA URBANA, CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2011										
REGISTRO DE LAS FALLAS O AVERÍAS Y COSTOS DE REPARACIÓN						CÓDIGO SDA-E01-05				
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: SUPERVISOR:						NÚMERO DE HOJA:				
No.	INFORMACIÓN DE AVERÍAS			REGISTRO						
1	Nombre del subsistema:	Ubicación:	FECHA	OBSERVACIONES	FIRMA	Vo.Bo.				
2	Tipo de avería o falla:									
3	Código de urgencia:									
INFORME DE LA REPARACIÓN			COSTO DE LA REPARACIÓN							
			Operario	Tiempo (Horas)	Valor (0)	Costo en M. O. D	Materiales	Cantidad	Valor unitario	Costo en materiales

Firma: Persona responsable y Visto Bueno (Vo.Bo.): Firma del supervisor

Fuente: elaboración propia.

Los registros son un tipo especial de documento, se requieren para la implementación del proyecto, deben proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos numerados en la propuesta, así como de la operación eficiente del sistema de distribución de agua. Los registros deben controlarse de acuerdo con lo siguiente:

- Deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables
- La oficina a cargo establecerá un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, la retención y la disposición de los registros.

3.6.2. Análisis de los registros

El análisis de los registros deberá aplicar métodos apropiados para el seguimiento y control del proyecto. Estos métodos deben demostrar la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados. El análisis se puede hacer formulando series de preguntas, tales como:

- ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cuánto? y ¿Cómo?

En esta etapa de la implementación se deberá efectuar un análisis de la incidencia de reparaciones, en cada uno de los diferentes subsistemas, la causa y los costos de las mismas. Con los resultados de este análisis se podrán programar las actividades de reparación de forma preventiva y predictiva.

El análisis de los resultados de las pruebas bacteriológicas y físicoquímicas, consiste en la comparación de resultados respecto a los requerimientos de la norma de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29 001.

Cuando no se alcancen los resultados planificados, deben llevarse a cabo correcciones y acciones preventivas, según sea conveniente.

3.6.3. Estadísticas de los registros

La estadística de los registros es una técnica sencilla para medir resultados, con ella se evalúan las mejoras obtenidas con la implementación de la propuesta.

Los procedimientos de evaluación de resultados, como la estadística de registros, generalmente abarcan los siguientes tipos de acción: analizar, comparar, comprobar, confirmar, explorar, observar gráficar y realizar operaciones de cálculo y estadística.

Esta técnica de medición de resultados involucra comparaciones periódicas con las que se podrá delimitar áreas específicas de actuación. Para entrar en esta etapa se deja pasar un tiempo razonable que permita observar los cambios y medir las mejoras obtenidas. Los propósitos de la elaboración de estadísticas son los siguientes:

- Verificar la implementación de la propuesta y en su caso, las desviaciones y su causa.
- Investigar la reacción y participación del personal en las capacitaciones
- Reevaluar lo logrado en la consecución de los objetivos económicos y sociales.

Para realizar la estadística de los registros del plan de mantenimiento y el control de la calidad del agua se deberá elaborar la tabulación de datos y la gráfica respectiva, para observar la tendencia de los datos, sus desviaciones y causas. Los resultados de las estadísticas deberán ser documentados y archivados.

3.7. Participación de beneficiarios y de las entidades involucradas

La participación de la municipalidad en esta etapa es indispensable, ya que es la entidad encargada del abastecimiento de agua a la comunidad y debe proporcionar todas las facilidades necesarias para la implementación de mejoras, cuyo fin sea procurar el más completo bienestar físico, mental y social de los habitantes de la comunidad (Acuerdo Gubernativo 113-2009).

La participación de las personas de la comunidad es importante, debido a que es necesaria su colaboración haciendo los pagos de tarifas puntualmente, vigilando que el sistema sea bien utilizado, participando en las asambleas informativas y conservando en buen estado sus conexiones intradomiciliarias, para mantener en buen estado el sistema de distribución de agua.

3.8. Creación de un fondo para el mantenimiento del sistema de distribución de agua

3.8.1. Contribución de la municipalidad

La municipalidad de Chicacao a través de la oficina de agua y drenajes, contribuye en la creación de fondos de mantenimiento, mediante el monitoreo del pago de la tarifa y la administración de los recursos provenientes de dicha tarifa. Como parte de la creación del fondo para mantenimiento, la municipalidad debe contribuir incluyendo en su presupuesto anual un rubro con esta finalidad, en el Manual de Principios Básicos de Mantenimiento el autor recomienda que dicho rubro corresponda, como mínimo, al 2% de los gastos de la empresa, en este caso la Municipalidad de Chicacao.

3.8.2. Contribución del usuario final

La tarifa por concepto de costos de administración, operación y mantenimiento del sistema de distribución, corresponde a la contribución del usuario final necesaria para la sostenibilidad del sistema.

3.9. Tiempo aproximado de la implementación

El siguiente cronograma corresponde a las actividades necesarias para dar inicio a la implementación de la propuesta, algunas actividades administrativas como el análisis y estadísticas de los registros no se consideran debido a que se deberá esperar un período de tiempo razonable que permita observar los cambios.

Tabla XIII. Tiempo aproximado de la implementación

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ 2008-2012 OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN													
PROYECTO: EFICIENTIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE UBICACIÓN: ÁREA URBANA, CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ. FECHA: FEBRERO DE 2011													
IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE EFICIENTIZACIÓN													
No.	DESCRIPCIÓN	MES 1				MES 2				MES 3			
		SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4
1	Elaboración de documentos (registros).												
2	Organización de actividades informativas.												
3	Organización de actividades de inducción.												
4	Organización de actividades de capacitación.												
5	Reunión con representantes de COCODES.												
6	Reunión con el personal para la inducción.												
7	Reunión con personal operativo para la capacitación.												
8	Entrega de los registros al personal.												
9	Recopilación de información en los registros.												
10	Control de los registros.												
11	Inicio de actividades correctivas o preventivas.												

Fuente: elaboración propia.

3.10. Evaluación económica de la propuesta

Los proyectos de interés comunitario, como la implementación de mejoras al sistema de distribución de agua potable del área urbana de Chicacao, tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía, buscando el bienestar público. Los proyectos del sector público no generan renta alguna, por lo que es recomendable evaluar económicamente las alternativas públicas con un análisis costo/beneficio, considerando como costos los gastos de inversión, implementación y operación del proyecto, y como beneficios las ventajas que experimentará la población de dicho sector con la implementación del proyecto.

Para este proyecto no es posible estimar un monto exacto del impacto económico de los beneficios que traerá la implementación de la propuesta, se pueden mencionar: la disminución de averías y fallas de la infraestructura y equipos del sistema, disminución de costos por reparaciones de emergencia y molestias ocasionadas por suspensiones del servicio, por lo que el análisis se hará mediante el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

- Valor presente neto

El valor presente neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja.

Como inversión inicial del proyecto, la Municipalidad de Chicacao debe desembolsar el costo de las actividades de implementación:

Tabla XIV. **Estimación de la inversión inicial**

Detalle	Costo (Q)
Capacitaciones	1 000,00
Afiches informativos	130,00
Elaboración de documentos	150,00
Elaboración de registros	150,00
Total	1 430,00

Fuente: elaboración propia.

Los egresos mensuales se estiman a partir de los costos de operación, mantenimiento, tratamiento y gastos administrativos detallados en la tabla X, Resumen de costos mensuales, para un total de Q 132 179,55. El aporte actual de los vecinos es de Q 2,00 mensuales para un ingreso inicial de Q 3 288,00, y la tarifa mensual propuesta es Q 45,00, la cual constituye los ingresos.

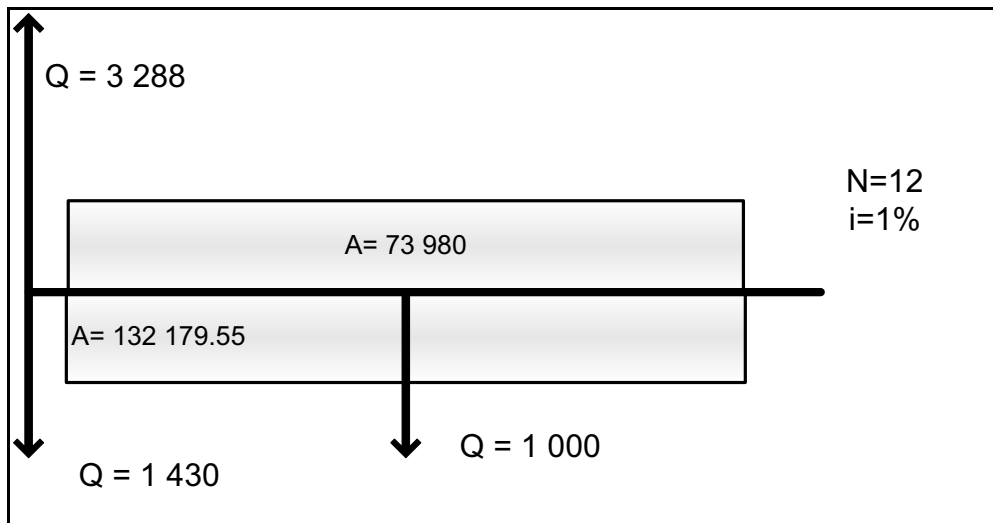
Tabla XV. **Flujo de efectivo del sistema**

Detalle	Total (Q)
Inversión inicial	1 430,00
Ingreso inicial	3 288,00
Costos mensuales	132 179,55
Capacitación semestral	1 000,00
Ingresos mensuales	73 980,00

Fuente: elaboración propia.

Construyendo el diagrama de flujo se tiene:

Figura 29. **Flujo de efectivo**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = -1\,430 + 3\,288 - 132\,179.55(P/A, 1\%, 12) - 1\,000(P/F, 1\%, 6) + 73\,980(P/A, 1\%, 12)$$

$$VPN = -654\,125.75$$

Un VPN negativo significa que hay más gastos que ganancias, obteniendo pérdidas, en el sector privado un proyecto con VPN negativo es rechazado inmediatamente.

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de una inversión se define como la tasa de interés con la cual el valor presente neto (VPN) es igual a cero, es decir, la tasa de interés en la cual en valor presente de costos es igual al valor presente de ingresos.

$$VPN_{\text{costos}} = VPN_{\text{ingresos}}$$

El procedimiento para encontrar la TIR, se basa en la regla de los signos de Descartes, la cual establece que el número total de raíces reales siempre es menor o igual al número de cambios de signos de series. Se utiliza una tasa de interés con un VPN negativo y otra con valor positivo, luego se usa una interpolación matemática para encontrar la tasa de interés con la cual el $VPN=0$. Con los datos del flujo de efectivo anterior se determinan los siguientes valores para el VPN:

Con $i = 0,25\%$ se obtiene un $VPN = -686\ 306,65$

Con $i = 1,00\%$ se obtiene un $VPN = -654\ 125,76$

Con $i = 10,00\%$ se obtiene un $VPN = -395\ 260,77$

Por lo anterior, se deduce que la tasa interna de retorno del proyecto es negativa, con lo cual se ratifica la conclusión del apartado anterior, la implementación de la propuesta generaría pérdidas, pero los objetivos de un proyecto de inversión social es el beneficio que traerá a los usuarios.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Planificación del mantenimiento preventivo

La planificación es el conjunto de actividades formales encaminadas a producir una formulación estratégica de acuerdo al documento: Nota sobre Planificación Estratégica, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE). La planificación aporta la metodología, de obligado cumplimiento a plazo fijo, que forza al desarrollo de las actividades necesarias para la implementación de los planes y el cumplimiento de las metas establecidas por la empresa.

Según lo citado anteriormente la planificación del mantenimiento preventivo puede definirse como una herramienta de control y seguimiento de la implementación de la propuesta, que eventualmente ayudará a los directivos a concebir nuevos planes de mejoramiento en el sistema o una formulación estratégica aplicable a sistemas similares.

La planificación es necesaria para asegurar el desarrollo del proyecto en períodos de tiempo previamente establecidos, este método de seguimiento es imprescindible debido a que obliga a los directivos de niveles altos e intermedios a pensar en el futuro del sistema y a consolidar los resultados obtenidos, creando a su vez círculos de calidad y mejora continua.

5.1.1. Captación de agua

La planificación del mantenimiento preventivo del subsistema de captación de agua se realizará en el último trimestre de cada año, con el apoyo de la información recopilada durante ese período.

Adicionalmente será útil para la planeación, la elaboración de una ficha técnica de cada uno de los subsistemas. La ficha técnica debe proporcionar la siguiente información:

- Número de referencia o código
- Nombre de cada componente del subsistema
- Características básicas del subsistema y sus componentes
- Año de adquisición de los componentes
- Costos de adquisición o inversión aplicada
- Costos anuales de mantenimiento
- Datos históricos tomados de la experiencia

La información de la ficha técnica define el estado de referencia o situación actual del subsistema. Para la planeación del siguiente período se utilizará la siguiente metodología:

- Analizar la información recopilada en los registros y elaborar estadísticas de los mismos, según lo expuesto en el capítulo anterior;
- Desarrollar un listado de averías, fallas e incidentes;
- Determinar acciones correctivas o preventivas, según lo anterior; y
- Actualizar los procedimientos a realizar en el siguiente período.

5.1.2. Tratamiento de agua

La planificación del mantenimiento del subsistema de tratamiento y desinfección se realizará de acuerdo con la metodología anterior, se recomienda el primer y cuarto bimestre de cada año (enero- febrero, julio-agosto) para efectuarla.

En cuanto a la certificación de la calidad del agua, la validez del certificado es de seis meses, por lo cual se debe planificar la recaudación de muestras en el tercer y último bimestre de cada año correspondiente a los meses de mayo-junio y noviembre-diciembre.

5.1.3. Distribución de agua potable

La planificación del mantenimiento del subsistema de distribución se efectuará con la metodología descrita para el subsistema de captación. Para realizar la planificación se recomienda utilizar el período que comprende los meses de octubre y noviembre. La finalidad es realizar los planes de mantenimiento al final de los períodos y tener listos los nuevos planes para el próximo.

5.2. Control de fallas

El control es la función que cierra y completa el proceso administrativo, al iniciar la retroalimentación de las acciones que se adoptan en la implementación de la propuesta. Se trata de una fase íntimamente relacionada con la planificación debido a que la información que proporciona permite conocer si los objetivos se han conseguido.

Esta metodología permite seguir el estado del sistema de distribución, así como la evolución de los síntomas de fallo, con el fin de conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitarla a través de una intervención programada, y alargar al máximo posible la vida útil de la infraestructura del sistema. La metodología para el control de fallas responde a las preguntas:

- ¿Cómo se han realizado las actividades del mantenimiento y del control de la calidad del agua?

- ¿Qué acciones se tomaron para la mitigación de las averías, fallas o no conformidades del sistema?

Dicha información se encontrará documentada en los registros, por lo que esta parte del seguimiento únicamente consiste en regular, rectificar y documentar los resultados del análisis y la estadística de los registros.

El control de fallas adicionalmente, busca la comparación de los datos iniciales con los obtenidos a lo largo del tiempo, por lo que es necesario definir el horizonte temporal de la propuesta.

5.2.1. Horizonte temporal

El horizonte temporal es el período de tiempo destinado para realizar las actividades de implementación, seguimiento y control de la propuesta y obtener los resultados planeados. Hay tres tipos de horizontes temporales:

- A corto plazo: tiene cobertura de hasta un año pero regularmente es inferior a tres meses, es útil para la planificación de compras y programación de trabajos.
- A medio plazo o intermedio: generalmente abarca entre tres meses y tres años, es útil para el análisis de los planes operativos.
- A largo plazo: por lo general abarcan períodos superiores a tres años. Son utilizados para la investigación y desarrollo.

Debido al tipo de proyecto se propone un horizonte temporal a medio plazo, considerando que después de un año de iniciar con la implementación de la propuesta se podrá observar la mejora en la eficiencia del sistema de distribución de agua potable. En capítulos anteriores se establecieron períodos de tiempo para la realización de las actividades de la propuesta y un tiempo aproximado para la implementación de la misma, estos períodos forman parte del horizonte temporal.

5.3. Mejora continua: mantenimiento predictivo

La mejora continua requiere que una vez cumplida una meta de manera satisfactoria, esta meta sea revisada hasta un nivel superior alcanzable. El siguiente nivel de mejora en la eficientización del sistema de distribución de agua es la aplicación del mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo también es llamado mantenimiento previsorio o control predictivo del mantenimiento, es una metodología que tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y componentes a través de la inspección del estado del equipo.

El mantenimiento predictivo se utiliza para determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo o instalación, es decir, el punto donde la probabilidad de que el equipo falle asume valores indeseables. La determinación de este punto predictivo se realiza en función de las características del equipo, por vigilancia continua de los niveles o umbrales correspondientes a los parámetros indicadores de su condición.

Para una correcta aplicación de este tipo de mantenimiento, es necesaria la estimación del ciclo de vida de los distintos elementos susceptibles a desgastes o que conducen al deterioro del sistema. Se puede utilizar como herramienta, para la determinación del punto predictivo, el análisis estadístico y el análisis de síntomas.

5.3.1. Recursos necesarios

Los recursos que se utilizan para el desarrollo de la mejora continua son una serie de documentos que permiten la comunicación del propósito del proyecto y la coherencia de las acciones a tomar. La utilización de documentos contribuye a proveer evidencia objetiva y evaluar la eficiencia y eficacia del sistema. Los documentos aplicables para la correcta eficientización del sistema de distribución son los siguientes:

- Planes: documentos que describen cómo y cuándo se realizan las actividades de mantenimiento y control de calidad del agua.
- Manuales: documentos técnicos que proporcionan información de cómo realizar las actividades de la propuesta, tales documentos pueden incluir instrucciones de trabajo, métodos específicos de actuación y planos.
- Directrices o especificaciones: documentos que proveen, de información de los requisitos legales, reglamentarios o requisitos internos aplicables al sistema de distribución.
- Registros: documentos que proporcionan evidencia de las actividades realizadas y los logros obtenidos.

La entidad encargada del desarrollo de la propuesta determina la extensión de los documentos y los medios a utilizar. Sin embargo, durante el desarrollo de la propuesta de eficientización se han determinado requisitos legales, formatos para el registro de las actividades y directrices para el desarrollo de los planes o planificación de actividades, por lo que el único documento que deberá determinar la organización es el manual operativo del sistema.

5.4. Calidad en el servicio prestado

La calidad en el servicio de distribución de agua potable es el resultado de la aplicación del ciclo de mejora continua en el sistema. Uno de los objetivos de la mejora continua es incrementar la probabilidad de la satisfacción de los clientes o usuarios del sistema. Este ciclo consta de cuatro etapas:

- Planificar: definición del problema y reunión de los datos necesarios para su análisis. Después se identifican las causas y se desarrollan los cursos de acción para resolverlos, eligiendo uno.
- Hacer: esta etapa se divide en dos partes:
 - Formación: la dirección debe formar a los trabajadores para que ejecuten las actividades que deben llevar a cabo para conseguir los objetivos.
 - Puesta en práctica de las medidas oportunas

- Revisar: esto es, comprobar si la medida implantada logra los resultados buscados.
- Actuar: si se han conseguido dichos resultados se emprende una acción final, la estandarización, para asegurar que los nuevos métodos serán aplicados de manera continua en el mejoramiento sostenido y, de esta forma, no se volverá a repetir el problema.

Las actividades de mejora pueden variar desde las pequeñas mejoras continuas en los lugares de trabajo hasta las mejoras significativas en toda la organización, sean pequeños o grandes los cambios, dichos cambios son necesarios para el éxito sostenido del sistema de distribución de agua potable del municipio.

CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis de la eficiencia actual del sistema, donde se determinó por medio de análisis de laboratorio que la calidad bacteriológica del agua no cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001.
2. El recurso hídrico en el municipio es abundante y de buena calidad físicoquímica, su uso es de tipo consuntivo con fines domésticos y de riego. Es posible incrementar la calidad bacteriológica del agua con la implementación del sistema de control de calidad.
3. La planificación, organización y programación del mantenimiento del sistema de distribución de agua potable se realiza según la experiencia del encargado de mantenimiento, quien no cuenta con documentos técnicos de registro. El mantenimiento que se realiza a los equipos e infraestructura es de tipo correctivo.
4. La mayor parte del costo de operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua potable lo subsidia la municipalidad. La tarifa actual por el servicio de distribución de agua no es suficiente para cubrir los gastos asociados a dicho servicio.
5. Según el análisis costo beneficio de la propuesta se determinó que los beneficios de la inversión en la implementación de la propuesta es el bienestar público, disminuyendo el riesgo de enfermedades de origen hídrico y los costos por reparaciones de emergencia.

6. Al evaluar y priorizar las mejoras necesarias para que el sistema opere de manera óptima se determinó que se debe implementar el plan de operación y mantenimiento preventivo en los equipos e infraestructura del sistema de distribución de agua potable.

7. Con base en la estimación de los costos que implica el sistema de distribución de agua potable y la política de administración de la municipalidad se determinó una nueva tarifa de pago de Q 45,00 por vivienda o conexión predial.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Chicacao

1. Concientizar a la comunidad de la importancia de su participación en la implementación de la propuesta para que el sistema de distribución de agua potable funcione eficientemente, poniendo especial atención en el pago de la tarifa propuesta de Q 45,00 mensuales por conexión predial.
2. Implementar y dar seguimiento al sistema de control de calidad del agua, para no cometer infracción contra la prevención o protección de la salud, según lo establecido en el Artículo 23, del Acuerdo Gubernativo 113-2009 (Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano).
3. Para que el registro de las actividades del plan de operación y mantenimiento sean confiables, se debe capacitar al personal e incluir sus observaciones en los planes futuros.
4. Verificar periódicamente la aplicación de la propuesta por medio de auditorías internas. Implementar la metodología de documentación y registro de las actividades de operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua potable.

5. Tomar en cuenta las disposiciones de los acuerdos vigentes en cuánto a las normas sanitarias para la administración de los servicios de agua potable y determinar métodos de seguimiento y control de las actividades que realice.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACHING GUZMÁN, César. *Ratios financieros y matemáticas de la mercadotecnia*. Serie Mypes. Colombia: Prociencia y cultura, 2006. 100 p. ISBN: 8468961035.
2. COGUANOR. *Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones*, COGUANOR NGO 29 001, COGUANOR NGO 29 010 h4 y NGO 29 018 h6. Guatemala: COGUANOR, 1985.
3. FLEITMAN, Jack. *Evaluación integral*. [s.l.]: McGraw-Hill, 1994. 211 p. ISBN: 9701004450.
4. Guatemala. Acuerdo Gubernativo 113-2009. *Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano*. 2009. p. 5.
5. _____. Acuerdo Gubernativo 178-2009. *Reglamento para la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento*. 2009. p. 4.
6. Instituto de Fomento Municipal; Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. *Manual de administración operación y mantenimiento del programa de agua potable y saneamiento básico rural IV*. Guatemala: INFOM; UNEPAR, 2004. 100 p.

7. LÓPEZ CUALLA, Ricardo. *Diseño de acueductos y alcantarillados*. 2^a ed. Colombia: Alfa Omega, 2000. 388 p. ISBN: 970150402X.
8. MORÁN VALENZUELA, Luis Eduardo. *Diseño del sistema de agua potable para la aldea Shororaguá y diseño de muro de contención para el instituto de Telesecundaria de la aldea Shororaguá, Chiquimula, Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 140 p.
9. MOYANO FUENTES, José. *Administración de empresas y organización de la producción*. Universidad de Jaén. España: Escuela Universitaria Politécnica de Linares. 473 p.
10. PINEDA GARCÍA, Astrid Gabriela. *Diseño de alcantarillado pluvial en la cabecera municipal y propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea El Rosario, municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 135 p.

Apéndice

Continuación apéndice 1

Ficha de entrevista

Persona entrevistada: _____

Área por analizar: _____ Fecha: _____

Elaborado por: _____

¿Cuáles son los servicios que presta actualmente la municipalidad?

¿Existe un área específica para el control interno de las operaciones municipales?

¿Quién es el encargado?

¿Se incluyen costos de mantenimiento en el presupuesto anual?

¿Cuál es el porcentaje?

¿Cuál es la situación actual del sistema de distribución de agua?

¿Existen planes de mejoras al servicio de distribución de agua potable?

¿Cuál sería el período de ejecución?

¿Cuáles son los aspectos principales que limitan la eficiencia del sistema de distribución de agua?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Formato para el registro de observaciones directas**

OBSERVACIONES DIRECTAS		FECHA DE REALIZACIÓN: _____	
		ENCARGADO Y/O RESPONSABLE: _____	
		ELABORADO POR: _____	
SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA:			
Forma de extracción del agua: _____			
Estado de la infraestructura existente: _____			
Captación	Conducción	Tanque de distribución	Red de distribución
Funcionamiento actual del sistema:			
Captación	Conducción	Tanque de distribución	Red de distribución
Conservación de las obras:			
Captación	Conducción	Tanque de distribución	Red de distribución
Supervisor: _____			

Continuación apéndice 2

DIAGNÓSTICO
<u>Captación</u>
Descripción:
Ubicación:
Detalles:
Instalaciones eléctricas:
Calidad del agua:
Volumen del tanque:
<u>Líneas de conducción</u>
Descripción:
Estado de conservación:
Equipos de bombeo (características):
Estado de conservación de tuberías:
Características hidráulicas:
Capacidad de las tuberías:
Sistema de interconexiones:
Sistemas eléctricos de comando y control:
<u>Tanques de distribución</u>
Volumen del tanque:
Características:
Estado operacional:
Interconexiones hidráulicas:
Estado de conservación:
Funcionamiento:
Capacidad del estanque:
<u>Red de distribución</u>
Descripción:
Estado de conservación de tuberías:
Estado operacional:
Capacidad de las tuberías:

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Encuesta

Universidad de San Carlos de Guatemala
Campus Central, Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial, Ingeniería Industrial



Boleta de opinión: Usuarios del Sistema de distribución de Agua Potable


Los datos consignados en la siguiente encuesta tienen como finalidad el estudio sobre el tema: Propuesta de eficientización del sistema de distribución de agua potable en el área urbana del municipio de Chicacao, departamento de Suchitepéquez. Los datos consignados en ella son de carácter confidencial y no se les puede dar otro uso que no sea investigativo. Agradezco la veracidad de los mismos así como la colaboración prestada a esta investigación.

- 1) ¿Cómo considera el servicio de distribución de agua?
 Bueno Regular Malo
- 2) ¿Cuál es el periodo de llegada del agua a su domicilio?
 Todos los días Cada dos días un día si y un día no Otro
- 3) ¿Cuánto dura el servicio de agua en su domicilio?
 Todo el día Medio día otro
- 4) ¿Cuál es el horario de llegada del agua a su domicilio?
 Por la mañana Por la tarde por la noche Otro
- 5) ¿Consume agua embotellada para beber?
 Si No
- 6) ¿Qué problema es más frecuente en el servicio de distribución de agua?
 No tiene agua Se rompe la tubería Llega por las noches Otro
 Llega en la madrugada
- 7) ¿De qué manera realiza sus pagos?
 Mensual Cada dos meses Cada tres meses Otros
- 8) ¿Cuál es el estado de sus contadores, conexiones y tuberías?
 Bueno Regular Malo
- 9) ¿Cuál es el ingreso promedio quincenal de su familia?
 Menos de Q100 Q100 - Q200 Q200 - Q500 Q500 - Q1000
 Q1000 - Q2000 Q2000 - Q5000 mas de Q5000 Otro
- 10) ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
 3-5 5-7 7-10 10-15 Mas de una familia Otro
- 11) ¿Como generan los ingresos familiares?
 Trabajo de campo Alquileres varios Ventas Negocio familiar
 Salario fijo Remesas Otros

Fuente: elaboración propia.


ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos



REPUBLICA DE GUATEMALA
CENTRO AMERICA

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
DIRECCION DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia Social

Informe de Análisis Muestra(s) Control de la Unidad de Alimentos

UGCF095
Rev. 0 (1 de 1)

Página 1 de 5

No. del LNS: APC10-1444
Nombre del Producto: AGUA
Tipo de Muestra: AGUA
Condición de la Muestra: APROPIADA
Remitente: DR. HUGO MOISES ARMAS VILLAGRAN
C/S CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ
Procedencia: MUESTRA No. 2 NACIMIENTO DE AGUA
FINCA EL REGALO

Marca: -----
Tipo de Recipiente: PLASTICO
Lote: -----
Fecha de Vencimiento: -----
Fecha de Ingreso: 06/10/2010
Fecha de Egreso: 22/10/2010

Resultado de Análisis

ANALISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA	
		L.M.A.*	L.M.P.*
Olor ⁽¹⁾ :	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH ⁽¹⁾ :	7,96	7 - 7,5	6,5 - 8,5
Nitrito (NO ₂) ⁽²⁾ :	0.010 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO ₃) ^{***(1)} :	8.13 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) ⁽³⁾ :	< 0.005 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Calcio (Ca) ⁽¹⁾ :	11.10 mg/L	75 mg/L	150 mg/L
Magnesio (Mg) ⁽¹⁾ :	0.39 mg/L	50.00 mg/L	100 mg/L
Conductividad ⁽¹⁾ :	87.2 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Dureza ⁽¹⁾ :	29.05 mg/L CaCO ₃	100.00 mg/L	500.000 mg/L
Turbiedad ⁽¹⁾ :	2.5 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color ^{***(1)} :	0.3 u***	5.0 u***	35 u***

Area Contaminantes Ambiente y Salud

Método:
⁽¹⁾ Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20th. Edition 1998.
⁽²⁾ Método Spectroquant Merck. Nitrites Test. 1.14776.0002
⁽³⁾ Método Spectroquant Merck. Iron Test. 1.14761.0001

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:
 La muestra fue analizada a temperatura de 21.2°C
 Resultados expresados en mg/L= miligramo/litro, ppm= partes por millón
 * LMA= LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE, *LMP= LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
 ** NITRATOS: SEGÚN LINEAMIENTOS GUIA PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE, 3ra. EDICIÓN, OMS. GENEVA 2004, EL VALOR MÁXIMO ES DE 50 mg NO₃/L.
 *** Color: u. UNIDADES DE COLOR VERDADERO EN LA ESCALA PLATINO-COBALTO
 DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA COGUANOR NGO 29001 "AGUA POTABLE ESPECIFICACIONES".

Analista/Supervisor
CG,SHS/MdeM

Código Laboratorio
CT35-CAS/247

CONTINÚA

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.
 PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011
 E-mail: laboratorio_nacional_desalud@yahoo.com

Continuación anexo 1



REPUBLICA DE GUATEMALA
CENTRO AMERICA

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"

DIRECCION DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia Social

Informe de Análisis Muestra(s) Control de la Unidad de Alimentos

UGCF095
Rev. 0 (1 de 1)

Página 2 de 5

No. del LNS:	APC10-1445	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. HUGO MOISES ARMAS VILLAGRAN	Fecha de Ingreso:	06/10/2010
Procedencia:	C/S CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ MUESTRA No. 4 NACIMIENTO DE AGUA FINCA MILAN	Fecha de Egreso:	22/10/2010

Resultado de Análisis

ANALISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA	
		L.M.A.*	L.M.P.*
Olor ⁽¹⁾ :	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH ⁽¹⁾ :	7.69	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO ₂) ⁽²⁾ :	0.030 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO ₃) ^{**} (1):	6.02 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) ⁽³⁾ :	0.30 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Calcio (Ca) ⁽¹⁾ :	9.10 mg/L	75 mg/L	150 mg/L
Magnesio (Mg) ⁽¹⁾ :	0.37 mg/L	50.00 mg/L	100 mg/L
Conductividad ⁽¹⁾ :	83.8 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Dureza ⁽¹⁾ :	24.13 mg/L CaCO ₃	100.00 mg/L	500.000 mg/L
Turbiedad ⁽¹⁾ :	2.6 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color ^{***} (1):	0.2 u***	5.0 u***	35 u***

Area Contaminantes Ambiente y Salud

Inga. Mónica Méndez de Maldonado
Supervisora a.i.



Método:

- (1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20th. Edition 1998.
(2) Método Spectroquant Merck. Nitrites Test. 1.14776.0002
(3) Método Spectroquant Merck. Iron Test. 1.14761.0001

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:

La muestra fue analizada a temperatura de 21.4°C

Resultados expresados en mg/L= miligramo/litro, ppm= partes por millón

* LMA= LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE, *LMP= LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE

** NITRATOS: SEGÚN LINEAMIENTOS GUIA PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE, 3ra. EDICIÓN, OMS. GENEVA 2004, EL VALOR MÁXIMO ES DE 50 mg NO₃/L.

*** Color: u. UNIDADES DE COLOR VERDADERO EN LA ESCALA PLATINO-COBALTO

DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA COGUANOR NGO 29001 "AGUA POTABLE ESPECIFICACIONES".

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CG,SHS/MdeM	CT35-CAS/248

AdeD

CONTINÚA

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.

PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011

E-mail: laboratorio_nacional_desalud@yahoo.com

Continuación anexo 1



REPUBLICA DE GUATEMALA
CENTRO AMERICA

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
DIRECCION DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia Social

**Informe de Análisis Muestra(s) Control
de la Unidad de Alimentos**

UGCF095
Rev. 0 (1 de 1)

Página 3 de 5

No. del LNS:	APC10-1446	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. HUGO MOISES ARMAS VILLAGRAN	Fecha de Ingreso:	06/10/2010
Procedencia:	C/S CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ MUESTRA No. 6 NACIMIENTO DE AGUA FINCA ARABIA	Fecha de Egreso:	22/10/2010

Resultado de Análisis

ANALISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA	
		L.M.A.*	L.M.P.*
Olor ⁽¹⁾ :	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH ⁽¹⁾ :	7.82	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO ₂) ⁽²⁾ :	0.013 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO ₃) ^{**} (1):	4.38 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) ⁽³⁾ :	< 0.005 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Calcio (Ca) ⁽¹⁾ :	10.85 mg/L	75 mg/L	150 mg/L
Magnesio (Mg) ⁽¹⁾ :	0.39 mg/L	50.00 mg/L	100 mg/L
Conductividad ⁽¹⁾ :	86.9 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Dureza ⁽¹⁾ :	28.48 mg/L CaCO ₃	100.00 mg/L	500.000 mg/L
Turbiedad ⁽¹⁾ :	2.0 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color ^{***} (1):	0.3 u***	5.0 u***	35 u***

Area Contaminantes Ambiente y Salud

Inga. Mónica Méndez de Maldonado
Supervisora a.c.

Método:

- (1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20th. Edition 1998.
- (2) Método Spectroquant Merck. Nitrites Test. 1.14776.0002
- (3) Método Spectroquant Merck. Iron Test. 1.14761.0001

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:

La muestra fue analizada a temperatura de 21.7°C

Resultados expresados en mg/L= miligramo/litro, ppm= partes por millón

* LMA= LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE, *LMP= LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE

** NITRATOS: SEGÚN LINEAMIENTOS GUIA PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE, 3ra. EDICIÓN, OMS. GENEVA 2004, EL VALOR MÁXIMO ES DE 50 mg NO₃/L.

*** Color: u. UNIDADES DE COLOR VERDADERO EN LA ESCALA PLATINO-COBALTO

DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA COGUANOR NGO 29001 "AGUA POTABLE ESPECIFICACIONES".

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CG,SHS/MdeM	CT35-CAS/249

AdeD

CONTINÚA

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.
PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011
E-mail: laboratorio_nacional_desalud@yahoo.com

Continuación anexo 1



REPÚBLICA DE GUATEMALA
CENTRO AMÉRICA

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"

DIRECCIÓN DE REGULACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia Social

Informe de Análisis Muestra(s) Control de la Unidad de Alimentos

UGCF095
Rev. 0 (1 de 1)

Página 4 de 5

No. del LNS:	APC10-1447	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. HUGO MOISES ARMAS VILLAGRAN	Fecha de Ingreso:	06/10/2010
Procedencia:	C/S CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ MUESTRA No. 8 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA DE CHICACAO SUCHITEPEQUEZ	Fecha de Egreso:	22/10/2010

Resultado de Análisis

ANÁLISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA	
		L.M.A.*	L.M.P.*
Olor ⁽¹⁾ :	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH ⁽¹⁾ :	7.76	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO ₂) ⁽²⁾ :	0.023 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO ₃) ^{*(1)} :	5.46 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) ⁽³⁾ :	< 0.005 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Calcio (Ca) ⁽¹⁾ :	10.25 mg/L	75 mg/L	150 mg/L
Magnesio (Mg) ⁽¹⁾ :	0.39 mg/L	50.00 mg/L	100 mg/L
Conductividad ⁽¹⁾ :	85.9 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Dureza ⁽¹⁾ :	30.32 mg/L CaCO ₃	100.00 mg/L	500.000 mg/L
Turbiedad ⁽¹⁾ :	2.6 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color ^{***(1)} :	1.0 u***	5.0 u***	35 u***

Area Contaminantes Ambiente y Salud

Inga. Mónica Méndez de Maldonado
Supervisora a



Método:

- (1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20th. Edition 1998.
(2) Método Spectroquant Merck. Nitrites Test. 1.14776.0002
(3) Método Spectroquant Merck. Iron Test. 1.14761.0001

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:

La muestra fue analizada a temperatura de 21.8°C

Resultados expresados en mg/L= miligramo/litro, ppm= partes por millón

* LMA= LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE, *LMP= LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE

** NITRATOS: SEGÚN LINEAMIENTOS GUIA PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE, 3ra. EDICIÓN, OMS. GENEVA 2004, EL VALOR MÁXIMO ES DE 50 mg NO₃/L.

*** Color: u. UNIDADES DE COLOR VERDADERO EN LA ESCALA PLATINO-COBALTO

DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA COGUANOR NGO 29001 "AGUA POTABLE ESPECIFICACIONES".

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CG,SHS/MdeM	CT35-CAS/250


AdeD

CONTINÚA

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.


KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA. C.A.

Continuación anexo 1



REPÚBLICA DE GUATEMALA
CENTRO AMÉRICA

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
DIRECCIÓN DE REGULACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia Social

Informe de Análisis Muestra(s) Control de la Unidad de Alimentos

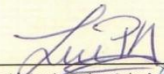
UGCF095
Rev. 0 (1 de 1)
Página 5 de 5

No. del LNS:	APC10-1444-1451	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	VIDRIO
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. HUGO MOISES ARMAS VILLAGRAN	Fecha de Ingreso:	06/10/2010
Procedencia:	C/S CHICACAO, SUCHITEPEQUEZ	Fecha de Egreso:	22/10/2010


Resultado de Análisis

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
NACIMIENTO DE AGUA UBICADA EN FINCA EL REGALO	4.1 x 10 ² NMP/100mL	1 NMP/100mL
*NACIMIENTO DE AGUA FINCA MILÁN	34 NMP/100mL	< 1 NMP/100mL
NACIMIENTO DE AGUA FINCA ARABIA	< 1 NMP/100mL	< 1 NMP/100mL
*TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA	93 NMP/100mL	< 1 NMP/100mL
*GRIFO DE ESCUELA DE NIÑAS	2.0 x 10 ² NMP/100mL	2 NMP/100mL
*GRIFO DEL MERCADO MUNICIPAL	1.7 x 10 ³ NMP/100mL	2 NMP/100mL
*GRIFO DEL COLEGIO SAN JOSE	65 NMP/100mL	3 NMP/100mL
*GRIFO DEL INSTITUTO ABRAHAM LINCOLN	44 NMP/100mL	1 NMP/100mL

Area Microbiología de Alimentos:



Licda. Leyla Dabroy de Arriola
Supervisora



Método:
AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes totales y *Escherichia coli* en agua. Tecnología de Substrato Definido (Collert).

NMP: Número Más Probable
ml: mililitro

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

OBSERVACIONES:
***MUESTRA(S) NO ACEPTABLE(S):**
SEGÚN NORMA COGUANOR NGO 29001 "ESPECIFICACIONES PARA AGUA POTABLE", EL RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y *ESCHERICHIA COLI* DEBE SER MENOR DE 1.1 NMP/100mL

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
JLR/LD	MIALR-MC02-09/718-719

AdeB

ÚLTIMA LÍNEA

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.
PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011
E-mail: laboratorio_nacional_desalud@yahoo.com

Fuente: Laboratorio Nacional de Salud.

