

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

**JOSUÉ RICARDO MENA ENAMORADO**  
CARNET 23766-09

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**JOSUÉ RICARDO MENA ENAMORADO**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

### **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. LUIS ESTUARDO QUAN MACK  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

### **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN

### **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. JERSON ELIZARDO QUEVEDO CORADO

### **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. MARÍA DEL PILAR NEGREROS PRATDESABA  
ING. JUAN CARLOS BARRUNDIA REYES  
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

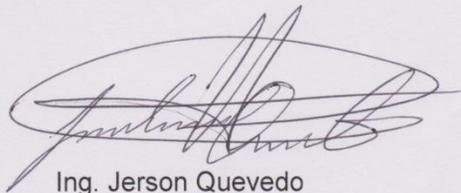
Guatemala 03 de febrero de 2014

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Josué Ricardo Mena, carné 23766-09, titulado: "Caracterización del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa". El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Jerson Quevedo  
Colegiado No. 3096  
Cod. URL 18352



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06107-2014

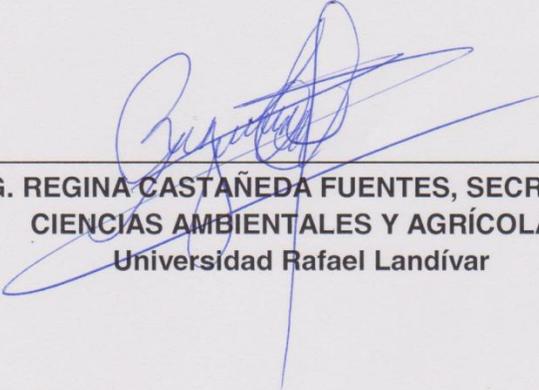
### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante JOSUÉ RICARDO MENA ENAMORADO, Carnet 23766-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 068-2014 de fecha 26 de febrero de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de marzo del año 2014.

  
ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios porque me dio la bendición de poder estudiar y culminar la universidad.

A mis padres y hermanos, porque siempre han sido mi apoyo en toda circunstancia.

A mis familiares, porque todos en algún momento estuvieron pendientes de mi camino y en especial a mi tío Julio Escoto por el apoyo incondicional en la etapa de la practica supervisada.

A mi asesor Ing. Jerson Quevedo por todo el apoyo y asesoría brindada en el desarrollo de esta investigación.

Al Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático por abrirme las puertas para poder realizar la practica supervisada y al equipo de profesionales que en cuestión de semanas me hicieron sentir parte de la familia del ICC.

Al Departamento de Aguas de la Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa por permitir realizar actividades en conjunto con el Instituto de Cambio Climático y al equipo de jefes y fontaneros que en todo momento me apoyaron en el tiempo de prácticas.

A mis amigos, Darío Castellanos, Mellany Díaz, Gaby Sagastume, Pedro Mendizábal, Diego Moran, Yilma Sazo, Ricardo Molina, Alejandra Ramirez, Salvador Munduate, Diego Vincent, Diego Morales, Mateo Mérida y Allan Coronado por todo su apoyo dentro y fuera de la Universidad.

A la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por el apoyo y la paciencia en todas las inquietudes durante la práctica supervisada.

## **Dedicatoria**

A:

Dios, por ser mi apoyo en todo este camino.

Mis padres Luz Antonieta Enamorado de Mena y Hugo Ricardo Mena por su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y porque son un gran ejemplo en mi vida.

Mis hermanos Gustavo Alejandro Mena Enamorado, Victor Francisco Mena Enamorado y Hugo Daniel Mena Enamorado por todo su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
SUMMARY .....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
2.1 Revisión de literatura.....	3
2.1.1 Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala .....	3
2.1.2 Normativa y gobernabilidad de los servicios públicos de agua potable y saneamiento .....	4
2.1.3 Gestión integrada del recurso hídrico.....	5
2.1.4 Estructura de un sistema de abastecimiento de agua para consumo .....	6
2.1.5 Cuenca hidrográfica .....	9
2.1.6 Servicio de agua en Santa Lucía Cotzumalguapa .....	9
2.1.7 Sistema de distribución de agua .....	10
2.1.8 Manejo del agua residual .....	12
2.1.9 Vulnerabilidad del recurso hídrico .....	13
2.2 Localización de la institución.....	15
2.2.1 Descripción de la actividad de la institución anfitriona .....	15
III. OBJETIVOS .....	19
3.1 General .....	19
3.2 Específicos.....	19
IV. PLAN DE TRABAJO.....	20
4.1 Descripción del área de trabajo.....	20
4.1.1 Sub Cuenca del río Cristóbal .....	20
4.1.2 Descripción general del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	21
4.2 Actividades realizadas.....	22
4.2.1 Generación de mapas .....	22
4.2.2 Balance entre la oferta y demanda de agua potable .....	24
4.2.3 Determinación de la vulnerabilidad del sistema de distribución de agua potable.....	24
4.3 Variables .....	28
V. Resultados y Discusión.....	30
5.1 Generación de mapas.....	30
5.1.1 Sectorización y racionamiento.....	32
5.1.2 Mercado hídrico (balance entre oferta y demanda hídrica) .....	38
5.1.3 Vulnerabilidad de sistemas hídricos para consumo humano, .....	47
VI. CONCLUSIONES .....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	55
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	56
IX. ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Escala de valoración por vulnerabilidad .....	25
Cuadro 2. Caracterización general de la vulnerabilidad .....	26
Cuadro 3. Componentes del sistema hídrico .....	26
Cuadro 4. Proceso de racionamiento de la red alta. ....	33
Cuadro 5. Proceso de racionamiento de la red alta. ....	35
Cuadro 6. Horarios de operación de los tanques red alta .....	39
Cuadro 7. Horarios de operación de los tanques red baja .....	40
Cuadro 8. Proyección poblacional urbana, Santa Lucía Cotzumalguapa.....	42
Cuadro 9. Balance Hídrico Sistema de Distribución de Agua Potable del Casco Urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa. ....	44
Cuadro 10. Vulnerabilidad del sistema de distribución de agua potable del casco urbano de Santa Lucía Cotz.....	47
Cuadro 11. Válvulas primarias red alta. ....	61
Cuadro 12. Válvulas secundaria red alta.....	61
Cuadro 13. Válvulas primarias red baja. ....	62
Cuadro 14. Válvulas secundarias red baja.....	62
Cuadro 15. Estándar de evaluación para el componente E: tanque de almacenamiento .....	63
Cuadro 16. Estándar para el componente F: red de distribución.....	63
Cuadro 17. Estándar para el componente G: tratamiento del agua.....	63
Cuadro 18. Estándar para el componente J: gestión administrativa.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema general de abastecimiento de agua potable.....	7
Figura 2: Sistema de distribución de agua en una población .....	8
Figura 3 Red de Distribución de agua potable de Santa Lucía Cotzumalguapa .....	11
Figura 4. Red de drenajes de Santa Lucía Cotzumalguapa (Mérida, 2010).....	13
Figura 5. Organigrama del ICC .....	18
Figura 6. Mapa de ubicación cuenca río San Cristóbal .....	20
Figura 7. Proceso de generación de información de mapas .....	23
Figura 8. Red alta y red baja del casco urbano.....	30
Figura 9. Mapa de diámetro de tubería .....	31
Figura 10. Mapa de sectores de la red alta .....	32
Figura 11. Sectores de la red baja .....	34
Figura 12. Mapa de sectorización del casco urbano .....	36
Figura 13. Presencia de válvulas en el casco urbano .....	37
Figura 14. Balance entre la oferta y demanda de agua.....	45
Figura 15. Vulnerabilidad general por componentes .....	47
Figura 16. Valoración por indicadores, tanque de almacenamiento.....	48
Figura 17. Valoración por indicadores, red de distribución.....	50
Figura 18. Valoración por indicadores, tratamiento del agua. ....	51
Figura 19. Valoración por indicadores, gestión administrativa. ....	52
Figura 20. Tanque del predio municipal. ....	59
Figura 21. Tanque del predio San Judas. ....	59
Figura 22. Detección de fugas en colonias aledañas. ....	60
Figura 23. Reunión comunitaria para analizar la problemática del agua.....	60
Figura 24. Monitoreo en los nacimientos de agua.....	60

# **Caracterización del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa**

## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue caracterizar el estado y el funcionamiento actual del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. En los últimos años dentro del área urbana se han generado problemas de escases de agua que ha conllevado a sectorizar y racionar por turno por día y por hora. Actualmente se trata de abastecer a más de sesenta mil habitantes solo en el casco urbano por lo que la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa a través del departamento de agua y con apoyo del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, analizan posibles soluciones a la problemática actual, sin embargo no contar con información base dificulta la toma de decisiones adecuadas con la situación actual. De los resultados obtenidos se concluyo que existen dos redes que dividen el casco urbano en red alta y red baja con una malla de más de cincuenta y dos kilómetros de tubería con diferente diámetro, en relación a la oferta y demanda no se cuenta con un censo ordenado y actualizado que permita controlar el flujo del consumo de agua y en cuanto a la gestión administrativa sobresalen problemas con un porcentaje considerable de usuarios morosos, detección de conexiones ilegales, y mantenimiento de la infraestructura. Esta caracterización espera apoyar en los primeros pasos hacia las mejoras pertinentes y necesarias como una buena gestión integrada de recursos hídricos y nuevas ideas de infraestructura y ampliación.

# **Characterization of the distribution system of drinking water for urban municipality of Santa Lucia Cotzumalguapa**

## **SUMMARY**

The aim of this study was to characterize the current condition and operation of the distribution system of drinking water for urban municipality of Santa Lucia Cotzumalguapa. In recent years the urban area of Santa Lucia Cotz. have problems of scarce of water shortage that has led to ration per turn per day and per hour. At present is attempt to supply more than sixty thousand inhabitants; The municipality of Santa Lucia Cotzumalguapa through the water department and with support of the Private Research Institute on Climate Change discusses possible solutions to these problems. From the results obtained it was concluded that there are two networks that divide the town in high and low net with a mesh of more than fifty-two miles of pipe with different diameter. In relation to the supply and demand do not have a census orderly and updated to allow control of the flow of water consumption. In terms of administrative problems stand a considerable percentage of delinquent users, detect illegal connections and infrastructure maintenance. This characterization hopes to support in the first steps towards relevant and necessary improvements as a good integrated water resource management and new ideas and expanding infrastructure.

## I. INTRODUCCIÓN

La topografía superficial del país con la diversidad de cuencas, montañas y volcanes ofrece una disponibilidad de recursos que son utilizados en necesidades como alimentación y materia prima. A nivel del sistema hidrográfico según el informe de cuencas hidrográficas del Ministerio de Ambiente, Guatemala cuenta con 38 cuencas distribuidas en tres grandes vertientes (Suarez, 2011).

Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentra dentro de la sub cuenca del río Cristóbal ubicada dentro de la cuenca del Coyolate en la Vertiente del Pacífico; Según Jiménez (2005), una sub cuenca capta el agua de las lluvias, la almacena y la distribuye a través del río durante distintos momentos a lo largo del tiempo, esto beneficia a caseríos, aldeas, casco urbano y a la agroindustria como ingenios azucareros.

Para la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa el servicio del agua es básico para la salud humana y éste debe integrar otros servicios municipales como el manejo de descargas residuales, manejo de desechos sólidos, energía eléctrica e infraestructura. La captación de agua, distribución, uso y descargas deben tener una adecuada organización y control para que se logre satisfacer las necesidades de agua potable de la población del área urbana del municipio, sin afectar el entorno ambiental de la cuenca.

En los últimos años el servicio de distribución y abastecimiento de agua potable en Santa Lucía Cotzumalguapa no se da abasto, es intermitente y crea inconformidad en la población, aunado a esto hay poca información generada especialmente de la zona de recarga hídrica, infraestructura y operación del sistema de distribución afectando en la toma de decisiones para crear soluciones.

Esto insta a las instituciones principales (ICC, Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa) a corregir esta problemática y buscar soluciones que brinden opciones de mejoras en el sistema de distribución de agua potable y mejoras en la gestión integrada de los recursos hídricos.

En el presente documento de sistematización de práctica profesional se caracterizó y analizó el sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, ubicado en el departamento de Escuintla, con ello se generó información básica para determinar el estado y la gestión de la infraestructura y el recurso hídrico en el casco urbano del municipio.

En el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentra ubicado el Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático que trabaja gracias a la cooperación del sector azucarero. Su objetivo primordial es buscar procesos apropiados de mitigación y adaptación al cambio climático en las comunidades de la región. Dentro de los programas de trabajo y desarrollo se encuentra el Programa de Manejo Integrado de Cuencas, el cual se constituyó como plataforma para que la Municipalidad y el Instituto trabajen este proyecto que determinó la capacidad y el potencial del departamento de agua y su infraestructura en cuanto al uso del recurso agua, brindando asesoría técnica y científica durante el desarrollo de las actividades. Asimismo se generó información base para futuros proyectos de ambiente, recursos naturales, infraestructura e investigación.

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1 Revisión de literatura**

#### **2.1.1 Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala**

Se estima que en Guatemala el 80% de los sistemas de distribución de agua opera en forma intermitente, entre 6 y 12 horas por día, el promedio general es de 17 horas al día y durante el mes hay 3.6 días de los cuales los usuarios no cuentan con el servicio. El porcentaje de hogares que recibe el servicio de manera discontinua es elevado. Alrededor del 14% de los hogares urbanos tienen en promedio al menos un día al mes sin servicio y en similar situación se encuentran cerca del 15% de los hogares rurales. El 9% de los hogares de todo el país pasa en promedio al menos 6 días al mes sin servicio de agua (Lentini, 2010).

De acuerdo con SEGEPLAN (2010), para el 2006 la proporción de la población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable apenas alcanzó un 78.7%, lo que significa que el país aún debe realizar grandes esfuerzos para ampliar la cobertura de acceso a este servicio. Con relación al saneamiento, la proporción de la población con acceso a este servicio apenas alcanza un 54.5%.

Respecto a la sustentabilidad económica de los servicios, los municipios fijan tarifas sumamente bajas sobre la base de criterios políticos excepto en la capital a través de EMPAGUA. Con el tiempo, esta situación ha generado en la población una baja consideración del valor económico del servicio deteriorando la cultura de pago por este servicio ambiental (Lentini, 2010).

El funcionamiento del servicio domiciliario de agua potable y alcantarillado tiene influencia directa sobre el ambiente, especialmente sobre el recurso hídrico. El abastecimiento y consumo de agua potable es relativamente reducido en comparación con otros usos como la agricultura y la industria sin embargo se trata de uno de los usos más exigentes por su continuidad ante la demanda de la población (Lentini, 2010).

El nivel de tratamiento de las aguas servidas vertidas por lo regular determina las condiciones ambientales de los cuerpos acuíferos e indirectamente también influye en la calidad del agua que se toma como insumo de los sistemas. En Guatemala, de los 1.5 mil millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales que se producen al año, 40% provienen de los municipios, 40% de actividades agropecuarias, 13% de la Industria y 7% de la agroindustria (Lentini, 2010).

No existe una normativa efectiva que ordene y controle los permisos e intensidad de los usos y no están contemplados pagos de cánones o tarifas por la extracción de agua. Este problema está incidiendo de forma significativa en la continuidad de los servicios de agua especialmente en la capital del país. A esto se le suma que la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y drenaje en la mayoría de las municipalidades es deficiente, la extracción y explotación del agua subterránea es incontrolada, no existe un sistema de información integral dinámico que evalúe la disponibilidad real, calidad y uso del recurso a nivel local y nacional, hay debilidades en la planificación y no existe un registro de usuarios e instrumentos efectivos de regulación y control del uso. Esto solo indica que hay falta de planificación y regulación (Lentini, 2010).

Por último es importante mencionar que no existe un sistema de aplicación de tarifas generalizada en todo el país y los valores que se cobran por los servicios de agua y saneamiento se encuentran entre los más bajos de los países de Centro América. No existe un régimen tarifario basado en criterios objetivos y de autofinanciamiento o sustentabilidad financiera que sea capaz de fijar valores de tarifas que guarden relación con los costos de prestación del servicio (Lentini, 2010).

### **2.1.2 Normativa y gobernabilidad de los servicios públicos de agua potable y saneamiento**

El tema de agua potable y aguas residuales está sujeto a una legislación que se fundamenta en los principios constitucionales que garantizan la salud, el ambiente y la autonomía municipal. El artículo 253 de la Constitución Política de la Republica de Guatemala, el artículo 68 y 72 del Código Municipal y el artículo 79 y 92 del Código de Salud asignan al municipio la atribución de prestar los servicios de abastecimiento de agua potable y de aguas residuales; los artículos 72 del Código

Municipal, 86 y 94 del Código de Salud definen algunas facultades de regulación y funciones de rectoría para el municipio como regulación y prestación del servicio, mantenimientos, ampliaciones y mejoras para garantizar un funcionamiento eficiente (Gabinete del Agua, 2008).

También el artículo 78 del Código de Salud establece que el Estado a través del Ministerio de Salud, en coordinación con el Instituto de Fomento Municipal y otras instituciones del sector, impulsará una política prioritaria y de necesidad pública, que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable, con énfasis en la gestión de las propias comunidades, para garantizar el manejo sostenible del recurso (Gabinete del Agua, 2008).

A nivel nacional el agua potable de consumo está normada por la comisión guatemalteca de normas (COGUANOR) que es un organismo nacional de normalización adscrito al Ministerio de Economía que tiene la función de desarrollar actividades de normalización que mejoren la competitividad de las empresas y elevar la calidad de productos y servicios que se ofertan al mercado nacional e internacional. Concretamente en el tema del agua se creó la norma para agua potable COGUANOR. NHO 29.001.98 que tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable para consumo humano (COGUANOR, 2000).

La norma muestra una tabulación específica de límites máximos aceptables de concentraciones de cualquier característica del agua, desde un punto de vista sensorial que no implica un daño a la salud del consumidor así como límites máximos permisibles para características físicas como turbiedad, químicas para concentraciones de cloro y bacteriológicas como análisis de coliformes y *Escherichia coli* que determinan la calidad del agua de consumo (COGUANOR, 2000).

### **2.1.3 Gestión integrada del recurso hídrico**

La asociación Mundial para el Agua define la Gestión Integrada de Recursos Hídricos como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social

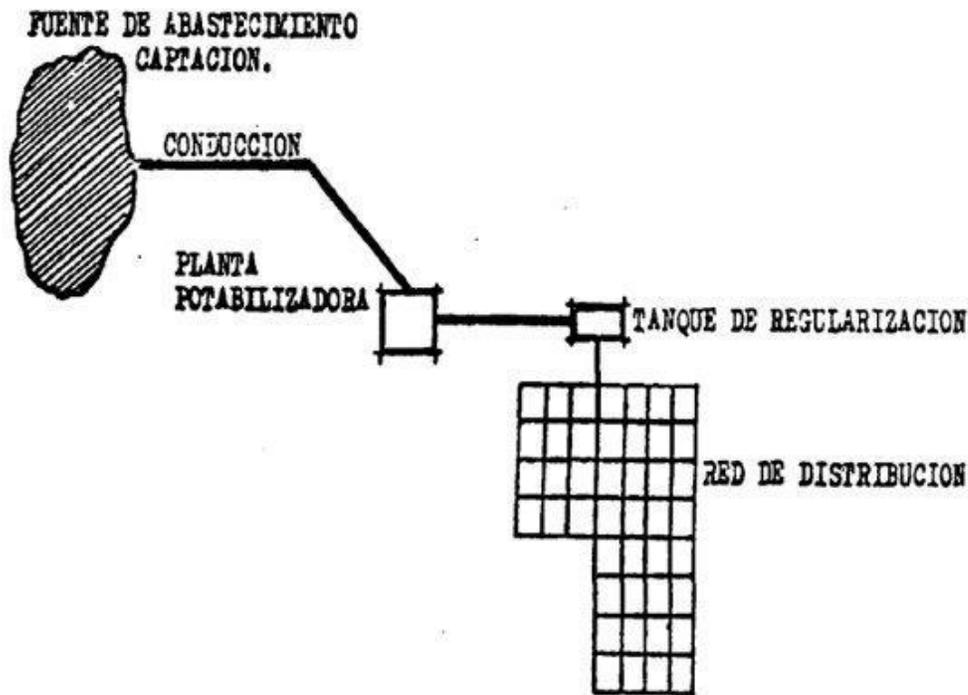
y económico de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los sistemas (Gabinete del Agua, 2008).

Existe una insuficiencia de sistemas adecuados de saneamiento doméstico, urbano, industrial, agrícola y agroindustrial en el país, esto favorece a la contaminación de las fuentes de agua disponibles. A nivel nacional se estima que; de 1,540 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales producidos anualmente, solo el 5% recibe algún tratamiento, esto incurre en la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas provocando cada año, deterioro de las condiciones naturales del agua y con ello deterioro de los sistemas ecológicos impactando negativamente en la biodiversidad (Gabinete del Agua, 2008).

Por ello las intervenciones en cuanto al aprovechamiento del recurso natural para fines domésticos, tienen como hilo conductor la gestión integrada de los recursos hídricos basada en la equidad social, la eficiencia en el funcionamiento de los sistemas de distribución de agua, la eficiencia económica y la sostenibilidad ambiental (Gabinete del Agua, 2008).

#### **2.1.4 Estructura de un sistema de abastecimiento de agua para consumo**

Un sistema de abastecimiento de agua potable está formado por cuatro componentes que son: la fuente, la línea de conducción, almacenamiento y distribución de líneas y redes (figura 1). La fuente es el componente que provee de agua en cantidad y calidad suficiente al sistema y pueden ser una o varias, de un mismo tipo o distintas. Los manantiales, los ríos, los lagos, el agua subterránea son los tipos de fuente mayormente utilizados. Con relación a la captación, las estructuras deben garantizar seguridad, estabilidad, durabilidad y funcionamiento en todos los casos. La obra de captación deberá reducir el riesgo de contaminación de la fuente y evitará la entrada de elementos en suspensión y flotantes y organismos indeseables al sistema y la estructura de la obra (MSPAS, 2011).



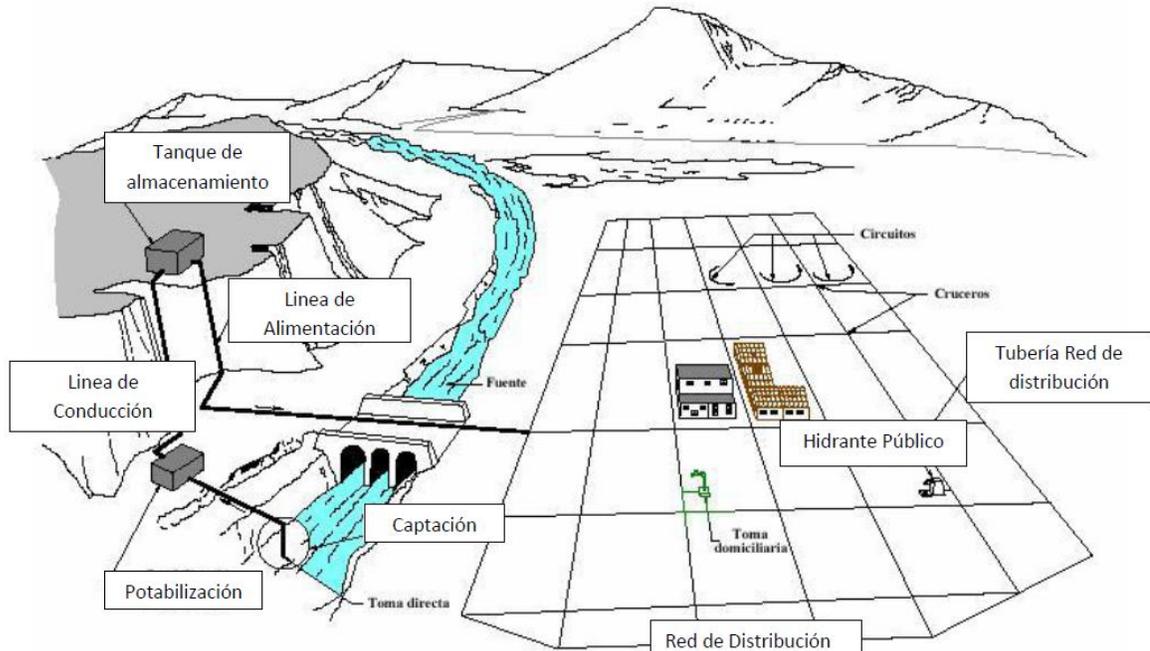
**Figura 1:** Sistema general de abastecimiento de agua potable (MSPAS, 2011).

La línea de conducción está conformada por los dispositivos encargados de transportar el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento. Generalmente es tubería que transporta a presión, utilizando la fuerza de gravedad o impulsada por una bomba. Es posible que un sistema de distribución este compuesto por más de una línea de conducción (MSPAS, 2011).

El almacenamiento y tanque de distribución es donde se regula y almacena el agua que va a ser distribuida en una comunidad. El funcionamiento del mismo depende de la oferta y la demanda de agua en un tiempo determinado. Normalmente los tanques son de concreto reforzado o acero estructural aunque se puede construir con otros materiales. Los tanques están ubicados en los puntos topográficos más altos en la región de diseño o en su defecto pueden ser tanques elevados a una altura máxima de 20 metros. El objetivo final es tener la energía necesaria para que el agua pueda ser distribuida con el caudal y la presión necesarios (MSPAS, 2011).

La distribución de agua en la población se logra utilizando líneas de transporte de agua, redes, válvulas, llaves de paso y otros dispositivos de control cuya función es

distribuir el agua en la población de manera eficiente (figura 2). Regularmente el agua se distribuye en cada domicilio mediante conexiones domiciliarias o mediante conexiones prediales o comunales (MSPAS, 2011).



**Figura 2:** Sistema de distribución de agua en una población (MSPAS, 2011).

Para realizar este proceso es muy importante obtener un dato actualizado de la población a la que se le brindará el servicio, el número de viviendas y el promedio de habitantes por vivienda como parte de la recolección de datos esenciales para estructurar el diseño. Es necesario mencionar que los diseños de sistemas de distribución siempre se proyectan a futuro con el objetivo de prever un periodo de funcionamiento definido al cual se le denomina periodo de diseño. Este período determinará el tiempo aproximado en el cual el sistema de distribución de agua potable será funcional y cumplirá con el objetivo de abastecer de agua a la población de forma eficiente. Para determinarlo se toman en cuenta factores como vida útil de los materiales, calidad de los materiales y construcciones, comportamiento del sistema, población, caudal entre otros (MSPAS, 2011).

Para proteger el sistema se utilizan dispositivos especiales como válvulas de aire en puntos altos de sifones invertidos, debido a que el aire tiende a ocupar los puntos topográficos más altos de la línea de transporte de agua, válvula de limpieza en

puntos bajos debido a que en estos puntos se da una tendencia a acumular sedimentos y cajas rompe presión que protegen la tubería de presiones extremas (MSPAS, 2011).

### **2.1.5 Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por un parte aguas que puede dividirse en una parte alta, media y baja en la que se da una interacción e interrelación de variables biofísicas y socioeconómicas que funcionan como un todo. Dentro de este espacio socio geográfico las personas y sus organizaciones comparten territorio, identidades, tradiciones y culturas, socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos que ofrece la cuenca. Toda esta área de terreno está conformada por un sistema hídrico, el cual tiene un río principal, afluentes secundarios, terciarios. Este sistema suele reflejar el comportamiento que se tiene sobre el uso de los recursos agua, suelo y bosque y qué tipo de actividades o infraestructuras afectan el funcionamiento de la cuenca (García, A. Estrada, E. Hernández, E. y Guzmán, G. 2012).

### **2.1.6 Servicio de agua en Santa Lucía Cotzumalguapa**

El municipio posee abundante riqueza de recursos naturales como alta extensión de tierra fértil, variedad de microclimas, vocación forestal y biodiversidad sumándose ríos importantes como Cristobal, Petayá, Coyolate, Popoyá, Pantaleón y Xaya. El uso principal de estas fuentes es para riego, especialmente en cultivo de caña de azúcar y los problemas que les afectan son la contaminación con desechos sólidos y líquidos que limitan el agua para consumo humano (SEGEPLAN, 2011).

En el municipio existen aproximadamente 18,600 viviendas, de esta cantidad, 85.44% corresponde a casas formales, 3.36% son apartamentos y 4.3% son palomares, al relacionarlo con la población se obtiene un promedio de 4.72 personas por habitación en el área urbana y 4.78 personas por habitación en el área rural, esto nos da una perspectiva general del requerimiento de agua. El mayor problema habitacional se da en los locales habitacionales denominados palomares en los que la población vive en condiciones de hacinamiento. Del total de las viviendas, el 70.44% son utilizados por propietarios, 16.20% son de alquiler y 9.90%

son cedidos o prestados. De la información obtenida de vivienda se entrelaza el servicio de abastecimiento de agua (SEGEPLAN, 2011).

Para el 2010 el municipio logró cubrir de forma general el 76% de la demanda domiciliar de agua potable. En el casco urbano cubrió el 85% y en el área rural 65% de la demanda de agua, la demanda restante se abasteció por otras fuentes como pozos artesanales, ríos, arroyos y nacimientos. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social estimó que existían aproximadamente 7,069 pozos artesanales en el municipio. El casco urbano se abasteció por dos sistemas de agua, mientras que el área rural únicamente solo cinco comunidades y cuatro aldeas contaban con sistema de abastecimiento de agua. El agua del área urbana recibe un tratamiento a base de cloro gas elemental que le brinda adecuadas características de calidad de agua para uso, se transporta y distribuye por un sistema de gravedad a diferencia del área rural que como se mencionó en su mayoría utilizan pozos y su distribución es por bombeo de pozos mecánicos (SEGEPLAN, 2011).

#### **2.1.7 Sistema de distribución de agua**

Para abastecer la necesidad de agua potable del casco urbano, se cuenta con un sistema de distribución con una edad aproximada de 30 años. Se logra la captación gracias a dos pozos de extracción de agua subterránea y 12 nacimientos ubicados en un sector denominado Mineral. Como se mencionó anteriormente, el agua es conducida por gravedad por dos líneas de conducción hacia los tanques de captación y distribución. Para operar la distribución de agua potable, el sistema se divide de acuerdo a la topografía del lugar en dos redes denominadas Red alta en color rojo y Red baja en color azul (figura 3) (Mérida, 2010).

Cada red tiene su propio tanque de concreto reforzado semienterrados, ellos contienen un volumen total de 3,600 m<sup>3</sup> que en relación al caudal disponible es del 25.25% considerándose bajo en relación al tamaño de la población. Un estudio de aforos en los tanques de distribución realizado por el Instituto de Fomento Municipal antes del 2010, determinó que las fuentes aportaron 150 litros de agua por segundo al sistema, mientras que los pozos de agua subterránea aportaron 15 litros por segundo.

Se estima que antes del 2010, con la población existente para esa época existía una disponibilidad de 165 litros por segundo. Con estos datos se estimó que cada habitante tuvo una disponibilidad de 238 litros de agua diarios, considerado adecuado, lamentablemente para ese entonces, el servicio era intermitente por cinco horas diarias de forma equitativa en la red alta y en la red baja (Mérida, 2010).

No existe ningún tratamiento adicional al agua procedente de los nacimientos además de la cloración, en invierno se deteriora la calidad del agua y se hace necesario el tratamiento para mejorar la calidad. Para el año 2010 se estimó que existían alrededor de 15,000 conexiones de las cuales únicamente 12,000 estaban debidamente registradas, es decir, que existían alrededor de un 20% de conexiones ilegales. Asimismo, es importante mencionar no se usan los medidores domiciliarios y se aplicaba una tarifa por servicio de Q12/mes (Mérida, 2010).



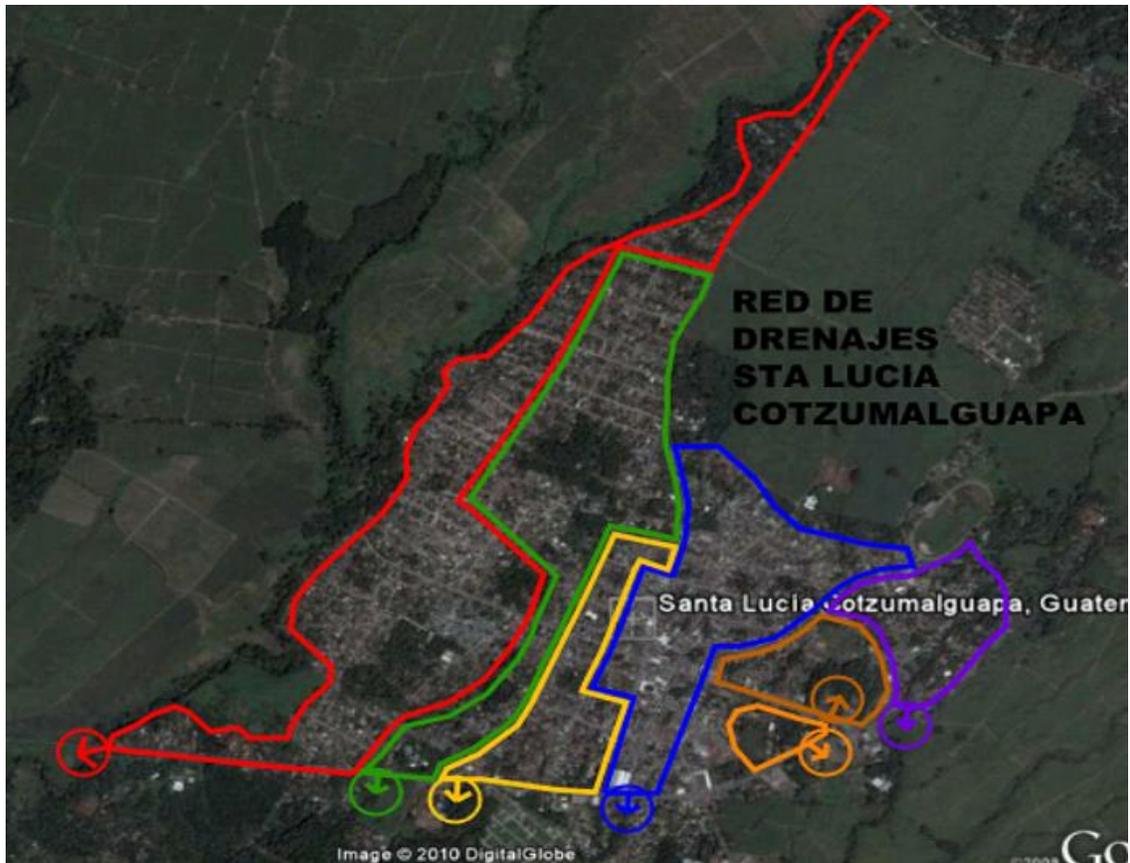
**Figura 3** Red de Distribución de agua potable de Santa Lucía Cotzumalguapa (Mérida, 2010).

### **2.1.8 Manejo del agua residual**

En el caso de las aguas servidas se proporcionó servicio en su totalidad a viviendas del área urbana pero no fue completo en las colonias sub urbanas y del área rural. La Infraestructura tiene aproximadamente 40 años de vida y se encuentra deteriorada por lo que el manejo en la conducción de aguas servidas es deficiente. Durante el trayecto de las aguas servidas estas se mezclaban con aguas pluviales provocando una saturación del sistema de descarga afectando principalmente los cauces de los ríos Cristóbal, Petayá y Santiago como principales receptores (SEGEPLAN, 2011).

El desfogue de aguas residuales y pluviales se realiza por medio de siete redes en siete puntos indicados en la figura 4, por los colores rojo, verde, amarillo, azul, morado, naranja con la flecha de dirección hacia donde desfogan. Parte de la población que se ubica al oeste del centro de la ciudad drenan hacia el Río Santiago, afluente del río Nicolás, mientras que seis descargas son desfogadas en el río Cristóbal y una descarga en el río Petayá afluente del río Pantaleón. Se estima un número alrededor de 250 tragantes que poco a poco han dejado de funcionar por exceso de basura o sedimentos provocando que el agua pluvial fluya por las calles detectando áreas de inundación a lo largo de la carretera que conduce al municipio de Siquinalá, los drenajes y el tratamiento de las aguas residuales constituyen uno de los problemas más complejos de la población (Mérida 2010).

La recolección de aguas servidas y excretas no recibe ningún tipo de tratamiento. También se encontró cierto grado de contaminación en los pozos debido a causas naturales por azolvamiento y erosión de los ríos en invierno y por la cercanía de letrinas de pozo perforado a los pozos artesanales. Con ayuda de SEGEPLAN se hicieron estudios a nivel de pre factibilidad para la recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales. El estudio proponía dos sitios para las plantas de tratamiento pero con el transcurso del tiempo, estos lugares se poblaron rápidamente (SEGEPLAN, 2011).



**Figura 4.** Red de drenajes de Santa Lucía Cotzumalguapa (Mérida, 2010).

### **2.1.9 Vulnerabilidad del recurso hídrico**

Los sistemas naturales y sociales difieren en sus estructuras, tienen características propias, recursos y entidades por lo que la diversidad de presiones a las que se les somete diariamente dan lugar a diferentes niveles de vulnerabilidad y capacidad de reacción y adaptación (Mendoza, 2008).

La vulnerabilidad en sistemas hídricos aumenta cuando estos son mal administrados y están bajo tensión o cuya ordenación es deficiente e insostenible, debido a políticas que desalientan el uso eficaz y la protección de la calidad del agua y los sistemas que la proveen. También aumenta la vulnerabilidad por causas como una ordenación inadecuada de las cuencas fluviales, la mala administración del suministro variable de aguas y su demanda o a la inexistencia de orientación técnica profesional bien fundada. En sistemas sin adecuada ordenación apenas hay estructuras establecidas para amortiguar los efectos de la variabilidad hidrológica en

cuanto a la calidad del agua y su suministro. En sistemas de ordenación insostenible, la utilización del agua y de los terrenos puede incrementar la tensión con lo que se aumenta también la vulnerabilidad al cambio climático. (IPCC, 2001)

### **2.1.10 Adaptación**

Según el informe de síntesis de cambio climático (2007), citado por Mendoza (2008), en sistemas hídricos reconocer un problema de escasez trae como consecuencia la necesidad de desarrollar o adaptar criterios para su protección, conservación y enriquecimiento. En el pasado, las medidas estructurales han sido las medidas predominantes que la sociedad ha tomado como respuesta a la disminución del recurso hídrico. Algunas de estas medidas fueron la construcción de diques de gaviones y mampostería, la construcción de pozos para obtener agua potable y para la irrigación. No obstante, debido a diversos factores como la debilidad institucional, el traslape de funciones entre las organizaciones, el oportunismo político, la democracia debilitada, la corrupción y la poca o nula participación de los actores clave junto con la falta o mal uso de información biofísica, han provocado que estas medidas sean poco exitosas

La adaptación será una estrategia necesaria para todos los niveles como complemento de los esfuerzos de mitigación y permite reducir los impactos negativos, sin embargo, los costos son elevados y esto no impide todos los daños. Hasta cierto punto, los sistemas humanos y naturales se adaptarán automáticamente a los problemas de reducción de la calidad y cantidad de agua para consumo (IPCC, 2001).

A lo anterior se le complementa lo que la GWP (2000) y el IPCC (2001), citado por Mendoza (2008), promueven como medidas de adaptación con el enfoque directo a disminuir la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano a través de:

- La gestión del lado de la oferta (por ejemplo, modificación de la infraestructura o los arreglos institucionales) y del lado de la demanda (cambio de la demanda o reducción del riesgo).
- La protección de las zonas de recarga hídrica y de las fuentes de agua.

- Dar poder a grupos locales para que desarrollen prácticas responsables con relación al uso del agua y creación de autoridades de cuencas.
- Promover voluntad política y buen gobierno para evitar y mitigar conflictos, y para fomentar colaboración y consenso entre los participantes a través de una participación bien informada.
- Incorporar los valores económicos, ecológicos, culturales e intrínsecos de los ecosistemas en la toma de decisiones y el manejo de los recursos hídricos, usando medidas innovadoras e incentivos financieros y legales.
- Utilizar y desarrollar la información y el conocimiento científico y autóctono para mejorar el manejo de los recursos hídricos para consumo humano.
- Crear conciencia en las personas sobre el papel de los ecosistemas en la protección y el uso sostenible del agua, y fortalecer la capacidad humana para cambiar el comportamiento de tal forma que respete y sea compatible con la naturaleza.
- Fortalecer la Institucionalidad al servicio de la conservación del agua.
- Trasvasar agua de donde sobra, hacia donde hace falta.
- Reconstruir los sistemas de cañerías de las ciudades.
- Planificar la perforación sustentable de pozos y la conservación de las aguas subterráneas.
- Establecer e implementar regulaciones sobre el cambio de uso de la tierra

## **2.2 Localización de la institución**

El Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático (ICC) se encuentra ubicado en el Kilometro 92.5 de la carretera que conduce hacia Mazatenango en jurisdicción del Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

### **2.2.1 Descripción de la actividad de la institución anfitriona**

El Instituto Privado de Cambio Climático es una institución creada con el apoyo del sector azucarero de Guatemala que busca desarrollar procesos adecuados de mitigación y adaptación al cambio climático en la población, en procesos productivos de la industria e infraestructura en la región. Cada acción y proceso pretende siempre llevar lineamientos técnico-científicos (ICC, 2013).

La Institución se divide en dos secciones de trabajo; La Asamblea General y Junta Directiva que se encargan de dirigir y conducir al Instituto (figura 5), En esta sección es en donde cada programa y actividad, presenta informes de resultados obtenidos y se da un análisis de ellos. Junta Directiva es la encargada de la toma de decisiones entre los distintos programas que se desarrollan dentro del ICC, en ella se encuentra el comité consultivo, el comité técnico y el comité temático que proveen de la asesoría con expertos que trabajan dentro y fuera de la institución para la evaluación de los proyectos y procesos que estén en progreso o que se quieren ejecutar a futuro (ICC, 2013).

En Dirección se llevan a cabo los procesos de coordinación y administración de los cinco programas existentes en el ICC. Estos programas son: investigación en Clima e Hidrología, Investigación en Ecosistemas, Manejo Integrado de Cuencas, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo de capacidades y Divulgación (ICC, 2013).

#### **Programa de investigación en clima e hidrología**

Este programa tiene como fin, generar información y análisis sobre el clima y los recursos hídricos que contribuyen al bienestar de la población y a la sostenibilidad de los sistemas productivos. Examina la manera en la cual los eventos extremos y los cambios no afecten este tipo de recursos por medio de la adaptación al cambio climático. Las líneas de investigación de este programa son la climatología, desarrollando índices climáticos locales y su relación con los sistemas climáticos regionales y globales así como los escenarios climáticos futuros para Guatemala. La hidrología subterránea con mapeo hidrogeológico, dinámica del agua en los acuíferos, cantidad y calidad de agua en los acuíferos superficiales y profundos. La Hidrología general con análisis de crecidas, modelaciones hidrológicas e hidráulicas de cauces mayores y zonificación (ICC, 2013).

#### **Programa de investigación en ecosistemas**

Este programa busca generar y validar información que contribuya a mantener los servicios que los bosques y otros ecosistemas prestan a la sociedad. Algunos de esos servicios son el sostenimiento de medios de vida, la regulación del ciclo del agua, la fijación de carbono, la conservación de la diversidad biológica y la protección de suelos (ICC, 2013).

La línea de investigación de este programa se centra en temas como plantaciones energéticas maderables, producción de plantas en vivero, monitoreo de ecosistemas, Manejo, protección y recuperación de ecosistemas, corredores biológicos, mecanismos de conservación locales y sistemas agroforestales.

#### **Programa de manejo integrado de cuencas**

Dentro de este programa se desarrollan procesos que impulsen e implementen acciones para mantener la integridad de los recursos naturales en las cuencas tomando en cuenta su contexto social. Recopila y genera información básica de cuencas, establece la línea base, fomenta y acompaña procesos de organización social para el manejo de cuencas, incide en el manejo y protección de bosques, apoya el manejo integrado del agua y contribuye en la protección de suelos (ICC, 2013).

#### **Programa de gestión de riesgo de desastres**

Este programa realiza acciones que influyen en la reducción del riesgo de desastres con base en el análisis de factores naturales y sociales. Identifica las principales amenazas climáticas y hace aportes para su comprensión y vigilancia a través del tiempo. Realiza análisis de vulnerabilidad de poblados, infraestructura y sistemas de producción, tratando de identificar los puntos débiles y prioriza en acciones que reduzcan el riesgo (ICC, 2013).

#### **Programa de desarrollo de capacidades y divulgación**

Trabaja en mejorar la capacidad de la población y los sistemas productivos ante los sucesos positivos o negativos resultantes del cambio climático mediante divulgación de información con medios escritos y digitales, ejecución de programas de educación y concientización a través de organizaciones y eventos, asesoría y acompañamiento a instituciones y empresas y capacitación y actualización constante del propio personal (ICC, 2013).



Figura 5. Organigrama del ICC (ICC, 2013)

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

Caracterizar el Sistema de distribución de agua potable del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa.

#### **3.2 Específicos**

- ✓ Realizar los mapas básicos de la red de distribución de agua potable existente en la cabecera del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.
  
- ✓ Realizar un balance hídrico con base a la oferta y demanda del recurso hídrico en el sistema de abastecimiento de agua potable en el casco urbano del municipio.
  
- ✓ Determinar las vulnerabilidades de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.

## IV. PLAN DE TRABAJO

### 4.1 Descripción del área de trabajo

#### 4.1.1 Sub Cuenca del río Cristóbal

La Sub cuenca del río Cristóbal se encuentra ubicada en la parte Sur-Occidente de la República de Guatemala, drena sus aguas hacia la vertiente del Océano Pacífico. Tiene las coordenadas geográficas 14°19'52" latitud norte y 91°10'05" longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 403.21 km<sup>2</sup> abarcando los municipios de San Pedro Yepocapa, Chimaltenango y Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, ubicados en la parte alta y baja de la cuenca, respectivamente (figura 6).

Está ubicada entre las zonas de vida bosque muy húmedo, subtropical, bosque húmedo Montano Bajo Subtropical y bosque muy húmedo montano bajo subtropical (García, et al., 2012). Provee del recurso hídrico que utiliza el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Dentro de esta cuenca se encuentra el río Pantaleón, el cual tiene una longitud de alrededor de 45 km, desde su nacimiento en el cono del volcán de Fuego hasta que tributa en el río Cristóbal, cercano a la aldea Las Playas (García, et al., 2012).

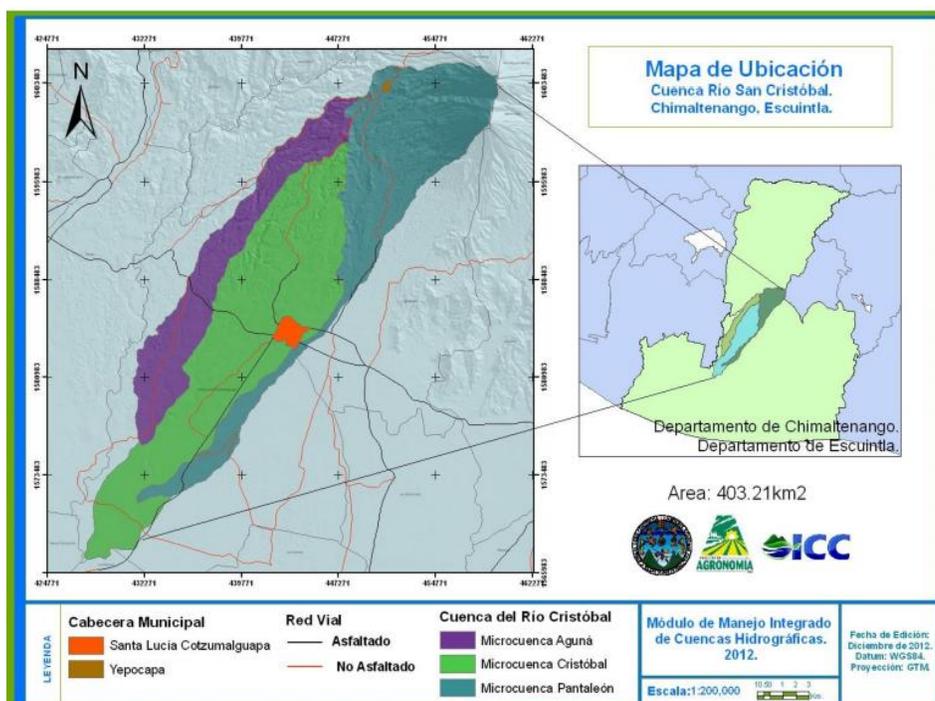


Figura 6. Mapa de ubicación cuenca río San Cristóbal (García, et al., 2012).

La precipitación media anual en la parte media de la cuenca excede los 4000 mm y en la parte alta excede los 2000 mm anuales. La evapotranspiración oscila entre los 600 mm y 1800 mm en los extremos de la cuenca con valores promedio en el estrato medio de 1400-1600 mm anuales (García, et al., 2012).

#### **4.1.2 Descripción general del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa**

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentra ubicado al sur del departamento de Escuintla, a una distancia de 32 km de la cabecera departamental y a 90 km de la ciudad capital, tiene una extensión territorial de 432 km<sup>2</sup> y una altitud entre los 115 msnm y 844 msnm. Administrativamente está compuesto por un centro urbano, 41 colonias, 6 aldeas, 13 caseríos, 3 parcelamientos, 4 microparcelamientos, 60 fincas, 6 guardianías, 1 ranchería y 14 haciendas. Para el año 2,009 el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa tenía una población aproximada de 117,869 habitantes según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Geográficamente la población estaba distribuida 42.48% en el área rural y 57.52% en el área urbana. La densidad poblacional en el 2009 era de 273 habitantes por kilómetro cuadrado (SEGEPLAN, 2011).

A dos kilómetros del casco urbano y campo de trabajo se encuentra la institución anfitriona. Tal y como se mencionó anteriormente para el desarrollo de esta práctica se trabajó en la unidad de manejo integrado de cuencas, la cual tiene entre otras las siguientes funciones: atiende el manejo integrado de la cuenca del municipio, también desarrolla programas que impulsan e implementan acciones para mantener la integridad de los recursos naturales en las cuencas de la vertiente del Pacífico, tomando en cuenta su contexto social. Recopila y genera información básica de cuencas, establece la línea base, fomenta y acompaña procesos de organización social para el manejo de cuencas, incide en el manejo y protección de bosques, apoya el manejo integrado del agua y contribuye en la protección de suelos.

## **4.2 Actividades realizadas**

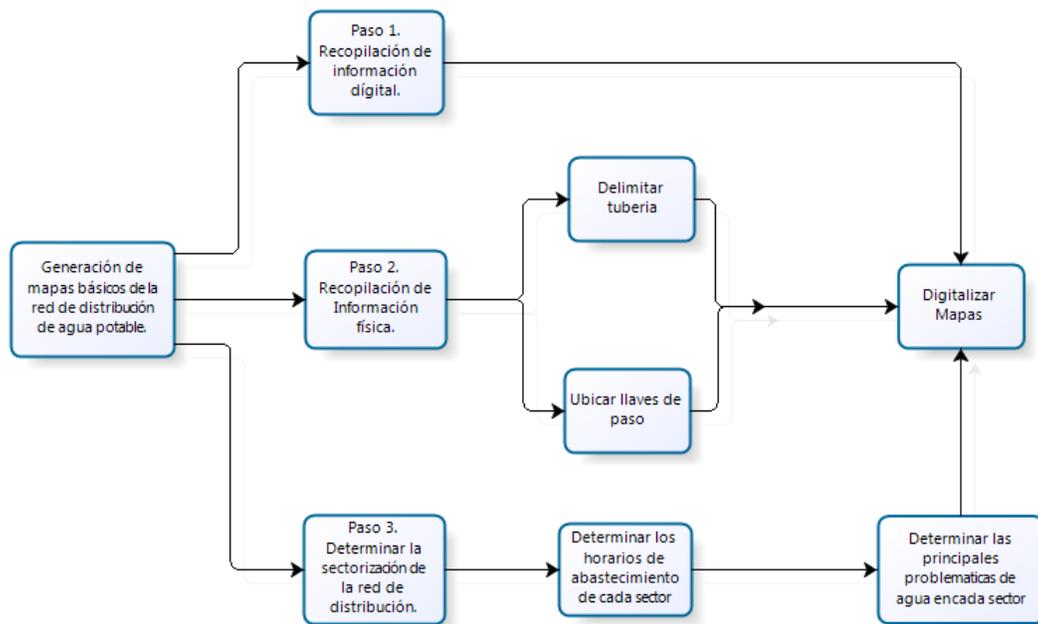
Para desarrollar la caracterización del sistema de distribución de agua potable y generar información utilitaria, se realizó una serie de actividades con la Unidad de Cuencas del Instituto de Cambio Climático en conjunto con el personal del departamento de agua potable de la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa. El programa principal se desarrolló de la siguiente manera:

Se realizó una recopilación de antecedentes de la población, infraestructura del sistema de distribución del casco urbano, asimismo se estimó el número de usuarios aproximado, el número de conexiones domiciliarias, cobertura del servicio de la red y planos o croquis general de zonas, calles o colonias del área. Se acompañó en actividades de mantenimiento y reparación en infraestructura de la red de distribución de agua potable en el casco urbano y algunas colonias aledañas que se abastecen aún con la red principal de distribución de agua potable. Esto permitió realizar observaciones clave en cuanto al estado de la infraestructura y condiciones en las que trabaja y distribuye el agua potable y la perspectiva social. Esto se llevó a cabo con el equipo de fontaneros del departamento de agua de la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa de la siguiente manera:

- Con el análisis visual se generaron mapas que muestran información básica como diámetro de tuberías, distribución por sectores o distribución por horarios.
- Se realizó un balance que muestra el comportamiento de la oferta y la demanda hídrica en los últimos años.
- Se realizó una evaluación de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento, en el cual se incluyó: tanques de almacenamiento, red de distribución y aspectos como tratamiento del agua y gestión administrativa.

### **4.2.1 Generación de mapas**

Previo realizar la fase de generación de mapas como parte de la caracterización, fue necesario organizar las acciones que se llevarían a cabo y que a consideración conllevarían a lograr la digitalización de mapas básicos de la red de distribución de agua potable del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa (figura 7).



**Figura 7.** Proceso de generación de información de mapas (fuente propia).

Esta caracterización se realizó debido a la poca información existente y generada. Las primeras acciones consistieron en la recopilación de toda la información disponible digital y física de la infraestructura de la red de distribución de agua potable. Para ello se acudió a la oficina de planificación municipal encargada de analizar y aprobar proyectos e infraestructura en el municipio sin embargo, se explicaba dentro de la misma oficina que no contaban con este tipo de información pero si proporcionaron los mapas generales del casco urbano, zonas en las que se divide y colonias aledañas, estos servirían de base para ubicar y marcar la información que se generaría en campo.

### **Definición de horarios por sector**

La metodología para generar la sectorización de la red alta y la red baja fue la siguiente: se acompañó al fontanero racionador de la red alta y al de la red baja en trabajo de campo.

- Se generaron los tiempos de racionamiento.
- En campo se ubicaron en mapas las válvulas principales y secundarias que según el día, horario y turno se operan para realizar el racionamiento.

- Se delimitó el área geográfica entre válvulas.
- Se generaron los sectores y horarios en la red alta y en la red baja.

#### **4.2.2 Balance entre la oferta y demanda de agua potable**

En esta fase se investigó y utilizó la información estadística poblacional de Santa Lucía Cotzumalguapa del último censo del INE (Instituto Nacional de Estadística) 2002, para determinar la demanda, esta actividad se realizó únicamente para el casco urbano y en términos generales para la determinación de la oferta se realizaron aforos en los tanques de la red alta y red baja.

#### **4.2.3 Determinación de la vulnerabilidad del sistema de distribución de agua potable.**

Se realizó una caracterización y evaluación de cuatro componentes a partir de la Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano elaborada para un estudio de maestría en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza CATIE.

La metodología identifica diez componentes esenciales en un sistema de abastecimiento hídrico y para cada componente define sus indicadores, de estos diez componentes se utilizaron únicamente cuatro, el de tanque de almacenamiento, la red de distribución, tratamiento del agua y el componente de gestión administrativa. El número de indicadores por componente varía desde tres hasta catorce. Cada indicador tiene una escala de cinco categorías (0 a 4) que parten del siguiente supuesto.

#### **Mayor valoración asignada = Mayor vulnerabilidad**

Para evaluar el sistema se identificaron actores clave y con cada uno de ellos se realizaron reuniones en las que se discutió cada componente e indicador; cada actor realizó la evaluación del sistema de agua potable con base al conocimiento que tienen sobre el mismo y esto se confirmó con el trabajo y giras técnicas en campo en el cual se analizó lo existente. La calificación se otorgó a partir de la escala cualitativa que se fijó para cada indicador (con valores cuantitativos) para su análisis como se muestra en el cuadro 1 (Mendoza, 2008). Se recalca nuevamente en que la

metodología trabaja con 10 componentes pero para esta caracterización únicamente se adaptaran cuatro de ellos como ya se describió.

**Cuadro 1.** Escala de valoración por vulnerabilidad.

<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
Muy baja	0
Baja	1
Moderada	2
Alta	3
Muy alta	4

(Mendoza, 2008).

### **Cálculo de la vulnerabilidad de los componentes y del sistema**

Para el cálculo de la vulnerabilidad se realizó una adaptación de metodología basada en la evaluación de la vulnerabilidad por componente. La vulnerabilidad y debilidades de un sistema evaluado se calculan bajo dos escenarios. El primero sin ponderación y el segundo asignado un peso relativo a los componentes. Para la caracterización del sistema de distribución de Santa Lucía Cotzumalguapa se calculó bajo el escenario sin ponderación debido a que solo se evaluaron cuatro componentes y no el sistema completo, el cálculo con ponderación se recomienda para evaluar un sistema hídrico de abastecimiento completo debido a que todos los componentes influyen en la vulnerabilidad del sistema, pero no todos tienen el mismo grado de influencia (Mendoza, 2008).

#### Cálculos de la vulnerabilidad sin ponderación

- Suma de los valores de los índices de calificación de los indicadores de cada componente.
- Dividir la sumatoria entre el número total de indicadores por componente, esto da un resultado promedio para cada componente.
- Sumatoria de la vulnerabilidad promedio de los componentes.
- Dividir la sumatoria entre 10, número total de componentes.
- El resultado se multiplica por cien y se divide entre cuatro (valor mayor de la escala de evaluación) y da el valor de la vulnerabilidad en porcentaje (Mendoza, 2008).

El resultado final se ubica dentro de los parámetros indicados en los niveles de vulnerabilidad que se indican en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Caracterización general de la vulnerabilidad.

<b>Niveles</b>	<b>Índice (%)</b>
Muy alta	80,1-100
Alta	60,1-80,0
Media	40,1-60,0
Baja	20,1-40,0
Muy baja o nula	0,0-20,0

(Mendoza, 2008).

La metodología propuesta para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano se basa en una serie de indicadores para cada uno de los componentes que integran el sistema. A partir de esta propuesta se evalúa, de forma participativa, la vulnerabilidad del sistema (Mendoza, 2008).

### **Componentes**

Como se observa en el cuadro 3, la metodología identifica un total de diez componentes del sistema hídrico para consumo humano a partir de los cuales se construye la metodología de análisis de debilidades de un sistema hídrico de abastecimiento (Mendoza, 2008).

**Cuadro 3.** Componentes del sistema hídrico.

<b>Componente</b>	<b>Nombre del Componente</b>
A	Zona de recarga hídrica (microcuenca)
B	Fuente de abastecimiento de agua
C	Toma de agua y obra de captación
D	Línea de conducción
E	Tanque de almacenamiento
F	Red de distribución
G	Tratamiento del agua
H	Uso y manejo del agua en el hogar
I	Manejo de aguas post-uso
J	Gestión administrativa

(Mendoza, 2008)

Los componentes fueron evaluados por un grupo de dieciséis expertos de diferentes países, entre ellos: México, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Colombia, Paraguay, Perú y Argentina. A cada componente le otorgaron un valor de importancia del uno al diez (Mendoza, 2008).

Como ya se mencionó específicamente para caracterizar el sistema de distribución del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa se utilizó únicamente los componentes (E) Tanque de almacenamiento, (F) Rede de distribución (G) Tratamiento del agua y (J) Gestión administrativa.

### **Consideraciones de la propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano**

La metodología propuesta es una herramienta para instituciones, organizaciones o personas que lideran los procesos de gestión del recurso hídrico para consumo humano. Esta herramienta les permite priorizar, en tres niveles, las acciones para disminuir la vulnerabilidad del sistema y garantizar la sostenibilidad (Mendoza, 2008).

- Por un lado, identificar dentro de un conjunto de sistemas, cual es el más vulnerable.
- En segunda instancia, a nivel de sistema, identificar cuáles son los componentes más vulnerables.
- Por último, cuáles son los indicadores que influyen más en la vulnerabilidad y sobre ellos tomar las medidas necesarias.

En algún momento, la metodología puede ser considerada muy amplia y por lo tanto complicada de aplicar, sin embargo, sólo pretende dar los elementos necesarios para realizar el análisis de vulnerabilidad y el tomador de decisiones tiene la ventaja de elegir que componentes y/o indicadores toma en cuenta para el análisis, esto quiere decir, la metodología se puede adaptar a las condiciones y necesidades particulares de los sistemas y/o tomadores de decisiones (Mendoza, 2008).

Con la información generada se procede a continuar con la línea del plan de trabajo con lo siguiente:

- Generación procesamiento y análisis de la información obtenida en campo. Estudio de alternativas para proponer soluciones.
- Preparación de propuestas para mejoras en el sistema de distribución de agua potable y la gestión del recurso hídrico.

### **4.3 Variables**

#### **Mercado Hídrico (balance entre oferta y demanda hídrica)**

En esta sección se utilizaron variables específicas como la población o número de usuarios aproximado, caudal que entra a los tanques, volumen almacenado, volumen suministrado al sistema y la demanda hídrica, con esto se desarrolló el balance entre la oferta y la demanda de agua potable. Esto se llevó a cabo a partir del componente de estudio de mercado de la guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de agua potable del sistema nacional de inversión pública de SEGEPLAN.

#### **Oferta**

Dentro de la oferta se tomó la infraestructura existente, funcionamiento, estado físico de los componentes del sistema de abastecimiento y las formas de abastecimiento hacia la población.

#### **Demanda**

El objetivo primordial de un sistema de distribución de agua potable es satisfacer la demanda de la población actual y futura. Para determinar la demanda actual, proveniente de la población y el consumo se utilizaron datos proyectados a nivel municipal. Esta información puede obtenerse en el INE o en la SEGEPLAN.

#### **Balance oferta – demanda (exceso o déficit).**

Es la comparación que se realiza entre la oferta y la demanda de un proyecto de agua potable durante el tiempo de operaciones, la oferta será la infraestructura,

cantidad de agua y servicios existentes mientras que la demanda vendrá de la población registrada.

### **Tanque de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento consisten en el receptor final que proviene de los nacimientos en la parte alta. En ellos se almacena toda el agua captada. Se evaluaron elementos como la disponibilidad de accesorios y repuestos, estado de estructura física, capacidad de almacenamiento, mantenimiento, vulnerabilidad a amenazas naturales, medidas de mitigación y prevención para salvaguardar la estructura (Mendoza, 2008).

### **Red de distribución**

La red de distribución hace referencia a la infraestructura que distribuye el agua potable en el casco urbano, en ella se evaluaron factores como la cobertura del servicio, continuidad del servicio, estado de la tubería y caja de válvulas, estado de las conexiones domiciliarias, mantenimiento, vulnerabilidad a amenazas naturales y medidas de mitigación y prevención que se aplican (Mendoza, 2008).

### **Tratamiento del agua**

En esta caracterización fue subjetiva y evaluó indicadores como tratamiento que necesita y se aplica al agua previa a la distribución, frecuencia del tratamiento y porcentaje de la población que consume agua previamente tratada tres factores importantes en el agua de consumo humano (Mendoza, 2008).

### **Gestión administrativa**

Son las acciones de coordinación y logística que se llevan a cabo en una unidad o departamento, ellas tienen injerencia en el trabajo de campo y el departamento en general (Mendoza, 2008).

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Generación de mapas

Se confirmó que la red de distribución de agua potable esta divida en red alta y red baja como se observa en el mapa generado (figura 8). Cada red tiene su propio tanque de almacenamiento que se abastece con la línea de conducción que proviene de los nacimientos de la parte alta de la cuenca. El tanque de la red alta es conocido como tanque San Judas y está ubicado aproximadamente a dos kilómetros fuera del casco urbano en la parte alta. El tanque de la red baja no tiene nombre específico pero se ubica fácilmente debido a que se encuentra dentro del predio municipal en el casco urbano, a este lo abastece también un pozo mecánico.

A través de sistemas de información geográfica (SIG), se logró determinar que la red alta tiene más de 30 kilómetros en tubería de pvc mientras que la red baja tiene más de 19 kilómetros de tubería. Ambas redes suman más de 52 kilómetros de tubería para distribución de agua potable dentro de la ciudad.

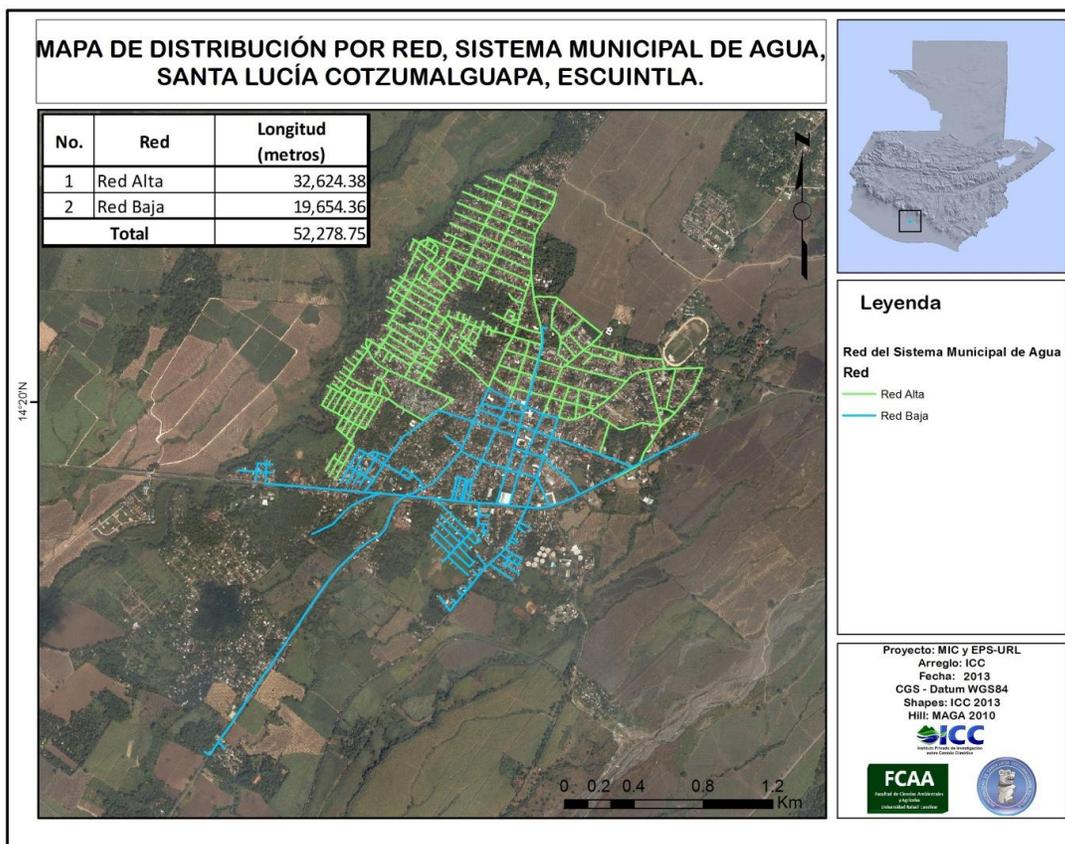
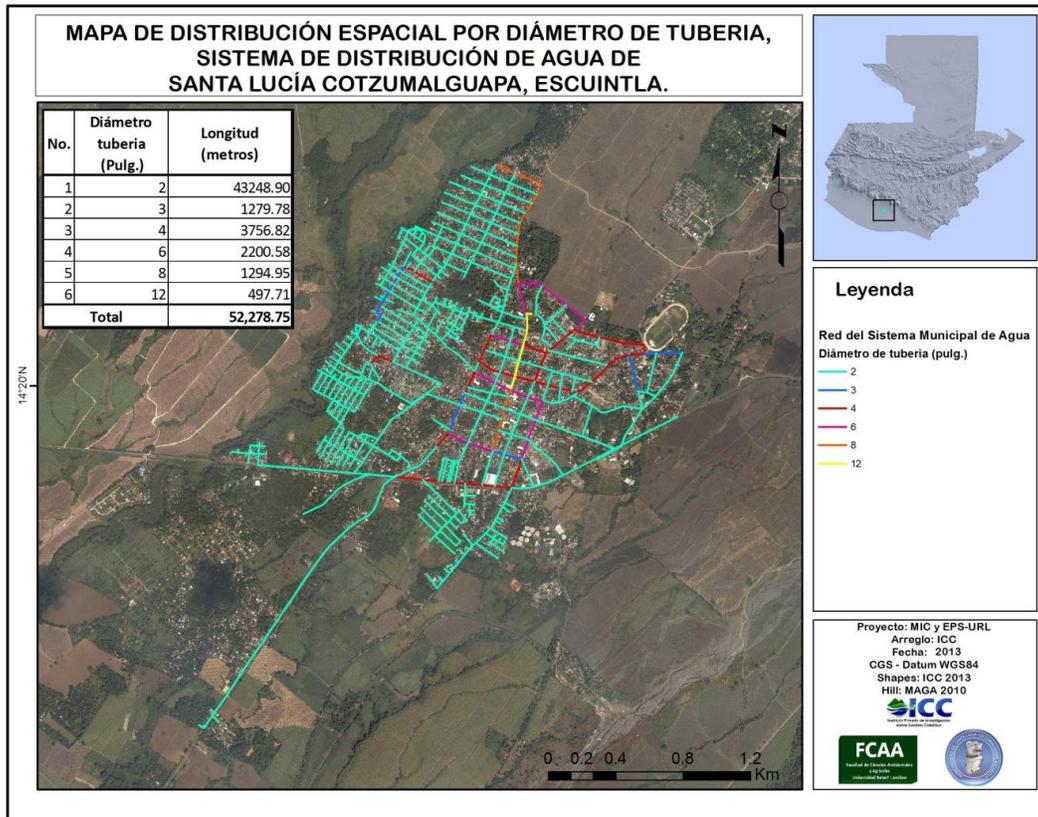


Figura 8. Red alta y red baja del casco urbano (Mena-ICC 2013).

Dentro de la misma red hay distribuida tubería con diferente diámetro. Este es el único mapa que se ha venido trabajando en el departamento de agua debido a los constantes trabajos de reparación de fugas, cambios de tubería y mantenimiento. Esta información se confirmó participando en cada trabajo de observación, detección y reparación de fugas dentro de la ciudad, con los fontaneros y los mapas generales de calles y avenidas de la oficina de planificación municipal. Los diámetros más utilizados desde que se ha venido cambiando el tubo galvanizado según los fontaneros con más años de trabajo es de dos, tres, cuatro, seis, ocho y doce pulgadas.

Con la herramienta SIG se calculó la longitud aproximada distribuida en la red por cada diámetro de tubería dando como resultado tubería de dos pulgadas con 43,000 metros, 1,000 metros en tubería de tres pulgadas, mas de 3,000 metros en tubería de cuatro pulgadas, mas de 2,000 metros en tubería de seis pulgadas, más de 1,000 metros en tubería de ocho pulgadas y un poco menos de 1,000 metros en tubería de doce pulgadas (figura 9).

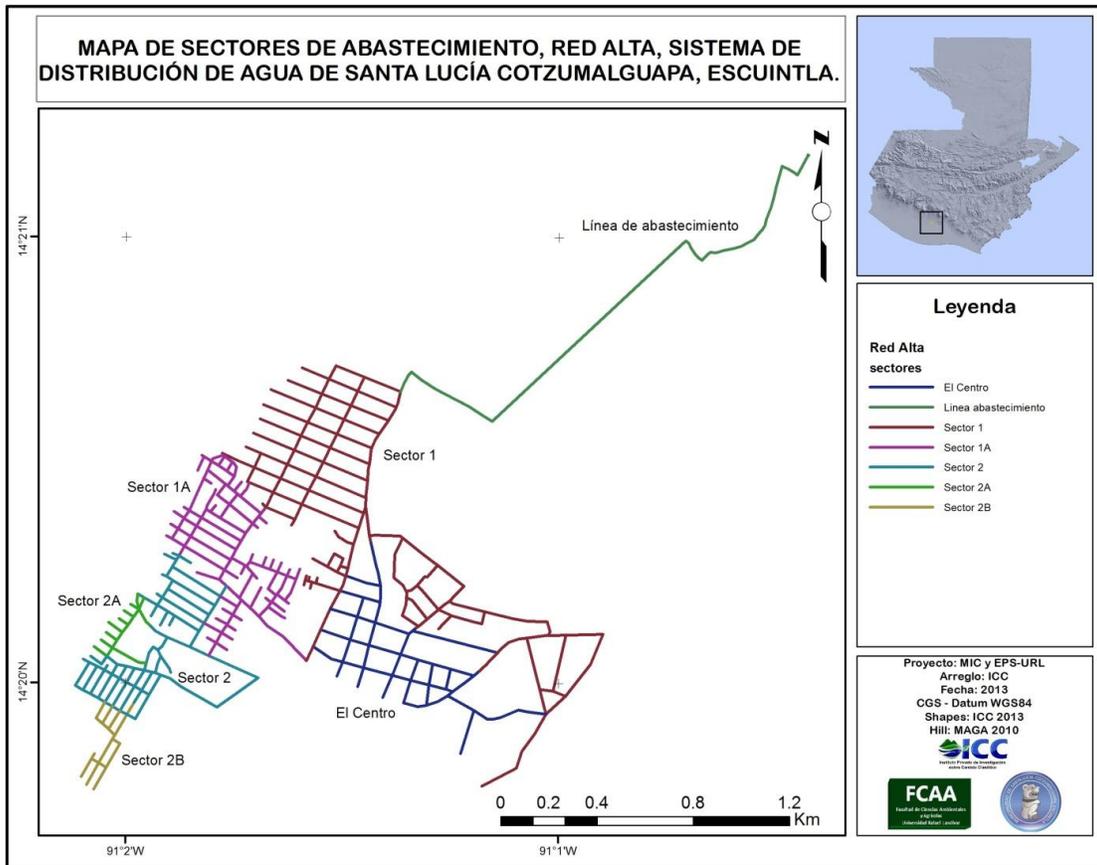


**Figura 9.** Mapa de diámetro de tubería (Mena-ICC 2013).

Como se evidencia en el mapa de la (figura 10) el diámetro más utilizado es el de dos pulgadas, geográficamente cubre más del 70% del casco urbano por lo que es probable que si no se realizan análisis y estudios hidráulicos antes de llegar a una densidad poblacional mucho más alta, un porcentaje elevado de la población puede verse afectada por un servicio inadecuado debido a que el diámetro no será suficiente para que el sistema trabaje adecuadamente.

### 5.1.1 Sectorización y racionamiento

Tal y como se mencionó en la metodología, la sectorización se generó con ayuda de los fontaneros racionadores, tanto de la red alta como de la red baja (Figura 10).



**Figura 10.** Mapa de sectores de la red alta (Mena-ICC 2013).

La red alta está sectorizada y el racionamiento se realiza por día y hora determinada. El cuadro 4 muestra el comportamiento del racionamiento que inicia

de la parte alta del casco urbano hasta la parte medía que corresponde al área de influencia de la red alta de abastecimiento. Es necesario destacar que en ocasiones las horas de servicio pueden variar según la disponibilidad de agua, por lo que los operadores de los tanques aumentan o disminuyen el cierre y apertura de válvulas. La parte céntrica de la ciudad tiene prioridad, debido a la considerable cantidad de edificios e infraestructura que comprende: el comercio en general, bancos, mercados, edificio municipal, centro de salud entre otros, sin embargo; aunque todos los días tienen el servicio, no abarca las 24 horas, aplica también la disponibilidad del recurso.

**Cuadro 4.** Proceso de racionamiento de la red alta.

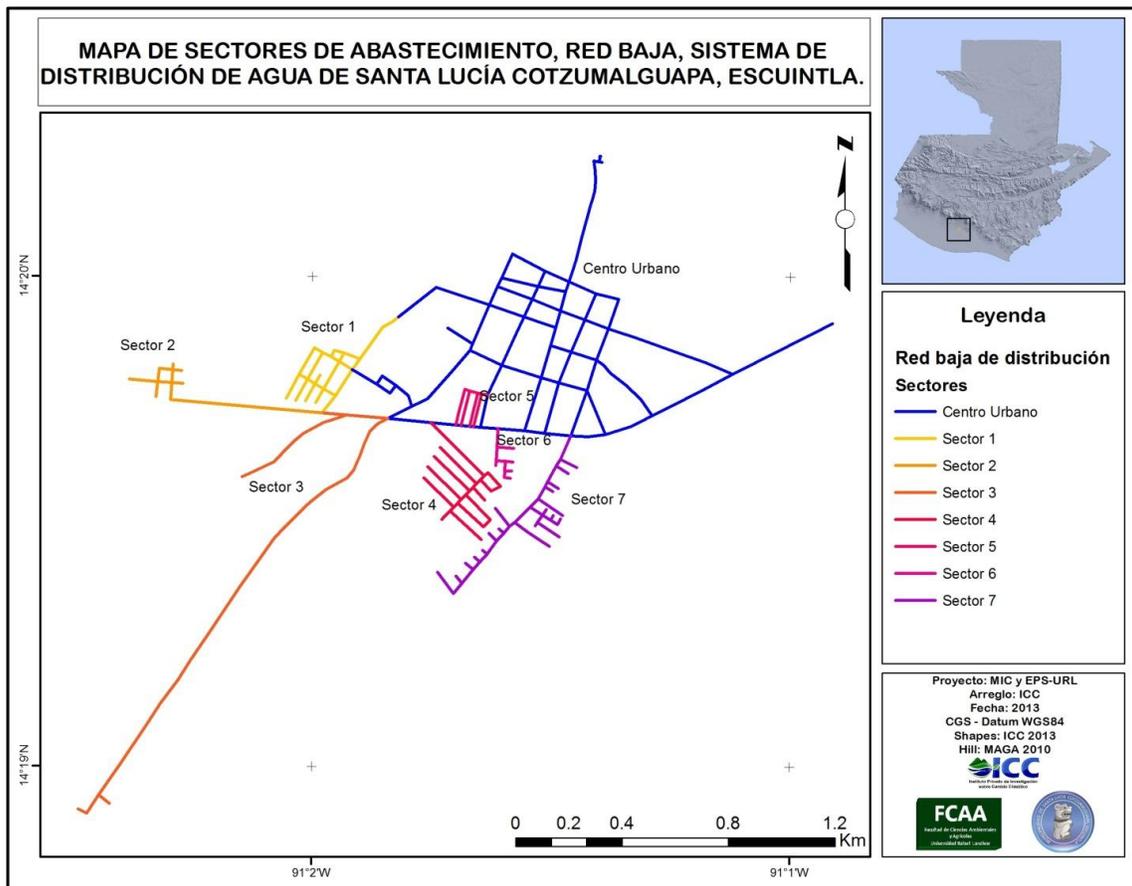
Día	sector	Abre válvula #	Cierra válvula #	Horas de servicio	Observaciones
Lunes	1	1, 2	3, 5, 6, 7, 8, 9	5 h. 30 minutos	10:30 am a 4:00 pm
Lunes a Martes	1A	3, 5, 6, 7, 8	12, 11	15 h. 30 minutos	5:30 pm a 9:00 pm
Martes	2	11, 12, 7	15, 16, 17	5 h. 30 minutos	10:30 am a 4:00 pm
Martes a Miércoles	2A	15		15 h. 30 minutos	5:30 pm a 9:00 pm
Miércoles	2		15, 3, 5, 6, 7	5 h. 30 minutos	10:30 am a 4:00 pm, prioridad Colonia 8 de febrero
Miércoles a Jueves	1A	3, 5, 6	11, 12, 7	15 h. 30 minutos	5:30 pm a 9:00 pm, prioridad Col. Sultanita, Eben Ezer y Callejo Ruano
Jueves	2	7, 11, 12	15	5 h. 30 min.	10:30 am a 4:00 pm, prioridad Colonia 8 de febrero
Viernes	2B	16, 17, 15, 7		15 h. 30 minutos	5:30 pm a 9:00 pm
Sábado a Lunes	Todos	1 a 17			24 horas
Lunes a Domingo	Centro				Tiene prioridad, todos los días tiene agua pero no las 24 horas.

Fuente propia.

Como se observa en la figura 11 y cuadro 4, es evidente que los siete sectores no tiene el mismo tamaño por lo que la distribución de agua no es equitativa para cada uno. También se observa que el sector 2B es uno de los más afectados debido a que para que el agua llegue a este sector es necesario que pase por la mayoría de

sectores en donde existe consumo, por lo tanto ya no llega una buena cantidad de agua al sector y mucho menos llega con la suficiente presión como para abastecer a los hogares. Se debe pensar en una nueva distribución por sectores.

En la figura 11 se presenta la sectorización final de la red baja.



**Figura 11.** Sectores de la red baja (Mena-ICC 2013).

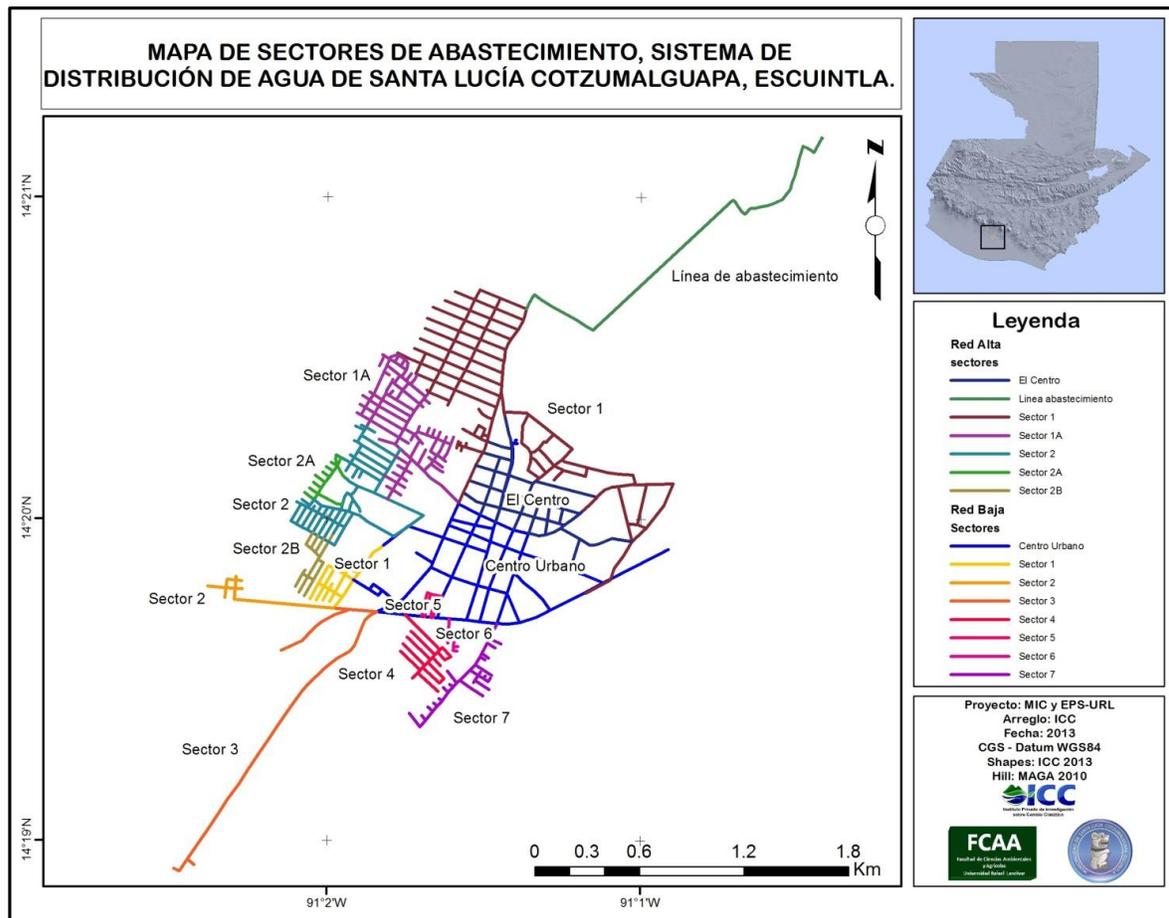
Se evidencia la disparidad de tamaño en cada sector al igual que en la red alta, al relacionarlo con el proceso de racionamiento según el cuadro 5 también es evidente que la distribución de agua no es equitativa debido a que hay sectores más grandes que otros y todos reciben la misma cantidad de agua y horas de servicio por lo que también en la red baja es necesario un análisis sobre la distribución espacial de cada sector para distribuir el agua de forma más eficiente.

**Cuadro 5.** Proceso de racionamiento de la red alta.

<b>Día</b>	<b>sector</b>	<b>Abre válvula #</b>	<b>Cierra válvula #</b>	<b>Horas de servicio</b>	<b>Observaciones.</b>
Lunes a Domingo	1	2	1	24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 10:00 am a 10:00 am.
		1	2	24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 10:00 am a 10:00 am.
Lunes a Domingo	2	3, 4		25 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no.
Lunes-Domingo	3	5		10 horas	5:00 am a 3:00 pm
		6		11 horas	5:00 am a 3:00 pm
		7		24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 5:00 am a 5:00 am.
		8		14 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 3:00 pm a 5:00 am.
		9		14 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 3:00 pm a 5:00 am.
Lunes a Domingo	4	10		24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 11:00 am a 11:00 am.
Lunes a Domingo	5	11		15 h. 30 minutos	4:00 pm a 6:30 am
Lunes a Domingo	6	12		24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 5:00 am a 5:00 am.
		13		24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 10:00 am a 10:00 am.
Lunes a Domingo	7	14, 15		24 horas	Servicio cada 24 horas, un día si, un día no. 11:30 am a 11:30 am.
Lunes a Domingo	Centro				Tiene prioridad, todos los días tiene servicio pero no las 24 horas.

Fuente propia.

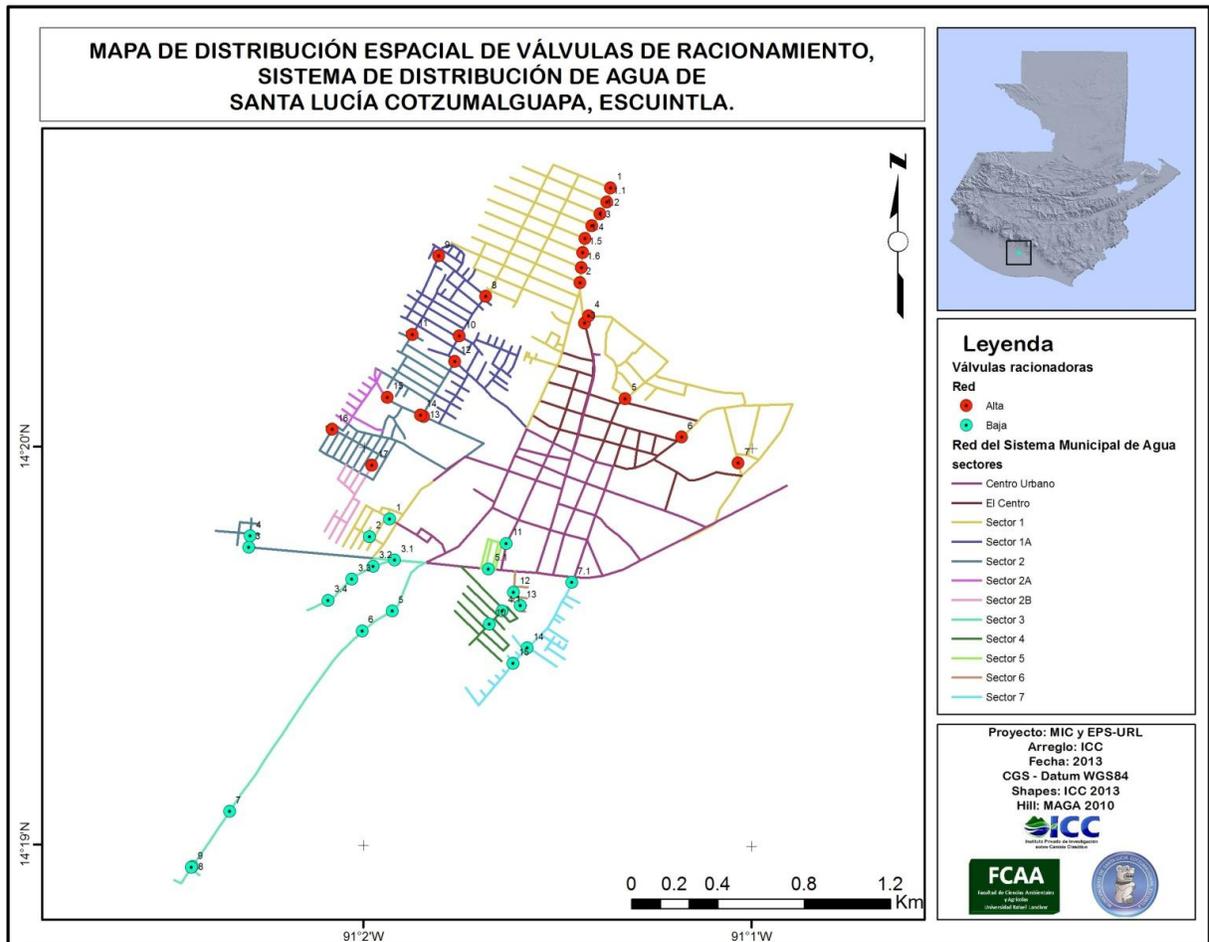
Al igual que en la red alta, las horas de servicio en la red baja están estrechamente ligadas a la disponibilidad de agua en los tanques, y puede variar. De igual manera el centro tiene prioridad, se le brinda servicio todos los días pero no las veinticuatro horas, es el mismo caso de la red alta. El resultado final fue el mapa del casco urbano sectorizado como se muestra en la figura 12.



**Figura 12.** Mapa de sectorización del casco urbano (Mena-ICC 2013).

Los resultados generados en el mapa de la figura 13 muestran que el casco urbano se abastece o raciona en quince sectores, cada sector puede tener tubería con un solo diámetro ó hasta tres diámetros diferentes alterando la presión y la distribución del agua. Esto puede entrar en un proceso de análisis para determinar la eficiencia de trabajo al existir variabilidad en los diámetros de tuberías ubicados en un solo sector debido a que el cambio del espacio en el que fluye el agua puede que afecte en la eficiencia del transporte del agua hacia los hogares.

Por último como se muestra en la figura 13, se ubicó en campo las válvulas principales y secundarias que se operan en la red alta y en la red baja para racionar y abastecer los sectores ya indicados con anterioridad. Este proceso también se realizó con la ayuda de los fontaneros racionadores ya que por ser ellos quienes abastecen a los sectores también ubican cada válvula de la red dentro de la ciudad.



**Figura 13.** Presencia de válvulas en el casco urbano (Mena-ICC 2013).

Con las válvulas ubicadas se aprecia el resultado final de la relación de su operación, con la sectorización existente en el casco urbano. Con ayuda de sistemas de información geográfica (SIG), se aprecia que algunas válvulas dividen la frontera de cada sector. En un escenario ideal, cada válvula en la entrada de cada sector, se operaría para trabajos de reparación y mantenimiento; sin embargo se operan para racionar el agua en el casco urbano. Las tablas con los datos de

identificación, diámetro y ubicación de las válvulas de la red alta y la red baja se encuentran en la sección de anexos en los cuadros 11 al 14.

Actualmente en algunas calles y sectores el agua no es suficiente para satisfacer a un determinado número de familias, esto pareciera ser un problema generalizado en el casco urbano especialmente en las orillas y colonias aledañas, parte de este problema está ligado al aumento poblacional. En trabajo de campo y entrevistas con fontaneros, se explicaba que una tubería con diámetro de dos pulgadas que hace 8 años abastecía a 20 familias, ahora tiene que abastecer a 50 familias, por lo que el diámetro de esta tubería no se da abasto, se vuelve ineficiente y hacer el cambio de tubería en un sector también requiere de tiempo e inversiones considerables. En un cambio de tubería es necesario realizar proyecciones a futuro, para estimar el funcionamiento óptimo de la tubería por los siguientes años, no es una actividad simple de llevar a cabo y requiere análisis y conocimiento técnico hidráulico, ambiental y social, pero podría ser una pauta a considerar debido a que para instalar este tipo de infraestructura se deben analizar qué tipo de variables influyen directamente en una acción puntual como esta. El objetivo es optimizar el funcionamiento y aprovechar adecuadamente el recurso hídrico.

### **5.1.2 Mercado hídrico (balance entre oferta y demanda hídrica)**

#### **Oferta**

La suma total de la oferta teórica de ambos tanques genera un resultado de 25,115.29 m<sup>3</sup> de agua para abastecer u ofertar a la población, la obtención de esta cantidad de agua se detalla en la operación de los tanques. Esta cantidad puede variar en invierno por problemas en la infraestructura de transporte y daños en infraestructura en la zona de captación.

#### **Operación de los tanques**

Para determinar el caudal en l/s que la infraestructura tiene la capacidad de almacenar y ofertar a la población de forma puntual por cada red, fue necesario entender la operación de los tanques de almacenamiento esenciales en la red de distribución de agua potable, esto debido a que como se mencionó anteriormente, existe una sectorización que provoca una dinámica constante en el cierre y apertura

de los tanques de la red alta y la red baja volviéndolos un componente de la infraestructura sumamente importante.

### Red alta

En la parte alta se encuentra el tanque San Judas que tiene 26.70 metros de largo, 24.60 metros de ancho y una profundidad de 3 metros con una capacidad de almacenamiento de 1,970.46 metros cúbicos de agua, sin embargo este tanque no se llena completamente debido a que la salida de agua tarda en estabilizarse y provoca rebalse y pérdida de agua. Para evitar esto, el tanque se llena a dos metros, ochenta centímetros máximo, esto genera un almacenamiento de 1,839 m<sup>3</sup> de agua y un caudal de 127 l/s.

**Cuadro 6.** Horarios de operación de los tanques red alta

Apertura y Cierre de Válvulas	
Apertura	04:40 a.m.
Cierre	09:00 a.m.
Apertura	11:00 a.m.
Cierre	03:00 p.m.
Apertura	05:30 p.m.
Cierre	02:30 a.m.

(Fuente propia).

En el cuadro 6 se observa que la actividad en el tanque San Judas inicia a las cuatro con cuarenta de la madrugada. Se estimó por observaciones en el área urbana que el agua se tarda aproximadamente veinte minutos en llegar a la ciudad y llenar la tubería de la red alta. A partir de las cinco de la mañana esta red tiene agua, debido a que es la hora en que una considerable parte de la población se prepara para sus labores y comienza a utilizar el agua. Con esta información se analizó la dinámica de apertura y cierre de los tanques.

Se consideró de forma teórica que antes de abrir el tanque a las cuatro con cuarenta de la madrugada, tiene almacenado 1,839 m<sup>3</sup> de agua para abastecimiento, también se tomó en cuenta que durante las cuatro horas en que se abre el tanque y se abastece a la población, el agua sigue entrando al tanque directo de la tubería de la fuente. Si el tanque se llena en dos horas y se vacía en cuatro, en un período

normal de vaciado, se oferta tres veces la cantidad de agua de un tanque lleno, aquí también se tomó en cuenta que la salida o abastecimiento de agua se estabiliza a 40 cm, esta cantidad de agua se queda dentro del tanque cuando este se cierra en cada operación. En total según los horarios y operación, el tanque San Judas, oferta 20,365.29 m<sup>3</sup> de agua hacia la red alta.

### **Red baja**

Es abastecida por dos tanques con dimensiones de 25 metros de largo, 15 metros de ancho y 2 metros de profundidad permitiendo un almacenamiento en conjunto de 1,500 m<sup>3</sup> de agua, a diferencia de los tanques de San Judas, estos se llenan en su totalidad con un caudal de 69.4 l/s.

El cuadro 7 muestra la operación de los tanques de la red baja, el tiempo de llenado total es de seis horas y tarda en vaciar un poco más dos horas. El proceso de entrada y salida de agua es constante hasta que el nivel del agua se estabiliza a una altura de 50 centímetros sobre la base, después de las dos horas este proceso sigue constante hasta que se cierran las llaves de salida a la hora establecida.

**Cuadro 7.** Horarios de operación de los tanques red baja

<b>Apertura y Cierre de Válvulas</b>	
Apertura	04:40 a.m.
Cierre	08:00 a.m.
Apertura	02:00 p.m.
Cierre	09:00 p.m.

(Fuente propia)

De igual manera, la actividad en los tanques del predio municipal inicia a las cuatro cuarenta de la madrugada, también se da el lapso de veinte minutos para que el agua llene la tubería de la red baja. De las cuatro cuarenta de la madrugada a ocho de la mañana se aporta una cantidad teórica de 1,500 m<sup>3</sup> de agua a la red baja. En ese lapso de tiempo, el tanque sigue recibiendo agua durante un lapso de 3 horas agregando a la primer apertura 750 m<sup>3</sup> teóricos más de agua. Esto genera una oferta de 2,250 m<sup>3</sup> de agua.

Luego a las dos de la tarde abren las válvulas para el segundo servicio de abastecimiento y cierra nuevamente a las nueve de la noche. Se provee de 1,500 m<sup>3</sup> de los tanques llenos mas siete horas que se mantiene constante la entrada de agua con 1,750m<sup>3</sup>, esto genera 3,250m<sup>3</sup> de agua. A la oferta total se le restan 375 m<sup>3</sup> de agua que se mantienen dentro y no se ofertan cuando se cierra el tanque a 50 centímetros por las dos operaciones de cierre en un día normal de actividad en el tanque. En total se oferta 4,750 m<sup>3</sup> desde el tanque San Judas al final del día.

### **Demanda**

El objetivo principal de un sistema de abastecimiento de agua potable es satisfacer la demanda de la población actual y pensar en la población futura. En el último censo poblacional elaborado en el 2002 por el Instituto Nacional de Estadística, el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa concentraba en el área urbana 49,480 habitantes. Con este dato se utilizó la guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de agua potable y saneamiento de SEGEPLAN para generar el balance entre la oferta y la demanda de agua.

### **Proyección de la población**

Al censo urbano se le aplicó la tasa de crecimiento poblacional de 2.5% registrada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y presentada en el informe poblacional 2010 del Ministerio de Ambiente, con el fin de obtener la población proyectada para el 2013 en el área urbana de Santa Lucía Cotzumalguapa y lograr realizar la relación oferta/demanda proyectada.

**Cuadro 8.** Proyección poblacional urbana, Santa Lucía Cotzumalguapa

<b>año</b>	<b>Población (No. Hab)</b>
2002	49480
2003	50717
2004	51985
2005	53285
2006	54617
2007	55982
2008	57382
2009	58816
2010	60287
2011	61794
2012	63339
2013	64922
2014	66545
2015	68209

(Fuente propia)

**Proyección poblacional =  $(Po * r) + Po$**

**Proyección poblacional =  $(49480 * 0.025) + 49480$**

(hasta 2013)

Donde:

Po = Población actual (último censo registrado)

r = tasa de crecimiento

Al aplicar las ecuaciones de proyección poblacional de acuerdo con SEGEPLAN (2007). Se obtuvieron los resultados del cuadro 8. De acuerdo con esto se evidencia que la población para el año 2013 se proyecta en 64,922 habitantes.

#### **Cálculo del caudal medio de agua**

Con la proyección poblacional generada para el año 2013 según el cuadro 3 aplicada a la fórmula de demanda media de agua se obtiene:

- $Q_m = (P_o * \text{dotación}) / 86,400 = \text{l/s [litros por segundo]}$
- $Q_m = (64922 * 200) / 86,400 = \text{l/s [litros por segundo]}$
- $Q_m = 150.28 \text{ l/s}$

Donde:

$Q_m$  = caudal medio en litros por segundo

$P_o$  = Población actual

86,400 = factor para convertir el tiempo de día en segundos.

Este resultado muestra que para el año 2013 hay una demanda media de ciento cincuenta litros por segundo. El departamento de agua de la municipalidad vende el servicio en términos de media paja equivalente a treinta mil litros mensuales con un cobro de doce quetzales al mes y paja completa de sesenta mil litros mensuales, con un cobro de veinticuatro quetzales al mes. Actualmente predomina el servicio de media paja y en el departamento de agua lo estiman para una familia de cinco personas con una dotación aproximada de 200 litros habitante día durante un mes. Según el plan de desarrollo municipal 2011 - 2025 de Santa Lucía Cotzumalguapa en el área urbana se refleja un promedio de 4.72 personas por local de habitación. Para el año 2025 asumiendo una persistencia de cinco personas por familia utilizando el servicio de media paja de agua, la demanda aproximada a considerar según la proyección poblacional, sería de:

- $Q_m = (P_o * \text{dotación}) / 86,400 = \text{l/s [litros por Segundo]}$
- $Q_m = (87313 * 200) / 86,400 = \text{l/s [litros por Segundo]}$
- $Q_m = 202.11 \text{ l/s}$

La proyección generada indica un aumento en la demanda de cincuenta litros más de agua por segundo del año 2013 al año 2025.

### **Balance**

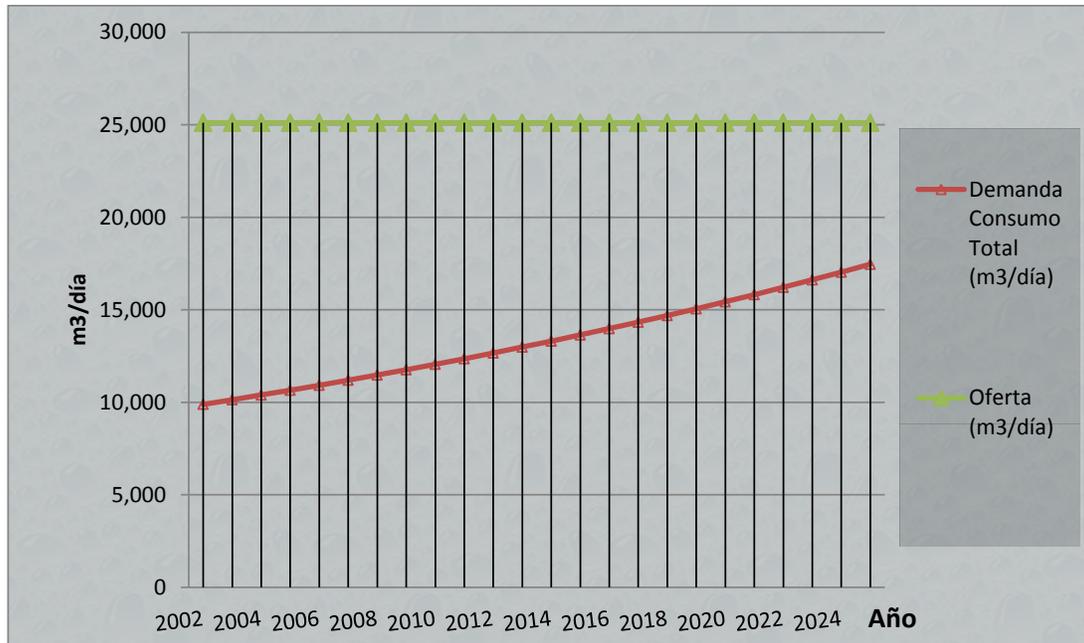
Finalizada la fase de trabajo y la observación de campo para recopilar los datos necesarios para generar el balance, se procedió a la elaboración de la oferta y demanda según la metodología de la SEGEPLAN. Este se muestra a continuación en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Balance Hídrico Sistema de Distribución de Agua Potable del Casco Urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa.

No	año	Población (No. Hab)	Dotación Consumo (m <sup>3</sup> /hab/día)	Demanda Consumo Total (m <sup>3</sup> /día)	Oferta (m <sup>3</sup> /día)	Exceso/Déficit (m <sup>3</sup> /día)
1	2002	49480	0.2	9,896	25,115	15,219
2	2003	50717	0.2	10,143	25,115	14,972
3	2004	51985	0.2	10,397	25,115	14,718
4	2005	53285	0.2	10,657	25,115	14,458
5	2006	54617	0.2	10,923	25,115	14,192
6	2007	55982	0.2	11,196	25,115	13,919
7	2008	57382	0.2	11,476	25,115	13,639
8	2009	58816	0.2	11,763	25,115	13,352
9	2010	60287	0.2	12,057	25,115	13,058
10	2011	61794	0.2	12,359	25,115	12,757
11	2012	63339	0.2	12,668	25,115	12,448
12	2013	64922	0.2	12,984	25,115	12,131
13	2014	66545	0.2	13,309	25,115	11,806
14	2015	68209	0.2	13,642	25,115	11,474
15	2016	69914	0.2	13,983	25,115	11,133
16	2017	71662	0.2	14,332	25,115	10,783
17	2018	73453	0.2	14,691	25,115	10,425
18	2019	75290	0.2	15,058	25,115	10,057
19	2020	77172	0.2	15,434	25,115	9,681
20	2021	79101	0.2	15,820	25,115	9,295
21	2022	81079	0.2	16,216	25,115	8,900
22	2023	83106	0.2	16,621	25,115	8,494
23	2024	85183	0.2	17,037	25,115	8,079
24	2025	87313	0.2	17,463	25,115	7,653

(Fuente propia)

Es preciso destacar que este resultado es teórico y la realidad de la densidad poblacional y de tipo de usuarios puede ser totalmente distinta a la teórica sin embargo esto proporciona una idea de la posible población a la que se atiende actualmente y a la que tendrá que hacer frente el gobierno municipal con la demanda de agua potable en un plazo no mayor a 20 años.



**Figura 14.** Balance entre la oferta y demanda de agua (Fuente propia)

Como se observa en la figura 14, el resultado muestra una demanda por debajo de la oferta, esto parece anormal y contradictorio, debido a que en las observaciones en campo la realidad es otra. Los tanques se manejan por horarios, se sectoriza el casco urbano y se raciona el agua por día y por turno en los sectores de la red alta y red baja. Sin embargo, esto se presenta como un escenario ideal en donde los usuarios son solo domiciliarios con un consumo muy alejado de lo desmedido. En este balance entre la oferta y demanda no se presentan usuarios como mercados, rastros, escuelas, hoteles, restaurantes, hospitales, centros de salud, comercio, industria entre otros debido a que no se ha generado un censo general de usuarios ni mucho menos, un censo por tipo de usuario, por lo tanto, no se tienen datos puntuales del número de usuarios y del nivel de consumo. De ello surgen preguntas como ¿Qué sucede con el resto del agua?, ¿Quién la está consumiendo o es probable que se esté perdiendo?

Fontaneros del departamento de agua indican que por actividades de monitoreo o reparaciones de fugas, han tenido la oportunidad en algunas ocasiones de entrar a las casas de usuarios y en algunos casos fue posible observar falta de conciencia del uso adecuado del agua en labores del hogar, es probable que algún porcentaje

de la población no utilice el agua de forma adecuada y no le dé el valor que realmente representa.

Transitando por algunos sectores se observa topografía irregular en calles, con pendientes muy pronunciadas en donde el flujo del agua se puede volver irregular si la presión de la columna de agua no es la adecuada. Es posible que la topografía influya hasta cierto punto el flujo del transporte de agua en algunos sectores. Del lado de la gestión administrativa es probable que existan conexiones ilegales de las cuales no se ha realizado un censo actualizado para detectarlas por lo que no se tiene un dato o número específico de conexiones no registradas por lo que se puede pensar en que un porcentaje del caudal que se oferta, no esté siendo controlado.

A esto se le suma los tapones en tubería que pueden dejar sin agua a áreas considerables de cualquier sector, más las fugas internas en infraestructura que no pueden ser detectadas en el momento debido al ancho considerable del pavimento de las calles y la profundidad a la que se encuentra enterrada la tubería. Se han detectado y reparado fugas por hundimientos en el pavimento, debido a que el agua socaba el área y también porque en tubería poco profunda por algunas ranuras el agua pasa el pavimento viejo hacia la superficie. Es factible pensar que en el casco urbano incluyendo las casas de los usuarios existan fugas que aún no se han detectado e influya en la pérdida de agua y pérdida de presión en la red de tubería general. El uso inadecuado del agua y la dificultad de controlar infraestructura interna en el casco urbano no propicia a encaminar la gestión integrada de recursos hídricos.

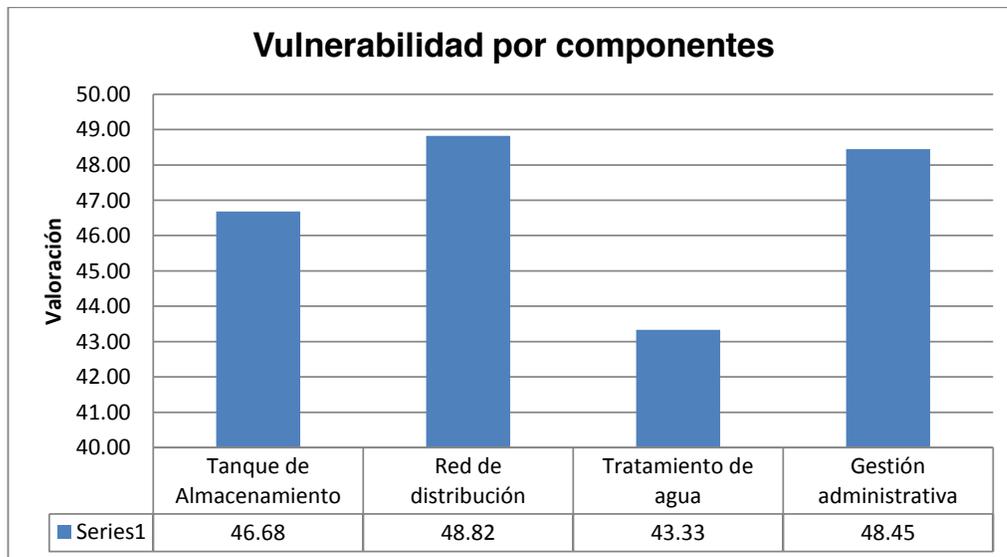
**5.1.3 Vulnerabilidad de los sistemas hídricos para consumo humano, metodología de tesis de maestría CATIE. Sistema de distribución de agua potable de Santa Lucía Cotzumalguapa.**

La evaluación del sistema de distribución de agua potable del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa presentó una vulnerabilidad media con un 46.82%. Para este caso, cuatro componentes evaluados presentan resultados similares que oscilan entre el 46 y 48%. Esto significa que estos componentes tienen una vulnerabilidad media (Cuadro 10 y Figura 15) según la metodología (Cuadro 2). Esta evaluación fue contestada por 15 fontaneros del departamento de agua de la municipalidad que diariamente laboran en cada componente evaluado.

**Cuadro 10.** Vulnerabilidad del sistema de distribución de agua potable del casco urbano de Santa Lucía Cotz. Numero de evaluadores = 15

Componente	Vulnerabilidad (%)	Caracterización de La Vulnerabilidad
Tanque de Almacenamiento	46.68	media
Red de distribución	48.82	media
Tratamiento de agua	43.33	media
Gestión administrativa	48.45	media
Total	46.82	media

(Fuente propia)



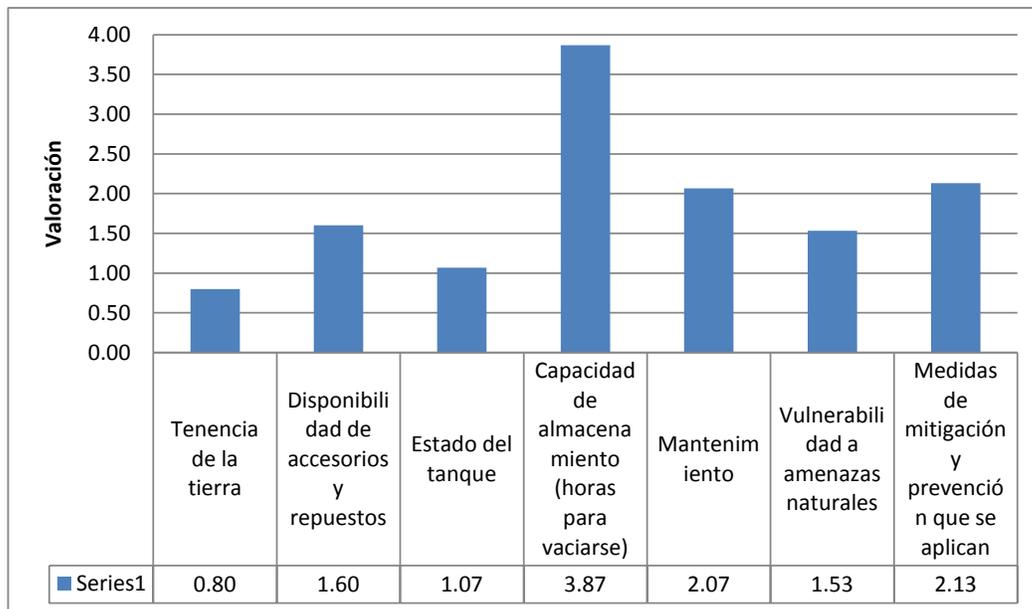
**Figura 15.** Vulnerabilidad general por componentes (Fuente propia).

Tal y como se mencionó en el apartado de la metodología en la sección de análisis de la vulnerabilidad de sistemas de distribución de agua, mientras más cercano a cuatro este un valor, tendrá un grado mayor de vulnerabilidad, mientras más cercano a cero, tendrá vulnerabilidad baja o tendrá problemas mínimos.

A continuación se analiza la vulnerabilidad de cada componente del sistema de distribución de agua del casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.

### Componentes Tanque de almacenamiento

Como se observa en la figura 16, el componente “tanque de almacenamiento” evalúa siete indicadores de los cuales el indicador capacidad de almacenamiento (horas para vaciarse) es el que sobresale por su valor cercano a cuatro, esto se explica por el hecho de que los resultados muestran que en campo, el servicio no es continuo y los tanques no tardan más de cinco horas para vaciarse, sin explicarse de forma puntual el alto consumo. Esto puede observarse también en el componente balance entre la oferta y la demanda hídrica de esta misma sección de resultados en donde se detalla el comportamiento y operación de los tanques de almacenamiento.

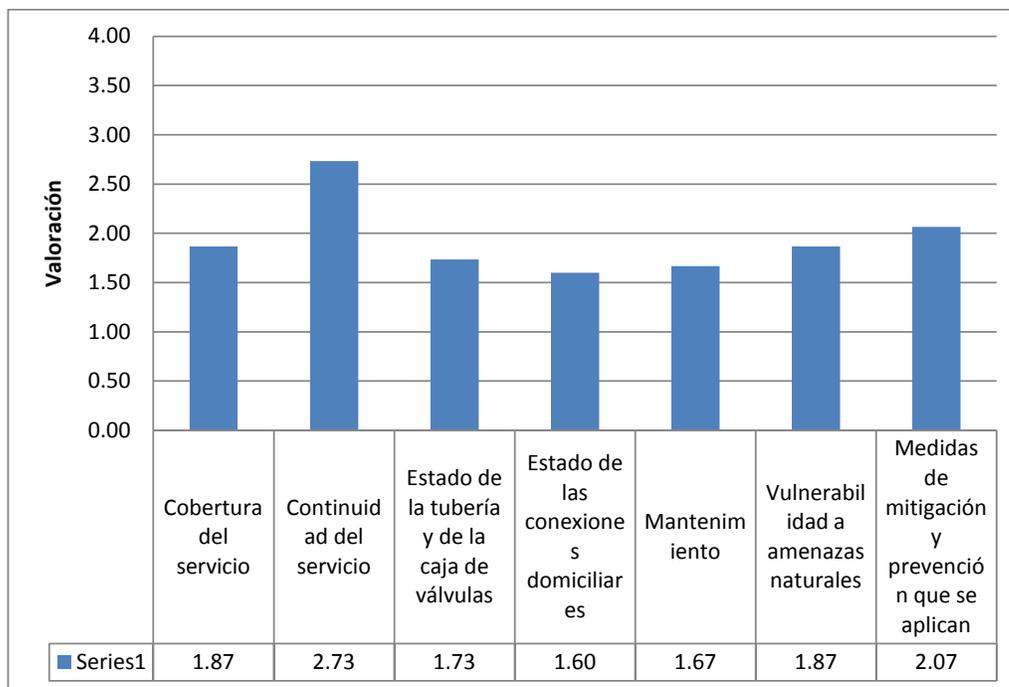


**Figura 16.** Valoración por indicadores, tanque de almacenamiento (Fuente propia).

Le sigue el mantenimiento con un valor ligeramente pasado de dos caracterizado como una vulnerabilidad moderada, esta situación también se observó en campo en el tanque del predio municipal en donde se reparo una válvula de salida debido a que la compuerta estaba quebrada y se tuvo que cambiar por completo. La práctica más común es aprovechar las fallas para hacer mantenimiento y no hacer mantenimiento para prevenir las fallas. Esto implica que las operaciones de mantenimiento deben ser sujetas a leves mejoras técnicas para disminuir esta debilidad. Por último sobresalen las medidas de mitigación y prevención que se aplican para acciones rápidas y puntuales ante imprevistos y amenazas de cualquier tipo que puedan dañar la infraestructura de los tanques.

### **Red de distribución**

En la figura 17 se observan los resultados obtenidos para el componente red de distribución, este componente evalúa la malla o red de tuberías proveniente de los tanques hacia las conexiones domiciliarias incluyéndolas. Evalúa siete indicadores y sobresale de los siete la continuidad del servicio. Al igual en los tanques de almacenamiento, esta información se relaciona con la oferta y demanda hídrica en donde se menciona que el servicio se raciona por hora, por turno ó por sector dependiendo si es en la red alta o si es en la red baja. Luego aparece la vulnerabilidad a amenazas naturales y medidas de mitigación y prevención sin embargo por prioridades de atención y compromiso de proveer el servicio de agua potable a la población las mejoras pueden ir dirigidas previo, a la cobertura del servicio y al estado de la tubería y caja de válvulas.



**Figura 17.** Valoración por indicadores, red de distribución (Fuente propia).

### Tratamiento del agua

La evaluación de este componente fue subjetiva, aunque es parte intrínseca de un sistema de distribución de agua potable. A pesar de lo subjetivo o de la percepción personal de los evaluadores, en la figura 18 se observa que los valores para este componente son bajos pero pueden ser mejores, ninguno pasó de tres y tienen una caracterización de vulnerabilidad moderada. Sin embargo sobresale uno entre los tres indicadores que es el porcentaje de la población que consume agua tratada siendo uno de los factores a mejorar por parte de las autoridades municipales.

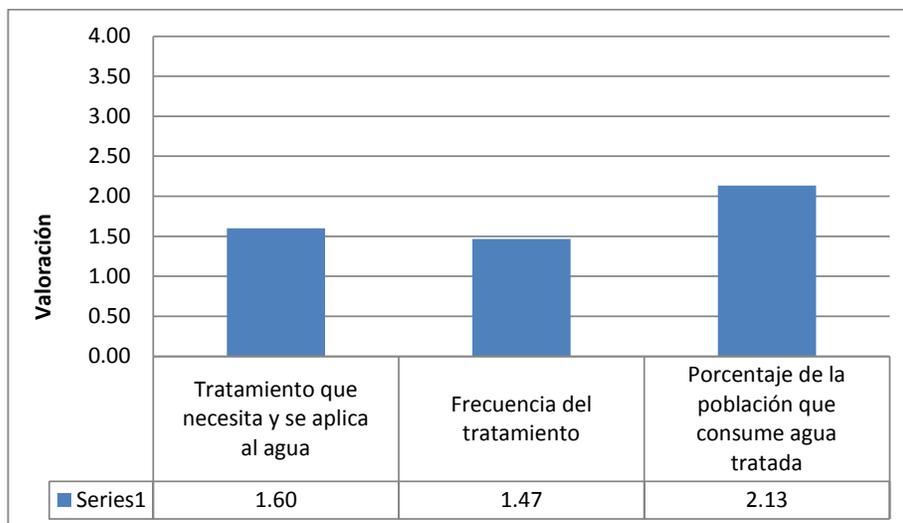
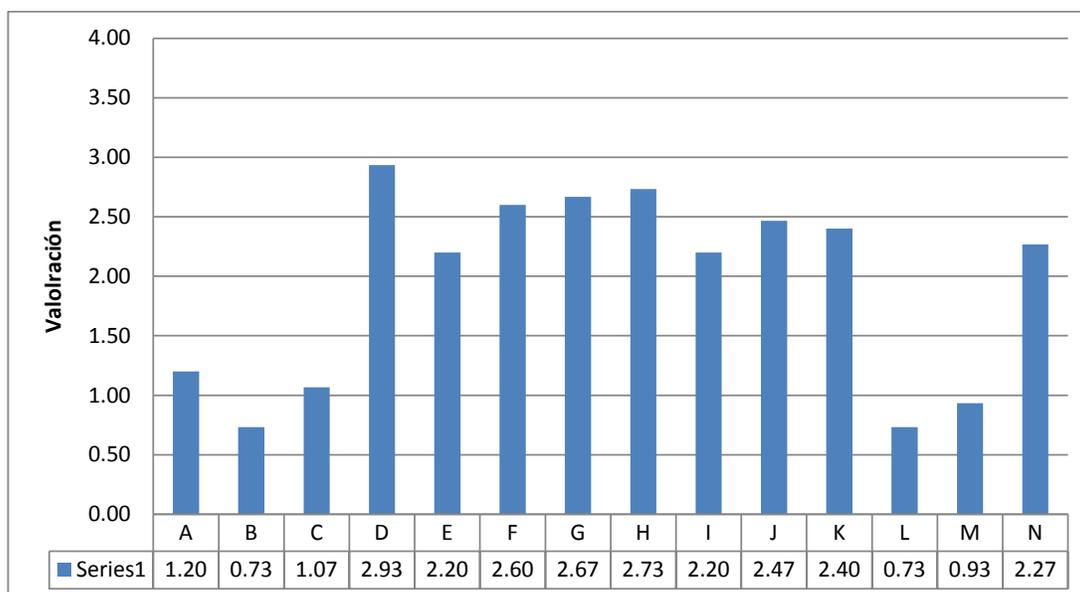


Figura 18. Valoración por indicadores, tratamiento del agua (Fuente propia).

### Gestión administrativa

Para la gestión administrativa se observa un indicador con una valoración casi de tres con vulnerabilidad moderada según la figura 19. Aunque son temas de integración y gestión, se deben analizar con intenciones de mejoras. En operación y funcionamiento administrativo se observan ocho indicadores con vulnerabilidad moderada y deben ser atendidos según la prioridad y la influencia que ejerce cada indicador en la gestión administrativa. Por ejemplo las capacitaciones son fundamentales dentro de una empresa pero no son constantes dentro del departamento de agua, estas inciden en mejorar el conocimiento técnico y complementan la experiencia práctica sin embargo las mejoras puntuales también serán subjetivas para cada persona y será necesario un análisis para determinar el orden de importancia para tomar acciones en cada uno de los componentes con valores altos.



**Figura 19.** Valoración por indicadores, gestión administrativa (Fuente propia).

Donde:

- A. Organización que administra el recurso hídrico
- B. Nivel de avance de la organización para la constitución con personería jurídica
- C. Reglamento interno de la organización
- D. Equidad de género en la integración, participación y toma de decisiones en la organización
- E. Funciones de la organización de agua
- F. Capacitación de las organizaciones
- G. Frecuencia de reuniones de la organización y grado de participación
- H. Cobertura de la micro medición (medidores de agua)
- I. Tarifas de cobro
- J. Porcentaje de morosidad en el pago
- K. Porcentaje de conexiones ilegales
- L. Fontanero capacitado y a tiempo completo
- M. Disponibilidad de herramientas, equipo y materiales
- N. Manejo y gestión de fondos económicos.

## VI. CONCLUSIONES

1. El sistema de distribución de agua potable no cuenta con estudios hidráulicos, ambientales y sociales que aporten información para mejorar el funcionamiento y la eficiencia.
2. La generación de los mapas básicos de la red de distribución de agua potable refleja el proceso de distribución del recurso hídrico en el casco urbano así como la infraestructura utilizada.
3. Tanto en la red alta como en la red baja se observa una variabilidad de tamaño en los sectores que en relación a la densidad de población que cada uno puede tener afecta en la eficiencia de distribución.
4. No existe una caracterización de usuarios por lo que no se sabe qué tipo de usuarios utilizan el agua, el tipo de uso y la cantidad diaria.
5. El balance entre la oferta y la demanda hídrica generado es teórico y abierto a mejoras, los resultados son contradictorios a la realidad debido a que como se mencionó en la conclusión anterior aún no se cuentan con ciertos datos puntuales.
6. La gestión administrativa y la infraestructura de abastecimiento necesitan mejoras en componentes puntuales como eficiencia en horas de servicio y constancia en el mantenimiento, en el caso de la gestión administrativa las mejoras se requieren en capacitación, reuniones entre el personal y disminución del porcentaje de morosidad en usuarios.
7. Debido a que la población actual no es la misma que hace diez años, es posible que el diámetro de tubería este resintiéndose ese cambio en la densidad poblacional haciendo necesario un estudio hidráulico para determinar la eficiencia en la distribución espacial actual de los diámetros de tubería.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un censo de usuarios y actualizar los registros para saber cuántos usuarios existen a la fecha, que tipo de usuarios hay y estimar la cantidad de agua que utilizan a diario.

Es necesario realizar un monitoreo para tratar de detectar todas las conexiones ilegales existentes que afectan en el control de la distribución del agua.

Dado que en esta investigación no se analizó a profundidad el estado actual de las zonas de recarga, fuentes de agua y calidad del agua, se recomienda que se planteen investigaciones enfocadas a determinar su estado actual y propuesta de manejo para protección del recurso hídrico y la cuenca.

Como buena práctica se recomienda realizar una bitácora o historial de los trabajos de reparación y mantenimiento que se realicen para mejorar el control en los sectores y generar información sobre que tan recurrentes se generan los problemas en cada sector.

Debido al crecimiento poblacional y a la variabilidad en los diámetros de tubería de la red de distribución, se recomienda que se realice un estudio hidráulico para determinar la eficiencia en la distribución espacial de los sectores y la eficiencia de trabajo con la densidad de población actual para establecer si en algunos lugares el diámetro de la tubería ya cumplió el periodo de diseño o necesita de mejoras.

Las autoevaluaciones y capacitaciones constantes son importantes en toda entidad que tiene como objetivo mejorar cada día por lo que es recomendable realizarlas periódicamente en el departamento de agua de la municipalidad para evaluar las

gestiones y mejorar en aspectos puntuales como normas de seguridad personal, desempeño laboral, ambiente, liderazgo entre otras.

Se recomienda realizar un análisis integral de la vulnerabilidad de todo el sistema de distribución de agua potable para determinar la situación actual generar información base del sistema de distribución y determinar áreas en donde necesite mejoras.

De forma general, los nuevos proyectos de mejora y ampliación que requiera el sistema de distribución de agua potable deben de analizarse como procesos intrínsecos al manejo integrado de cuencas y la gestión integrada de recursos hídricos para mantener la sostenibilidad del recurso en el presente y en el futuro por lo que la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa a través del departamento de agua y todas las instituciones involucradas en el desarrollo del municipio deben perfilarse como líderes que promuevan la creación de un modelo de gestión integrada de recursos hídricos que fortalezca las debilidades actuales que se presentan específicamente en el casco urbano con la falta de agua y en la cuenca en general.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Mundial para el Agua. (2010). Experiencias de Agua potable y saneamiento con enfoque de Gestión Integrada de recursos Hídricos en Guatemala. Editorial IDEAS Litográficas. Tegucigalpa Honduras. Consultado el 5 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.alianzaporelagua.org/documentos/GIRH-Guatemala.pdf>

COGUANOR. (2000). Norma Guatemalteca Obligatoria, Agua Potable. Ministerio de Economía, Guatemala. Consultado el 17 de febrero de 2013. Disponible en: [http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/legislacion/COGUANOR\\_agua%20potable.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/legislacion/COGUANOR_agua%20potable.pdf)

Gabinete del Agua Guatemala. (2008). Plan Nacional de Servicios Públicos de Agua Potable y Saneamiento para el Desarrollo Humano. Dirección de Recursos Hídricos SEGEPLAN. Guatemala.

Gálvez, A. Suarez G. (2010). Informe Poblacional de Guatemala 2010. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala. Consultado 17 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.sia.marn.gob.gt/Documentos/InformacionPoblacional.pdf>

García, A. Estrada, E. Hernández, E. y Guzmán, G. (2012). Caracterización de la Cuenca del Río Cristóbal, Chimaltenango y Escuintla, Guatemala, C.A., Modulo de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ICC (Instituto Privado de Cambio Climático). (2012). Organigrama Institucional. Consultado 17 de febrero de 2013. Disponible en: <http://www.icc.org.gt/?PAGE=2>

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2001). Cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Ginebra, Suiza, IPPCC. Reporte

del grupo de trabajo II. Consultado el 9 de abril de 2013. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2007). *Climate change 2007: Impactos, Adaptación y vulnerabilidad, sumario técnico*, Reporte del grupo de trabajo número 2. Consultado el 9 de abril de 2013. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

Jiménez, F. (2005). *Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales*. CATIE Recursos, Ciencia y decisión. No.2. Consultado 17 de febrero de 2013. Disponible en: [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/2\\_Cuencas\\_Hidrograficas.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/2_Cuencas_Hidrograficas.pdf)

Lentini, E. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Naciones Unidas, Comisión Económica para América latina y el Caribe, Santiago de Chile. Consultado el 5 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.giz-cepal.cl/files/lcw0335s.pdf>

Mendoza, M. (2008). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán, Honduras*. Tesis Magister Scientiae en Manejo Integrado de cuencas Hidrográficas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102p.

Mérida, V. (2010). *Generación de Información Técnico-Científica para la Reducción de Riesgos en los Procesos de Planificación Municipal. Situación del Agua Potable y Alcantarillado en los 12 Municipios Seleccionados. Primer Informe*, Guatemala.

MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social). (2011). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para*

consumo humano. Gobierno de Guatemala. Guatemala. Consultado el 6 de marzo de 2013. Disponible en: [http://mispas.gob.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=467&Itemid=217](http://mispas.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=467&Itemid=217)

SEGEPLAN. (2011). Planificación y Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Consultado el 17 de febrero de 2013. Descargado en:

[http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&task=category&id=94:santa-lucia-cotzumalguapa&Itemid=333&opc=2&opc=1](http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=94:santa-lucia-cotzumalguapa&Itemid=333&opc=2&opc=1)

SEGEPLAN. (2010). Tercer informe de avances en el cumplimiento de los Objetivos del desarrollo del milenio. Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Guatemala Consultado el 9 de abril de 2013. Disponible en:

<http://www.segeplan.gob.gt/downloads/ODM/III%20informe/ODM7.pdf>

SEGEPLAN. (2007). Guía Metodológica, Formulación y evaluación de proyectos de agua potable y saneamiento, Estudio de factibilidad y diseño final. Sistema Nacional de Inversión Pública. Guatemala.

SEGEPLAN. (2011). Planificación y Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Consultado el 17 de febrero de 2013. Descargado en:

[http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&task=category&id=94:santa-lucia-cotzumalguapa&Itemid=333&opc=2&opc=1](http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=94:santa-lucia-cotzumalguapa&Itemid=333&opc=2&opc=1)

Suarez G. (2011) Cuencas Hidrográficas de Guatemala. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala. Consultado el 19 de septiembre de 2013. Descargado en: <http://www.sia.marn.gob.gt/Documentos/Cuencashidrograficas.pdf>

GWP (Asociación Mundial para el Agua). (2000). Manejo integrado de recursos hídricos. Tac Background Papers No. 4. Estocolmo, Suecia, GWP-TAC.

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Trabajo de Campo



**Figura 20.** Tanque del predio municipal.



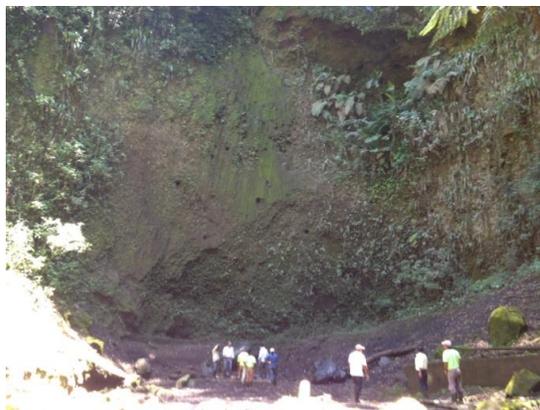
**Figura 21.** Tanque del predio San Judas.



**Figura 22.** Detección de fugas en colonias aledañas.



**Figura 23.** Reunión comunitaria para analizar la problemática del agua. Lado izquierdo comunidad afectada, lado derecho corporación municipal.



**Figura 24.** Monitoreo en los nacimientos de agua. Lado izquierdo nacimiento 1, lado derecho nacimiento 2.

Anexo 2. Válvulas de la red de distribución de agua potable.

**Cuadro 11.** Válvulas primarias red alta.

<b>val_num</b>	<b>categoría</b>	<b>Diámetro pulgadas</b>	<b>Ubicación</b>
1	principal	6	1ra calle Colonia las Delicias
2	principal	6	8va calle Colonia las Delicias
3	principal	6	Vuelta los cañeros
4	principal	6	Vuelta los cañeros-calle la ponderosa
5	principal	4	5ta calle el Bilbao
6	primaria	4	Calle ancha
7	principal	2	Calle Pantaleoncito
8	principal	6	11va de las Delicias
9	principal	2	Colonia la bolsa
10	principal	6	Colonia Eben Ezer
11	principal	3	Colonia Paraíso 1
12	principal	6	Callejón Ruano
13	principal	2	Calle el Jordán
14	principal	4	Calle el Jordán
15	principal	2	Colonia Paraíso 2
16	principal	2	Colonia 8 de febrero
17	principal	2	Colonia 8 de febrero-Mesías

(Fuente propia)

**Cuadro 12.** Válvulas secundaria red alta.

<b>val_num</b>	<b>categoría</b>	<b>Diámetro pulgadas</b>	<b>ubicación</b>
1.1	secundaria	2	2da calle Colonia las Delicias
1.2	secundaria	2	3ra calle Colonia las Delicias
1.3	secundaria	3	4ta calle Colonia las Delicias
1.4	secundaria	4	5ta calle Colonia las Delicias
1.5	secundaria	5	6ta calle Colonia las Delicias
1.6	secundaria	6	7ma calle Colonia las Delicias

(Fuente propia)

**Cuadro 13.** Válvulas primarias red baja.

<b>val_num</b>	<b>cat_</b>	<b>Diámetro pulgadas</b>	<b>ubica_</b>
1	principal	2	Colonia 8 de febrero
2	principal	2	Colonia 8 de febrero
3	principal	2	Colonia el Relicario
4	principal	2	Colonia el Relicario
5	principal	2	Cantón Las Animas
6	primaria	2	Carretera a la Unión
7	principal	2	Escuela Carretera a la Unión
8	principal	2	Colonia San Martin
9	principal	2	El Pedregal
10	principal	2	Villa Ángeles
11	principal	2	La Libertad
12	principal	2	Callejón Callejas
13	principal	2	Callejón Callejas
14	principal	2	Cantón el Bosque
15	principal	2	Cantón el Bosque

(Fuente propia)

**Cuadro 14.** Válvulas secundarias red baja.

<b>val_num</b>	<b>categoría</b>	<b>Diámetro pulgadas</b>	<b>ubicación</b>
3.1	Secundaria	2	Carretera Aldea las Joyas
3.2	Secundaria	2	Carretera Aldea las Joyas
3.3	Secundaria	2	Carretera Aldea las Joyas
3.4	Secundaria	2	Carretera Aldea las Joyas
4.1	Secundaria	2	Colonia Villa Ángeles
5.1	Secundaria	2	Colonia la Libertad
7.1	Secundaria	2	Entrada Cantón el Bosque

(Fuente propia)

### Anexo 3. Componentes para evaluación.

**Cuadro 15. Estándar de evaluación para el componente E: tanque de almacenamiento.**

INDICADOR	CARACTERIZACIÓN	INDICE
E.1 Tenencia de la tierra	Propiedad de la organización que administra o presta el servicio de agua para consumo humano	0
	Propiedad del estado	1
	Propiedad ejidal o comunal que corresponde a los usuarios	2
E.2 Disponibilidad de accesorios y repuestos	Propiedad privada sin conflictos	3
	Propiedad privada con presencia de conflictos	4
	Tiene todos los accesorios y repuestos (válvulas, flotadores, etc.) necesarios en buen estado y repuestos en cantidad suficiente	0
	Tiene todos o casi todos los accesorios (válvulas de aire, válvulas de descarga, caja rompe-presión, etc.) en buen estado y la cantidad de repuestos es suficiente para los requerimientos típicos	1
E.3 Estado del tanque	Tiene algunos accesorios (válvulas de aire, válvulas de descarga, caja rompe-presión, etc.), sin embargo, no todos están en buen estado; y la cantidad o stock de repuestos no es suficiente para las necesidades típicas	2
	Tiene muy pocos accesorios (válvulas de aire, válvulas de descarga, caja rompe-presión, etc.) y además, pocos son los que se encuentran en buen estado; y la cantidad de repuestos es insuficiente para necesidades típicas	3
	No cuenta con ellos	4
	Muy bueno (no presenta ningún problema, materiales de construcción sólidos y de muy buena calidad, con muy buena protección a daños)	0
E.4 Capacidad de almacenamiento para vaciarse)	Bueno (problemas muy leves, materiales de construcción de buena calidad, con protección a daños)	1
	Regular (algunos problemas, materiales de construcción de buena calidad, con protección a daños)	2
	Malo (bastantes problemas, materiales de construcción de regular a buena calidad, poca a regular calidad de protección a daños)	3
	Muy malo (muchos problemas, materiales de construcción de baja o regular calidad, sin o con poca protección a daños)	4
E.5 Mantenimiento	Más de 24 horas	0
	24 horas	1
	20 a 24 horas	2
	15 a 20 horas	3
E.6 Vulnerabilidad a amenazas naturales	Menos de 15 horas	4
	Muy frecuente (cada mes), de tipo preventivo y/o correctivo, y con personal capacitado	0
	Frecuente (cada 2 meses), de tipo preventivo y/o correctivo, con personal con capacitación mínima a buena	1
	Poco frecuente (cada 3 a 4 meses), de tipo preventivo y correctivo y con personal con capacitación mínima a regular	2
E.7 Medidas de mitigación y prevención que se aplican	Poco frecuente (cada 5 a 12 meses), principalmente de tipo correctivo y con personal con mínima o poca capacitación	3
	Muy poco frecuente (mayor de cada 12 meses) o no existe mantenimiento	4
	Nula	0
	Baja	1
(Mendoza, 2008).	Moderada	2
	Alta	3
	Muy alta	4
	En el diseño e instalación se contemplaron las medidas necesarias para reducir el riesgo a las amenazas	0
(Mendoza, 2008).	Se están ejecutando actividades de mitigación y prevención	1
	Se han realizado estudios para determinar a qué amenazas está expuesta la zona y se han propuesto las medidas de mitigación y prevención	2
	Se tienen planes de hacer estudios para poder diseñar un plan de acción	3
	No se tiene un plan de medidas de mitigación y prevención	4

**Cuadro 16. Estándar para el componente F: red de distribución.**

	95 a 100%	0
	90 a 95%	1
<b>F.1</b> Cobertura del servicio	80 a 90%	2
	70 a 80%	3
	Menor del 70%	4
<b>F.2</b> Continuidad del servicio	Sin interrupciones o muy esporádicas (cada 60 días o más y generalmente menores de 5 horas cada vez)	0
	Interrupciones poco frecuentes (entre cada 30 y 60 días y generalmente menores de 5 horas cada vez)	1
	Interrupciones frecuentes (entre cada 10 y 30 días y cerca de la mitad de las veces mayor de 5 horas)	2
	Interrupciones bastantes frecuentes (entre cada 3 a 10 días y generalmente de más de 5 horas cada vez)	3
	Interrupciones muy frecuentes (cada tres días o menos y de más de 5 horas cada vez)	4
<b>F.3</b> Estado de la tubería y de la caja de válvulas	Excelente (la tubería se instaló adecuadamente, se encuentra soterrada y las partes expuestas son tubos de HG (hierro galvanizado), no se presentan fugas; las cajas de válvulas se encuentran en buen estado y funcionan bien)	1
	Buena (la tubería se encuentra soterrada y no se presentan fugas, las cajas de válvulas se encuentran en estado regular o bueno y funcionan entre bien y muy bien)	2
	Malo (tubería expuesta y con presencia de fugas constantes, las cajas de válvulas se encuentran descubiertas y funcionan entre regular y bien)	3
	Muy malo (envejecimiento de la tubería, deficiencias en la instalación, tubería de materiales poco resistentes y se encuentra expuesta, presencia de fugas; las cajas de válvulas funcionan entre mal y regular)	4
<b>F.4</b> Estado de las conexiones domiciliarias	Excelente (la conexión se instaló adecuadamente, se cuenta con llave y no se presentan fugas, materiales de buena calidad, conexiones protegidas)	0
	Buena (se cuenta con llaves, las fugas son esporádicas, materiales de buena calidad, conexiones bastante protegidas)	1
	Regular (se cuenta con llave pero se presentan fugas frecuentes, materiales de regular a buena calidad, conexiones medianamente protegidas)	2
	Malo (no se cuenta con llaves, hay bastantes fugas y muy frecuentes o casi constantes, materiales de baja a regular calidad, conexiones poco protegidas)	3
	Muy malo (la conexión se instaló con fallas, no hay llaves, muchas fugas y casi permanentes, materiales de baja calidad, conexiones desprotegidas)	4
<b>F.5</b> Mantenimiento	Muy frecuente (cada semana), de tipo preventivo y correctivo, y con personal capacitado	0
	Frecuente (cada 2 semanas), de tipo preventivo y/o correctivo, con personal con capacitación mínima a buena.	1
	Poco frecuente (cada 3 a 4 semanas), de tipo preventivo y correctivo y con personal con capacitación mínima a regular.	2
	Poco frecuente (cada 5 a 12 semanas), principalmente de tipo correctivo y con personal con mínima o poca capacitación	3
	Muy poco frecuente (mayor de cada 12 semanas) o no existe mantenimiento	4
<b>F.6</b> Vulnerabilidad a amenazas naturales (avalanchas, huracanes, inundaciones, sismos, deslizamientos, etc).	Nula	0
	Baja	1
	Moderada	2
	Alta	3
	Muy alta	4
<b>F.7</b> Medidas de mitigación y prevención que se aplican	En el diseño e instalación se contemplaron las medidas necesarias para reducir el riesgo a las amenazas	0
	Se están ejecutando actividades de mitigación y prevención	1
	Se han realizado estudios para determinar a qué amenazas está expuesta la zona y se han propuesto las medidas de mitigación y prevención	2
	Se tienen planes de hacer estudios para poder diseñar un plan de acción	3
	No se tiene un plan de medidas de mitigación y prevención	4

(Mendoza, 2008).

## Cuadro 17. Estándar para el componente G: tratamiento del agua.

INDICADOR	CARACTERIZACIÓN	INDICE
	No necesita tratamiento	0
<b>G.1</b> Tratamiento que necesita y se aplica al agua	El agua requiere solamente de cloración y existe clorador en buen estado y se aplica el tratamiento	1
	El agua requiere cloración, pero no siempre existe clorador o no está en muy buen estado o a veces no se aplica el tratamiento	2
	El agua requiere de tratamiento de cloración, pero no existe clorador o está en mal estado. Por lo que casi no se aplica el tratamiento	3
	El agua requiere de cloración pero no existe clorador (no se aplica el tratamiento), además el agua requiere de filtración o de otros tratamientos previos	4
	Cada vez que se requiere, o al menos en el 95%, según las recomendaciones	0
<b>G.2</b> Frecuencia del tratamiento	Entre el 90 y 95% de las veces que se requiere	1
	Entre el 80 y 90% de las veces que se requiere	2
	Entre el 70 y 80% de las veces que se requiere	3
	Menos del 70% de las veces que se requiere	4
	95 a 100%	0
<b>G.3</b> Porcentaje de la población que consume agua tratada	90 a 95%	1
	80 a 90%	2
	70 a 80%	3
	Menor del 70%	4

(Mendoza, 2008).

**Cuadro 18. Estándar para el componente J: gestión administrativa.**

INDICADOR	CARACTERIZACIÓN	INDICE
<b>J.1</b> Organización que administra el recurso hídrico para consumo humano	Nivel local	0
	Nivel municipal	1
	Nivel estatal	2
	Nivel regional	3
<b>J.2</b> Nivel de avance de la organización para la constitución con personería jurídica	Nivel nacional	4
	Ya se encuentra constituida con personería jurídica	0
	Se ha iniciado el proceso	1
<b>J.3</b> Replanteamiento interno de la organización	Se tiene interés en constituirse con personería jurídica, pero no se ha iniciado el proceso	2
	No se tiene interés en constituirse con personería jurídica	3
	Las organizaciones no tienen un respaldo legal para obtener la personería jurídica	4
	Tiene replanteamiento y se aplica	0
<b>J.4</b> Equidad de género en la integración, participación y toma de decisiones en la organización gestora del agua	Tiene replanteamiento pero no se aplica	1
	Esta en elaboración	2
	El replanteamiento es obsoleto y no es adecuado con la realidad	3
<b>J.5</b> Funciones de la organización de agua	No tiene	4
	Igualdad de oportunidades y de participación real de hombres y mujeres y está replanteado, más del 50% de los integrantes de directiva de la organización son mujeres.	0
	Existe bastante oportunidades de participación e integración de las mujeres en la directiva de la organización, al menos 50% de los integrantes son <sup>mujeres</sup>	1
	Existe regular oportunidad e interés de las mujeres en integrarse a la directiva de la organización, al menos 40% de los integrantes son mujeres.	2
<b>J.6</b> Capacitación de las organizaciones	No hay igualdad de oportunidades, solo los hombres integran la directiva de la organización	3
	No hay igualdad de oportunidades, mantenimiento, participación en la toma de decisiones, gestión, entre otras.	4
	Administración, operación, mantenimiento y participación en la toma de decisiones	0
	Administración, operación y mantenimiento	1
<b>J.7</b> Frecuencia de reuniones de la organización y grado de participación	Operación y mantenimiento	2
	Administración	3
	Se brinda capacitación sobre: organización, operación y mantenimiento, aspectos legales, desinfección del agua, microrruncas, procesos administrativos y formulación de proyectos	4
	Se brinda capacitación sobre tres temáticas	0
<b>J.8</b> Capacitación sobre dos temáticas	Se brinda capacitación sobre una temática	1
	No se capacita	2
	Cada 2 semanas o menos y participación de más del 90% de los integrantes	3
	Cada 2 a 4 semanas y participación de más del 75% de los integrantes	4
<b>J.9</b> Cada 4 a 8 semanas y/o participación generalmente de menos de 75% de los integrantes	Cada 4 a 8 semanas y/o participación de más del 75% de los integrantes	0
	Cada 8 a 12 semanas y/o participación generalmente de menos de 75% de los integrantes	1
	Más de cada 12 semanas (muy poca frecuencia) y/o generalmente participación de menos del 75% de los integrantes	2
	Más de cada 12 semanas (muy poca frecuencia) y/o generalmente participación de menos del 75% de los integrantes	3
<b>J.10</b> Más de cada 12 semanas (muy poca frecuencia) y/o generalmente participación de menos del 75% de los integrantes		4
		0
		1
		2

(Mendoza, 2008).

Continuación...

INDICADOR	CARACTERIZACIÓN	INDICE
	90 a 100%	0
<b>J.8</b> Cobertura de micromedición (medidores de agua)	80 a 90%	1
	70 a 80%	2
	60 a 70%	3
	Menor del 60%	4
<b>J.9</b> Tarifas de cobro	La tarifa de cobro permite un sistema autosustentable	0
	La tarifa de cobro cubre los gastos de operación y mantenimiento y además, cubre los gastos para la protección de la zona de recarga	1
	La tarifa de cobro cubre los gastos de operación y mantenimiento	2
	La tarifa de cobro es simbólica y no cubre los gastos de operación y mantenimiento	3
	La tarifa de cobro es nula	4
	0 a 5%	0
<b>J.10</b> Porcentaje de morosidad en el pago	5 a 10%	1
	10 a 15%	2
	15 a 20%	3
	Más del 20%	4
	0%	0
<b>J.11</b> Porcentaje de conexiones ilegales	1 al 5%	1
	5 al 10%	2
	10 al 15%	3
	Mayor del 15%	4
<b>J.12</b> Fontanero capacitado y a tiempo completo	Se tiene un fontanero de forma periódica y pagado	0
	Se tiene fontanero de acuerdo a las necesidades y pagado	1
	Se tiene fontanero de forma esporádica y con salario	2
	Se tiene fontanero pero sin salario	3
	No se tiene fontanero	4
<b>J.13</b> Disponibilidad de herramientas, equipo y materiales	Se cuenta con herramientas, equipo y materiales	0
	Se cuenta con todas las herramientas y equipo, pero se carece de materiales	1
	Se cuenta sólo con algunas herramientas y equipo	2
	Se cuenta con ellos, pero en mal estado	3
	No se cuenta con ellos	4
<b>J.14</b> Manejo y gestión de fondos económicos	Se tiene cuenta en el banco funcionando por más de un año	0
	Se tiene cuenta en el banco funcionando por menos de un año	1
	Se tiene una caja de ahorros	2
	Se tiene un fondo que maneja el tesoro de la organización	3
	No se tienen fondos económicos	4

(Mendoza, 2008).