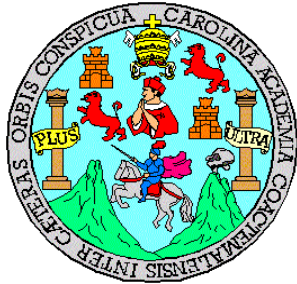


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**



**DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DE AGUA Y LETRINIZACIÓN,  
CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ESTUDIOS  
DE PREFACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE, EN EL  
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN  
MARCOS**

**Fernando Jesús Canastuj Ixcaquic**

**QUETZALTENANGO, ENERO DEL 2,009**

CON EL APOYO DE:



8va. Avenida A- 17, zona 1. Quetzaltenango, Guatemala  
Teléfono: (502) 77612306, Fax: (502) 77611079  
[serxela@cabledx.com](mailto:serxela@cabledx.com), [serxela1@cabledx.com](mailto:serxela1@cabledx.com)

## ÍNDICE GENERAL

### **CAPÍTULO I**

#### **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Alcances y límites.....	3
1.5 Unidad de análisis.....	4
1.6 Marco metodológico.....	4
1.7 Técnicas de investigación.....	5
1.8 Recursos a emplear.....	5

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO CONCEPTUAL**

2.1 Agua.....	7
2.2 Agua potable.....	7
2.3 Sistemas de abastecimiento de agua y sus componentes.....	7
2.4 Normas de diseño de agua potable.....	8
2.5 Análisis de agua.....	11

### **CAPÍTULO III**

#### **FASE DE INVESTIGACIÓN**

3.1 Monografía del municipio.....	19
3.2 Diagnóstico de necesidades de agua y letrinizaci3n.....	25

### **CAPÍTULO IV**

#### **SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

4.1 Caracterizaci3n de los sistemas de agua potable .....	36
4.2 Estudios de pre-factibilidad de proyectos de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatep3quez.....	51

<b>Conclusiones</b> .....	121
<b>Recomendaciones</b> .....	122
<b>Bibliograf3a</b> .....	123
Ap3ndice .....	124

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural necesario para vivir, constituye un derecho humano para hombres y mujeres el poder gozar del vital líquido, bajo esta premisa, es necesario tener información diversa y de primera mano, sobre este recurso natural. Por tal razón, este estudio contiene datos e informaciones sobre el estado actual de los diferentes sistemas de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, así como, el manejo y operación, la calidad técnica en construcción y calidad del agua, con la que cuenta dicho municipio.

Los aspectos relevantes a tomar en cuenta para saber las necesidades de agua y letrinización de cada una de las comunidades que se encuentran en el municipio son:

- El acceso a los sistemas de abastecimiento de agua,
- la calidad del agua,
- la cantidad de sistemas existentes en el municipio y el censo de cobertura de los mismos, para determinar la calidad de la administración entre los habitantes,
- La calidad del sistema en su ejecución para visualizar si cumple con las especificaciones técnicas.

Conocer cada uno de estos aspectos servirá para una caracterización detallada de cada uno de los sistemas de agua existentes, en el municipio, que sirvan para mostrar la situación real del municipio acerca de este recurso.

Es considerable tomar en cuenta que no toda la población que viven en este municipio, tienen acceso a un sistema de agua domiciliar, lo que indica un déficit de atención en este servicio, por lo general el área rural es el más afectado en cobertura, en donde no todas las familias poseen el servicio debido a varios factores, además se analizan los problemas técnicos que presentan los sistemas y que afectan a un eficiente servicio.

Complementado lo anterior, existen debilidades de los propios usuarios para administrar, operar y mantener sus sistemas de agua, lo que obstaculiza contar con un servicio en calidad y cantidad de agua de acuerdo a sus necesidades.

Las estructuras organizativas se encuentran débiles debido a la falta de acompañamiento institucional para su fortalecimiento, por ende las acciones que realizan en la búsqueda de soluciones son individualistas y de poco impacto.

Un factor importante que influye en la salud de los habitantes, es la deficiente calidad del servicio del agua que se consume, donde los análisis de agua, únicamente se practican al inicio de los proyectos, y en la mayoría de sistemas no hay preocupación por hacer análisis periódicos, incluso después de los desastres naturales, esta situación se presenta en el área rural solamente ya que en el área urbana se realizan análisis de agua cada año. Por ello, hay presencia de enfermedades gastrointestinales y de la piel, que, aunque son multi-causales, poseen una fuerte relación con el uso del agua y la contaminación de hogares y comunidades en general.

## **OBJETIVOS GENERALES**

- 1) Realizar el diagnóstico de agua y letrización del municipio de San Antonio Sacatepéquez, y contar con información útil para las autoridades municipales y población en general, para la toma de decisiones.
- 2) Realizar estudios de pre-factibilidad de proyectos de construcción de sistemas de agua domiciliar, en las cinco comunidades de estudio.
- 3) Analizar la calidad de agua de los sistemas de abastecimiento de agua domiciliar en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1) Obtener el porcentaje de cobertura del servicio de agua potable domiciliar, que actualmente tiene el municipio de San Antonio Sacatepéquez.
- 2) Verificar la calidad del agua que circula en los sistemas de abastecimiento de agua en el municipio de San Antonio Sacatepéquez
- 3) Identificar los factores técnicos, sociales y económicos, que han influido en la carencia de un buen servicio de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.
- 4) Verificar las condiciones de disposición de excretas por comunidad en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.

## GLOSARIO

<b>Acueducto</b>	Conducto artificial destinado al transporte de agua de un lugar a otro.
<b>Acuífero</b>	Son formaciones geológicas capaces de contener y permitir el movimiento del agua a través de sus poros.
<b>Amenaza</b>	La probabilidad de ocurrencia dentro de un tiempo y lugar determinado de un fenómeno natural o provocado por la actividad humana que se torna peligroso para las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas y para el medio ambiente.
<b>Análisis de vulnerabilidad</b>	Proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño o interrupción de edificaciones, instalaciones y sistemas, o de grupos humanos, y las medidas de emergencia y mitigación a tomarse ante las amenazas.
<b>Acueducto</b>	Conducto artificial destinado al transporte de agua de un lugar a otro.
<b>Componente</b>	Parte discreta del sistema capaz de operar independientemente, pero diseñado, construido y operado como parte integral del sistema. Ejemplos de componentes individuales son: pozos, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, presas, conducción, etc.
<b>Desastre natural</b>	Manifestación de un fenómeno natural que se presenta en un espacio y tiempo limitado y que causa trastornos en los patrones normales de vida, pérdidas humanas, materiales y económicas, debido a su impacto sobre poblaciones, edificaciones, instalaciones, sistemas y el medio ambiente.
<b>Fenómeno natural</b>	Manifestación de procesos naturales, ya sean atmosféricos geológicos, tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas y otros.

<b>Manto</b>	Formación o estructura geológica de rocas, grava y arena situada encima de una capa impermeable, que posee la capacidad de agua que fluye en su interior. Este flujo se produce entre los poros que se intercomunican, es de velocidad variable y obedece a las condiciones específicas de permeabilidad de cada tipo de formación. Los términos manto acuífero y depósito, estrato acuífero y acuífero son sinónimos.
<b>Medidas de mitigación</b>	Conjunto de acciones y obras a implementarse para reducir o eliminar el impacto de las amenazas, mediante la disminución de la vulnerabilidad de los Sistemas y sus componentes.
<b>Plan de prevención</b>	Conjunto de medidas y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y de los sistemas.
<b>Prevención</b>	Acciones de preparación para disminuir el impacto de las amenazas.
<b>Riesgo</b>	Es el número esperado de muertos, heridos, daños a la propiedad, interrupción de las actividades económicas, impacto social, debidos a un fenómeno natural o provocado por el hombre.
<b>Sistema de agua potable</b>	Conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los usuarios. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.
<b>Vulnerabilidad</b>	Es el grado de daños susceptible de experimentar por las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas, cuando estén expuestas a la ocurrencia de un fenómeno natural.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Antecedentes

A través de los tiempos las evaluaciones muestran que a menudo los sistemas de agua y saneamiento no funcionan o funcionan con deficiencia, esto se observa en las áreas urbanas, rurales e informales, perjudicando directamente la salud de los usuarios.

Guatemala, por ser uno de los países tercermundista o subdesarrollado, es aun mas notable la alta deficiencia en la construcción y administración de un sistema de agua y saneamiento, según investigaciones realizadas por entidades como, OMS, UNEPAR, INFOM, se ha determinado que aproximadamente el 70% de todos los sistemas existentes únicamente llegan a sostener un 85% del periodo de vida útil, esto se debe a varios factores como: el desinterés de las autoridades locales acerca de la normalización en la construcción y administración correcta de los recursos hídricos, ya que no se previenen aspectos como vulnerabilidad sísmica, contaminación, y la prevención ante los desastres naturales, que cada vez son más frecuentes debido al calentamiento global que conlleva la erosión del sistema terrestre.

La falta de recursos financieros al momento de ejecutar la construcción de un sistema de abastecimiento de agua y saneamiento, se convierte en un factor condicionante en su funcionamiento, debido a que por la escasez no se utilizan los componentes necesarios, que a la larga afecta la eficiencia de los mismos; pero esto no solo afecta a los sistemas, sino también a los usuarios, ya que mientras unas personas gozan del recurso en abundancia otros carecen de él, en forma extrema, aunque vivan en el mismo vecindario o comunidad, ésta es una muestra clara de la alta deficiencia en la administración del recurso.

La falta de claridad en la legislación acerca de este recurso y su aplicación, que en el medio casi es inexistente, permiten que dichos fenómenos sean vistos con más frecuencia en todos los niveles sociales del país.

Actualmente algunas de las organizaciones no gubernamentales (ONG) están despertando interés sobre el uso y manejo de los recursos hídricos, creando programas

que van encaminados directamente a la construcción de un sistema de agua potable a las personas que carecen del mismo, acompañada de capacitaciones en mantenimiento, diplomados de sensibilización acerca de la importancia de este recurso, que cada día es más escaso, no solo por la alta demanda sino por el abandono de las fuente productoras del recurso hídrico, pero estas instituciones una vez que construyen el sistema, no le dan el seguimiento respectivo de verificación y supervisión para garantizar que todos estos programas se lleven a cabo de manera eficaz, por lo que los mismos no tienen gran relevancia en la transformación local, sobre la forma de administración, uso y manejo de los recursos hídricos.

## **1.2 Justificación**

Lo interesante de realizar dicha investigación, es permitir establecer datos importantes que sirvan como instrumento para mostrar el estado y condiciones visibles y cuantificables en calidad y cantidad de agua, de las diferentes fuentes de abasto de la región, ampliando así el panorama teórico a un panorama real, ya que las diferentes instituciones interesadas en el tema, le servirá para establecer metodologías acordes a la realidad, sustentando nuevas propuestas de trabajo; bajo las condiciones geotécnicas, topográficas y necesidades poblacionales en el tema de demanda.

Dichas metodologías y técnicas de trabajo serán útiles, para disminuir las causas que hacen que los sistemas se vuelvan vulnerables a los desastres naturales y así, garantizar cada uno de los diferentes sistemas posteriormente a ejecutar en el municipio, colaborando así, en mejorar las condiciones sanitarias de los pobladores y en sus condiciones de vida.

Tomando como punto de partida lo anterior, se decidió elaborar el presente trabajo titulado: **Diagnostico de necesidades de agua y letrización, caracterización de los sistemas de agua potable y estudios de pre-factibilidad de proyectos de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos**, como aporte a la sociedad guatemalteca.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Necesidades de agua y letrización y caracterización de los sistemas de agua potable y factibilidad de proyectos de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

#### **1.8.1 Problema a investigar**

- a) Cobertura de agua potable en cada comunidad.
  
- b) Cobertura de agua potable global.
  
- c) Características de los sistemas de abastecimiento de agua potable
  - c.1) Características técnicas en estado físico y funcionamiento
    - c.1.1) Captación
    - c.1.2) Línea de conducción
    - c.1.3) Tanque de almacenamiento
    - c.1.4) Red de distribución
    - c.1.5) Conexiones domiciliarias
  - c.2) Calidad del agua
    - c.2.1) Propiedades físicas
    - c.2.2) Propiedades químicas
    - c.2.3) Grado de contaminación bacteriológico
  
- d) Necesidades de letrización
  - d.1) Necesidades de letrización por comunidad
  - d.2) Necesidades de letrización global

### **1.4 Alcances y límites**

#### **1.4.1 Ámbito geográfico**

La determinación espacial o territorial que la presente investigación abarca, son todas las comunidades del municipio de San Antonio Sacatepéquez, del departamento de San Marcos

### **1.4.2 Ámbito institucional**

El ámbito institucional que abarca la presente investigación serán todas las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que tienen alta relación con el uso y mantenimiento de los recursos hídricos, que tengan establecidas sus sedes en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, además de los diferentes comités de desarrollos comunitario, (COCODES), y comités de agua potable establecidas en todas las comunidades del municipio.-

### **1.4.3 Ámbito personal**

Siendo la presente una investigación de carácter técnico con la complicidad de la sociedad civil del municipio, el ámbito personal contemplado serán todos aquellos hombres y mujeres, líderes y lideresas elegidas en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.-

## **1.5 Unidad de análisis**

- Todas las comunidades del municipio de San Antonio Sacatepéquez, tomando como muestra a los comités de agua y saneamiento y COCODES.
- Instituciones que velan por el uso, mantenimiento y construcción de sistemas de recursos hídricos.

## **1.6 Marco metodológico**

### **1.6.1 Método inductivo**

El método científico, realiza un estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación, reglas de razonamiento y la predicción, ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

### **1.6.2 Método deductivo**

Consiste en el estudio de un fenómeno que se produce en sus condiciones naturales, en donde la observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta.

## **1.7 Técnicas de investigación**

### **1.7.1 Técnicas bibliográficas**

Se acudió a consultar las normas de construcción de sistemas de abastecimiento rurales establecidos por la OPS, OMS, UNEPAR y normas de diseño del INFOM, además de las normas de calidad de agua Coguanor 29001-98, además de material didáctico de personas especializadas en el área de acueductos rurales.

### **1.7.2 Técnicas de campo**

Se realizaron entrevistas estructuradas a personas encargadas del uso y mantenimiento de los recursos hídricos, así como también a personas e instituciones expertas acerca del recurso, en el área de investigación. Además de visitas técnicas de campo para la evaluación de las principales estructuras de los sistemas de agua de las distintas comunidades.

### **1.7.3 Técnicas estadísticas**

Este estudio se limita a la descripción del comportamiento de cada uno de los puntos a analizar mediante variables cualitativas y cuantitativas que generan la información para su posterior interpretación y explicación, dichos datos son presentados mediante tablas y gráficas de barras que ilustran el comportamiento de los distintos fenómenos a estudiar.

## **1.8 Recursos a emplear**

### **1.8.1 Recurso humano**

Asesor del trabajo de graduación

Revisor de trabajo de graduación

Presidentes de COCODES en el municipio

Estudiante de EPS.

### **1.8.2 Recurso institucional**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Organización Servicios Para el Desarrollo (SER)  
Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez  
Área de salud de San Marcos

### **1.8.3 Recurso tecnológico y financiero**

Aporte económico por parte de la institución SER  
Aporte económico por el estudiante de EPS  
Papelería y útiles de oficina  
Equipo de laboratorio  
Equipo de cómputo  
Instrumentos de medición (teodolito, GPS, cinta métrica, cronometro, útiles varios).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1 Agua**

Nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H<sub>2</sub>O.

#### **2.2 Agua potable**

Es el agua que está destinada al consumo humano, la cual no debe tener microorganismos patógenos ni sustancias químicas perjudiciales para la salud, debe tener un sabor tan agradable como las circunstancias lo permitan; debe ser transparente y debe carecer de color y de cualquier sabor u olor desagradable.

#### **2.3 Sistemas de abastecimiento de agua y sus componentes**

Es un sistema mediante un conjunto de obras y tubería que funcionan de forma sistemática, encargado del transporte y la distribución del fluido, en este caso el agua, desde los puntos de captación y almacenamiento hasta los puntos de consumo.

##### **2.3.1 Captación**

Es la construcción hecha en el brote definido o no definido de agua superficial, donde su principal función es captar toda el agua y dirigirla hacia la siguiente parte del sistema para su transporte.

##### **2.3.2 Conducción**

Es la parte del sistema, donde la tubería es el elemento principal, que transporta el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento o distribución.

##### **2.3.3 Tanque de distribución**

Es la estructura elaborada de mampostería de piedra o concreto reforzado, que se construye con la finalidad de almacenar el agua necesaria para compensar la demanda máxima horaria en el sistema.

### **2.3.4 Red de distribución**

Es la parte del sistema, encargado del transporte y distribución del agua desde los puntos de producción o almacenamiento hasta los puntos de consumo, esta constituida por una gran variedad de elementos pero el principal es la tubería.-

### **2.3.5 Conexiones domiciliarias**

Es el medio de conexión entre la distribución y los puntos de consumo, donde su elemento principal es la tubería y las válvulas para formar el chorro, su finalidad es dirigir el agua hacia un punto de consumo específico.-

## **2.4 Normas de diseño de sistemas de agua potable**

Las normas más comunes de construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable son: INFOM, UNEPAR, OPS, OMS.

### **2.4.1 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitantes por día (L/hab./día). Se consideran los factores: clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad del agua, medición, administración del sistema y presiones del mismo.-

### **2.4.2 Consumo medio diario**

Se refiere al caudal promedio o caudal necesario que consume la población de diseño, dada por la siguiente fórmula:

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, Pág. 21

$$\frac{\text{Población futura X dotación}}{86400} \quad (2.1)$$

### 2.4.3 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario será producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor que oscile entre 1.2 y 1.5, para poblaciones futuras menores a 1000 habitantes y 1.2 para poblaciones futuras mayores a 1,000 habitantes.

### 2.4.4 Consumo máximo horario

Se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente 2 a 3, para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 2 para poblaciones futuras mayores a 1,000 habitantes.

### 2.4.5 Caudal de uso simultaneo

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, Pág. 22

**Utilizar la formula**  $q = K \sqrt{(n - 1)}$  (2.2)

q = caudal de uso simultáneo

K = 0.15 para predial Y 0.25 para llena cantaros

n = Número de conexiones o llena cantaros

### 2.4.6 Tanques de almacenamiento o distribución

El volumen de los tanques de almacenamiento o distribución, se calculará de acuerdo a la demanda real de las comunidades. Cuando no se tengan estudios de dichas demandas, en sistemas por gravedad se adoptará de 25 a 40% del consumo medio o necesario, estimado y en sistema por bombeo de 40 a 65% para el tanque de distribución.

#### 2.4.7 Líneas de conducción

En sistemas por gravedad, la línea de conducción se diseñará para el caudal de día máximo. En sistemas por bombeo la línea de conducción se diseñará para conducir el caudal máximo diario durante el tiempo de bombeo adoptado.

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, Pág. 23

$$Q_b = \frac{QMD * 24}{\text{Horas de bombeo}} \quad \text{Donde: QMD= Caudal máximo diario} \quad (2.3)$$

Por economía en mantenimiento y consumo de energía y combustible, según normas de INFOM, se recomienda períodos de bombeo entre 8 y 12 horas por día para motores diesel, y de 12 a 18 horas por día para motores eléctricos, pero el diseñador debe utilizar los periodos necesarios argumentando sus razones.-

#### 2.4.8 Tanques de succión o alimentación

El tanque de succión se calculará con base en la relación entre el caudal de bombeo y el caudal de la fuente. En ningún caso será menor de 5m<sup>3</sup>.

#### 2.4.9 Estación de bombeo

El tiempo diario de bombeo se establece considerando criterios económicos y de consumo; se recomienda no mayor de 18 horas diarias. Los pozos perforados deberán tener las siguientes características:

- Ubicarse en zonas no inundables y de fácil acceso para el agua superficial.
- Perforar aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.
- Protegerse contra riesgos de contaminación.
- No deberán localizarse e menos de 20 m de tanques sépticos, letrinas, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación similar.
- El diámetro de la tubería de revestimiento del pozo deberá seleccionarse de acuerdo con las características del acuífero y del consumo querido.

**Tabla I. Tuberías de revestimiento según el caudal de bombeo**

Caudal (Consumo)	Diámetro tubería de Revestimiento
Hasta 10 L/seg. (158gpm)	152 mm ( 6" )
De 10 a 15 L/seg. (de 158 a 237 gpm)	203 mm ( 8" )
De 15 a 25 L/seg. (de 237 a 396 gpm)	254 mm ( 10" )
De 25 a 40 L/seg. (de 396 a 634 gpm)	305 mm ( 12" )

FUENTE: NORMAS DE DISEÑO DE ACUEDUCTOS RURALES DEL INFOM-UNEPAR

## **2.5 Análisis de agua**

Representan los análisis necesarios para garantizar que el agua se encuentra apta para el consumo humano.-

### **2.5.1 Límite máximo aceptable**

Es el valor de la concentración de cualquier característica de agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.-

### **2.5.2 Límite máximo permisible**

Es el valor de la concentración de cualquier característica de la calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.-

### **2.5.3 Aspectos generales para la toma de la muestra de agua para examen físico, químico y bacteriológico**

Cuando se toman muestras para examen bacteriológico, es necesario adoptar todas las precauciones para que éstas sean representativas del agua a ser examinada y para evitar la contaminación accidental durante las operaciones de recolección. Cuando se toman muestras al mismo tiempo y en el mismo sitio, se deben tomar, primero las

muestras para los exámenes bacteriológicos y así evitar el riesgo de contaminación en el lugar del muestreo mientras se recogen los demás especímenes; por ejemplo, para determinación de cloro, pH, temperatura, sustancias químicas, etc.

### **2.5.3.1 Materiales requeridos para la toma y proceso de muestras de agua**

- (1) Marcadores indelebles,
- (2) etiquetas,
- (3) algodón,
- (4) alcohol al 70%,
- (5) mechero de alcohol,
- (6) fósforos,
- (7) gradilla o soporte para bolsas plásticas,
- (8) hielera,
- (9) hielo en bolsa,
- (10) incubadora a 35 - 37 °C.

### **2.5.3.2 Instrucciones para la toma de muestras de para exámenes de agua**

- a) Si el agua es recolectada de un sistema de distribución, de una planta de tratamiento, o de un pozo, se seleccionan grifos (chorros) que estén conectados directamente al servicio de distribución y en puntos representativos; el grifo debe estar en buen estado y no debe gotear para que el agua no escurra por su parte externa.
- b) Limpie y desinfecte el exterior y la boca interior del grifo con un algodón impregnado con alcohol, hasta que salga limpio; si la llave del grifo es de metal, flamee la boca interior por medio de un mechero de alcohol durante 1 minuto.

- c) Abra completamente la llave del grifo y el agua se deja correr durante 1 a 3 minutos o el tiempo que se considere suficiente para que se haya renovado todo el líquido contenido en las tuberías.
- d) Abra la bolsita *Nasco* WHIRL-PAK separando las pestañas de la cinta metálica blanca y desdoblándola, sin tocar el interior.
- e) Agregue muy despacio el agua a examinar cubriendo el disco hasta la orilla del mismo o debajo de la marca (línea) en la bolsita, que corresponde a un volumen aproximado > 125 ml. Según la norma COGUANOR cierre la bolsita haciendo tres a cinco dobleces desde la orilla de la bolsa y doblando las pestañas blancas hacia atrás y enrollando los extremos de material plástico en forma de torniquete.
- f) Identifique y rotule la bolsita con los datos del punto de muestreo, tipo de fuente de agua, lugar/dirección, comunidad, municipio, departamento y fecha de obtención de la muestra, además de la hora.
- g) Coloque y mantenga la bolsita en posición vertical, con una gradilla o soporte, para evitar posibles fugas de agua.
- h) Envíe la bolsita lo más pronto posible al laboratorio; si ésto no es posible se transporta o almacena a una temperatura entre 4 y 10 °C o 2 y 25 °C colocando las muestras en una hielera, donde se rodea con bolsas plásticas llenas de hielo, las cuales se cierran por medio de un trozo de cinta adhesiva, bandas de hule o cualquier otro material que impida que el hielo al licuarse durante el transporte pueda contaminar la muestra bacteriológica; de preferencia, use bloques plásticos de "hielo" en baterías (ej., Kool Pack). El tiempo máximo prudencial para realizar el examen bacteriológico después de la recolección de la muestra es de 6 horas; el tiempo máximo entre la recolección y análisis es de 24 horas.
- i) Coloque la bolsita en una incubadora a  $35 \pm 5$  °C por 24 a 48 horas. En regiones cálidas, no menores a 25 °C, se puede incubar a temperatura ambiente por 24 a 48 horas.
- j) Si el punto de muestreo no es un grifo (chorro) sino, por ejemplo, el interior de un recipiente como cántaro, olla, tonel, etc., obtenga el agua asépticamente

con una pipeta o jeringa estéril y siga lo indicado en los numerales 4 a 10. y siga los incisos del a) al j)

#### **2.5.4 Análisis físico**

Los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma y comparándolos con estándares que se disponen en los laboratorios.

#### **2.5.5 Análisis químico**

Por medio de este análisis se determina el contenido de sales minerales y materia orgánica, para compararlo contra los estándares y poder determinar su calidad, usos y cualquier proceso a que deba ser sometida.

#### **2.5.6 Análisis bacteriológico**

El objetivo de estos análisis rutinarios es para determinar la existencia de contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación.

##### **2.5.6.1 Método membranas de filtración**

La técnica de filtro de membrana se fundamenta en la filtración de un volumen determinado de muestra (100 mililitros o volúmenes menores según la densidad bacteriana esperada) a través de un filtro de membrana de 0,45 micrómetros de diámetro de poro, el cual es colocado sobre un medio de cultivo específico y luego incubado a la temperatura adecuada, que por lo general oscilan entre 35-37 °C hasta 48 horas. Los coniformes termo tolerantes son detectados con métodos similares pero con medios específicos y una incubación a 44,5 °C.

##### **2.5.6.1.1 Descripción del método**

- Antes de iniciar el examen, limpiar la mesa de trabajo con una solución desinfectante y colocar sobre la mesa de trabajo el material necesario para ejecutar el análisis.
- Preparar el sistema de filtración, colocar un matraz de seguridad entre la bomba de vacío y el matraz que sostiene el portafiltros, el cual debe estar estéril y frío.
- Preparar las placas.
- Identificar las placas con lápiz de vidrio o tinta indeleble en el área externa de la base. Si se trabaja con caldo selectivo estéril, abrir la placa de petri estéril con una pinza esterilizada al fuego y colocar una almohadilla o pad.
- Con una pipeta estéril, agregar 2 mililitros de caldo selectivo: medio m-Endo para coliformes totales y medio m-FC para coniformes termo tolerantes. Si se decide trabajar con agar, distribuir con una pipeta estéril entre 3 y 5 mililitros del agar licuado (a 45 °C aproximadamente) a la placa de petri estéril. Taparla y dejar solidificar el medio antes de proceder al análisis.
- Retirar la parte superior del portafiltros y con una pinza previamente flameada al mechero y fría, colocar un filtro de membrana estéril, con la cara cuadrículada hacia arriba y en el centro de la parte superior del portafiltros.
- Acoplar la parte superior del portafiltros, teniendo cuidado de no dañar la membrana.
- Para comprobar la esterilidad del filtro, verter cuidadosamente en el portafiltros 100 mililitros de agua de dilución estéril. El volumen de agua destilada se medirá en el mismo embudo si éste es graduado. También se puede medir en una probeta estéril. Conectar a la bomba de vacío y proceder a la filtración.  
Se siguen los pasos 10-15 como si se tratara de una muestra de agua.
- Retirar la envoltura de papel del frasco con la muestra.
- Verter 30 mililitros de agua destilada estéril con el fin de humedecer la membrana.
- Verter 100 mililitros de la muestra de agua.
- Filtrar.

- Después de la filtración de la muestra, enjuagar el portafiltros tres veces con porciones de 20-30 mililitros de agua de dilución estéril, para evitar la retención de alguna bacteria en las paredes internas. Se debe evitar que se seque la membrana.
- Apagar la bomba de vacío al finalizar la operación.
- Separar la parte superior del portafiltros y con una pinza previamente flameada y fría, retirar la membrana cuidando de que la pinza toque apenas la parte periférica, fuera del área de filtración. Acoplar nuevamente la parte superior del portafiltros a la parte inferior.
- Teniendo cuidado de no contaminar el filtro de membrana, colocarlo cuidadosamente con la superficie cuadrículada hacia arriba, sobre la almohadilla embebida en el medio de cultivo o directamente sobre el agar, si fuera el caso.
- Verificar que no se formen bolsas de aire entre la membrana y la almohadilla con el medio de cultivo o la superficie del agar. Si esto ocurre, levantar uno de los bordes del filtro de membrana con una pinza estéril y, haciendo movimientos circulares, deslizarlo con la finalidad de eliminar las bolsas, pues ellas impiden el contacto de las bacterias con el medio de cultivo, y así se dificulta o evita su crecimiento.
- Tapar la placa de petri, verificar la identificación de la placa con el número de la muestra, dilución y fecha de siembra. Colocarla en forma invertida; es decir, con la tapa hacia abajo.
- Incubar las placas de petri colocándolas en posición invertida; para el caso de los coliformes totales (placas con medio m-Endo, agar m-Endo o agar Endo LES), en una incubadora con bandejas forradas de papel toalla humedecido. La incubación será a  $35 \pm 0,5$  °C durante 24 horas.

### **Observaciones**

En el medio m-Endo, agar m-Endo o agar Endo LES, las colonias típicas de coliformes totales presentan una coloración de rosado a rojo oscuro con brillo metálico superficial. El área brillante puede variar de tamaño recubriendo toda la superficie de la colonia o parte de ella. Las colonias atípicas pueden presentarse

de color rojo oscuro, mucoides y sin brillo. Las colonias rosadas, incoloras, blancas y sin brillo metálico son consideradas como no coliformes. En agua potable, verificar todas las colonias sospechosas o al menos cinco colonias.

#### **2.5.6.1.2 Presentación de resultados**

El número de coliformes totales se obtiene a partir del recuento de colonias típicas que se desarrollan en el medio m-Endo, agar Endo o agar Endo LES. El número de coliformes termo tolerantes se obtiene a partir del recuento de colonias típicas que se desarrollan en el medio m-FC o agar m-FC. El recuento de coliformes totales y termo tolerantes determinados a través de la técnica de filtro de membrana se expresa del siguiente modo:

- Unidades formadoras de colonias de coliformes totales por 100 mililitros (UFC de coliformes totales/100 ml).
- Unidades formadoras de colonias de coliformes termotolerantes por 100 mL (UFC de coliformes termotolerantes/100 mL).

El recuento final de bacterias del grupo coliforme se calcula a partir del número de colonias típicas que se desarrollan en el filtro de membrana y del volumen de muestra filtrado.

Arazo, M. (2,004), manual para análisis básico de calidad de agua, utiliza la siguiente formula, para obtener el recuento total bacteriano.

$$\text{UFC de colonias totales / 100mL} = \frac{\text{No. de colonias típicas}}{\text{Volumen filtrado de muestras (ml.)}} \times 100 \quad (2.4)$$

#### **Casos especiales**

- Cuando la suma total de colonias (típicas y atípicas) es superior a 200. El resultado final se expresa como conteo perjudicado (CP).

- Cuando haya crecimiento en toda el área de filtración de membrana, sin colonias bien definidas, expresar el resultado final como crecimiento confluyente (C. Cf.).
- Cuando se presentan colonias típicas de coliformes y crecimiento confluyente, expresa el resultado como presencia de coliformes y conteo perjudicado debido a crecimiento confluyente.

En los casos especificados para conteo perjudicado y crecimiento confluyente, se debe solicitar una nueva muestra y seleccionar menores volúmenes de muestra para la filtración. De esta manera, para aguas tratadas, una filtración de 100 mililitros puede ser sustituida por 2 filtraciones de 50 mililitros ó 4 de 25 mililitros.

### **2.5.7 Normas de calidad de agua**

Norma COGUANOR NGO 29001-98, son especificaciones para agua de consumo humano. Actualmente se conocen los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos mediante los cuales se determina la calidad del agua, estos a su vez tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos, que deben estar comprendidos entre los límites que el estudio y la experiencia ha encontrado necesario o tolerable para el consumo humano, los cuales en su mayor parte han sido fijados por normas.

En Guatemala han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas – COGUANOR-

## CAPÍTULO III FASE DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 Monografía del municipio

San Antonio Sacatepéquez es uno de los 29 municipios que conforman el departamento de San Marcos y uno de los 332 que forman parte de la república de Guatemala.

#### 3.1.1 Organización territorial

La división política, se encuentra consignada de la siguiente forma.

1 Cabecera municipal; 10 aldeas; 8 caseríos; 3 cantones.

**Tabla II. División Política del Municipio**

NO.	CATEGORÍA	NOMBRE	DISTANCIA A LA CABECERA MUNICIPAL EN KMS.
1	Cabecera	San Antonio Sacatepéquez	-----
2	Aldea	Candelaria Siquival	1.5
3	Aldea	Las Barrancas	7
4	Aldea	San Isidro Ixcolochil	4
5	Aldea	Santa Rita	2
6	Aldea	Santa Irene	6
7	Aldea	San Miguel de Los Altos	7
8	Aldea	Santa Rosa de Lima	9
9	Aldea	San José Granados	9
10	Aldea	San Rafael Sacatepéquez	6
11	Aldea	Santo Domingo	10.5
12	Caserío	Cancheagua	6
13	Caserío	El Mirador	12
14	Caserío	La Felicidad	8
15	Caserío	Nueva Jerusalén	6.5
16	Caserío	Potrerosillos	16
17	Caserío	San Francisco	12
18	Caserío	Siete Tambores	4
19	Caserío	Vista Hermosa	2.5
20	Cantón	San Ramón	1
21	Cantón	Tojchiná	1.5
22	Cantón	Las Escobas.	1.5

Fuente: Oficina Municipal de Planificación de San Antonio Sacatepéquez.

### 3.1.2 Actividades productivas

En el municipio como en otras áreas del país, predomina el minifundio, donde la actividad de trabajo más importante en el área del municipio es la agrícola, la cual es un medio de alimentación e ingreso económicos a través de la venta de los productos obtenidos en las cosechas de maíz, haba, trigo, papa, frijol y pequeñas hortalizas.

### 3.1.3 Salud

En la cabecera municipal se cuenta con un puesto de salud encargado de atender las necesidades de las aldeas, caseríos, cantones y la cabecera municipal, y según los resultados de los estudios del puesto de salud, las cifras de mortalidad en los adultos a nivel del municipio son diversas. El término mortalidad se refiere a la muerte producida por una causa general o una causa determinada, las cantidades se encuentran en el siguiente cuadro:

**Tabla III. Causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos. Año 2007.**

No.	Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles	Frecuencia hombres	%	Frecuencia mujeres	%	TotalL
1	Resfriado común	998	29.01	1109	25.47	2107
2	Enfermedades de la piel	684	19.88	954	21.92	1638
3	Amigdalitis	465	13.52	618	14.19	1083
4	Parasitismo intestinal	448	13.02	550	12.63	998
5	Neumonías	252	7.33	286	6.57	538
6	Otitis media	160	4.65	210	4.82	370
7	Diarreas	152	4.42	190	4.36	342
8	Amebiasis	77	2.24	140	3.22	217
9	Disentería	85	2.47	121	2.78	206
10	Conjuntivitis	84	2.44	122	2.8	206
	RESTO DE CAUSAS	35	1.02	54	1.24	89
	TOTAL DE CAUSAS	3440	100	4354	100	7794

FUENTE: AREA DE SALUD DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

Estas enfermedades aunque tienen diferentes causas, están relacionadas con el uso del agua, por varias razones, entre ellas: el contacto y consumo de agua contaminada, poca higiene personal y falta de agua potable.

### **3.1.4 Ubicación y localización**

El municipio de San Antonio Sacatepéquez, se localiza al noroeste de la cabecera departamental de San Marcos, con una altitud de 2,338.65 metros sobre el nivel del mar, una latitud de 14°57' 38", y una longitud de 91°43' 55".

### **3.1.5 Extensión territorial**

Su extensión territorial es de 100 kilómetros cuadrados, se encuentra a una distancia de 239 kilómetros de la capital de Guatemala, vía carretera Interamericana, a 38 Kilómetros de la ciudad de Quetzaltenango y a 10 Kilómetros de la ciudad de San Marcos.

### **3.1.6 Límites y colindancias**

Sus límites o colindancias son: al Norte, con el municipio de Río Blanco, San Marcos y el municipio de Sibilia de Quetzaltenango; al Este, con los municipios de Sibilia y Palestina de los Altos de Quetzaltenango; al Sur y al Oeste, con el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

### **3.1.7 Clima**

Su clima es frío en la mayoría de comunidades, a excepción de la aldea Las Barrancas, que tiene clima templado. La temperatura máxima es de 24 °C y la mínima de 15 °C calculando una temperatura media de 20 °C.

### **3.1.8 Población y tasas de crecimiento**

El municipio de San Antonio Sácatepeques cuenta actualmente con una población de 21,531 habitantes, entre hombres mujeres y niños, con una densidad promedio de miembros por familia de 5.2, y una tasa de crecimiento poblacional promedio en el año 2,005 de 2.09% y un alto incremento en el año 2,007 de 12%, donde la población rural es del 89%, y la población urbana es de 11 %, de la población total del municipio. En la siguiente tabla se presenta una descripción detallada de las características de la población y su comportamiento en los últimos siete años.

Tabla IV. Población del municipio de San Antonio Sacatepéquez

NO.	LUGAR	POBLACIÓN	POBLACIÓN	POBLACIÓN	(%) TASA	(%) TASA	DENSIDAD	OBSERVACIONES
		2000	2005	2007	CRECIMIENTO (2005)	CRECIMIENTO (2007)	POR FAMILIA	
1	San Antonio Sac.	1652	1787	1883	1.58	2.7	4	
2	Las Escobas	224	244	328	1.73	15.9	5	
3	Canchehua	302	340	370	2.4	4.3	8	
3	Siete Tambores	240	328	395	6.45	9.7	7	
4	Tojchiná	411	444	595	1.56	15.8	5	
5	San Ramón	341	369	636	1.59	31.3	8	
6	San José Granados	1430	1566	1685	1.83	3.7	6	
7	Santa Rosa De Lima	635	712	948	2.32	15.4	8	
8	Santa Irene	1052	1140	1235	1.62	4.1	5	
9	San Miguel	776	839	980	1.57	8.1	7	
10	Las Barrancas	654	712	1294	1.71	34.8	5	Emigración de otros vecinos
11	Candelaria Siquival	573	618	1224	1.52	40.7	7	Emigración de otros vecinos
12	La Felicidad	668	718	979	1.45	16.8	5	
13	Santa Rita	660	707	940	1.39	15.3	6	
14	San Isidro Ixcolochil	426	459	578	1.5	12.2	6	
15	Vista Hermosa	890	970	1027	1.74	2.9	8	
16	San Rafael Sacatepéquez	2628	2741	2819	0.85	1.4	6	
17	Santo Domingo	1164	1261	1330	1.61	2.7	7	
18	El Mirador	425	574	834	6.2	20.5	8	Emigración de otros vecinos
19	San Francisco	260	284	301	1.78	2.9	5	
20	Potrerrillos	634	683	695	1.5	0.9	7	
21	Nueva Jerusalén			455		Independiente	5	Actualmente independiente
	Totales y Promedios	16,045	17,496	21,531	2.09	12	5	

FUENTE:: DIAGNOSTICO MUNICIPAL 2007, ONG YUN Q'AX, CON VERIFICACION DE VISITA DE CAMPO Y CALCULO DEL AUTOR

### **3.1.9 Suelo, topografía e hidrología**

El suelo y topografía es un material madre de ceniza volcánica, en las partes medias es a cielo descubiertos, mientras que en las partes altas posee la característica de no poseer pendientes muy pronunciadas. El relieve es suavemente inclinado; el drenaje interno es bueno, el suelo superficial es de color café oscuro, con una textura franco arenosa fina y un espesor aproximado de 50 a 75 centímetros. El subsuelo tiene una textura franco arenosa fina y un espesor aproximado de 100 centímetros, la fertilidad es alta, es bastante hondonado, con hermosas colinas y rica vegetación natural, su textura es mixta, ya que existen extensiones territoriales donde es arenoso y extensiones arcillosas.

En cuanto a las condiciones del suelo de la aldea Las Barrancas y el caserío Canchegua se observa que son diferentes a las de la cabecera municipal y a otras comunidades del municipio. Por ser lugares que se encuentran en la parte baja, sus tierras son arenosas, suelos de la altiplanicie central, poco profundos sobre materiales volcánicos, por lo que se requiere de técnicas que ayuden a mejorar su calidad, principalmente en las partes inclinadas. Algunas comunidades cuentan con tierras que presentan pendientes, depresiones y superficies geomorffias tan jóvenes que limitan el desarrollo del suelo.

Fuentes de agua: En este sector medio existen la mayoría de brotes superficiales con los que se abastece aproximadamente el 60% de la población, los cuales se encuentran totalmente captados por las características topográficas en su ubicación se tornan económicamente factibles por ser brotes que permiten conducir los caudales por gravedad, además que presentan buenos caudales los cuales son necesarios para la subsistencia de los habitantes.-

#### **Ríos**

- Tacana, Nahuala, Canchegua, Suj, Samalá, Santo Domingo, Río Bolol, Río Cartuchal, Río Ojo de Agua, Río Escondido, Río los Cheches.

### **3.1.10 Vías de acceso**

Para acceder a la cabecera del municipio existe una entrada de adoquín en el kilómetro 238, rumbo al departamento de San Marcos, mientras que sus distintas comunidades tienen diferentes caminos de terracería (Ver apéndice 2), con la ventaja de que la carretera interamericana pasa por todo el municipio.

### **3.1.11 Servicios públicos**

El municipio cuenta con escuelas primaria, institutos básicos por cooperativa, puesto de salud, energía eléctrica, varios sistemas de agua potable y de pozos artesanales y mecánicos.

## **3.2 Diagnóstico de necesidades de agua potable y letrización**

### **3.2.1 Sistemas existentes en el municipio según su uso.**

Las comunidades que pertenecen al municipio de San Antonio Sacatepéquez, han utilizado diferentes sistemas para abastecerse de agua, de acuerdo a la ubicación geográfica y características topográficas. Además de la actividad productiva a la que se dedican, que en su mayor parte es la agricultura y pequeñas industrias, existen dos tipos de sistemas según su uso:

- Los sistemas de agua para consumo humano,
- Los sistemas de agua para mini riego.

#### **3.2.1.1 Sistemas para consumo humano**

El objetivo principal de estos sistemas, es el uso del agua para actividades domésticas, para procesar los alimentos, higiene personal, higiene del hogar y lavado de ropa, además de ello, los diferentes usos productivos, ya que le dan de beber a los animales en pequeña escala, con lo que generan productos para consumo familiar.

Otro de los usos que se le da al agua de estos sistemas es para lavado de carros y de utilidad en pequeñas industrias, pero regularmente no existe un control adecuado de estos últimos.

Las familias que no cuentan con agua potable, lavan su ropa en la pila pública de San Antonio Sacatepéquez o en corrientes y nacimientos que se encuentran en las mismas comunidades, mientras que para usos domésticos lo acarrearán de diferentes fuentes.

**Tabla V. Usos más comunes del agua. Año 2,008**

No.	ACTIVIDAD	PROMEDIO LITROS POR PERSONA AL DÍA	LITROS POR FAMILIA AL DÍA DENSIDAD (5.2MPF)
1	Actividades de cocina	20	104
2	Lavado de ropa	30	156
3	Limpieza y mantenimiento de la casa	30	156
4	Limpieza personal	15	78
5	Avicultura	10	52
	Total	105	546

FUENTE: INFORMACIÓN EN PROMEDIO DE PRESIDENTES DE COMITÉS DE AGUA POTABLE

Esta cantidad de agua es consumida por familias/día, generalmente constituidas por 5 a 6 integrantes, con un promedio de densidad de 5.2 hab./ familia, en el año 2007. La cantidad exacta de agua variará de acuerdo al número de integrantes por familia, la cantidad que utilizan y la edad de los animales domésticos que poseen. Por la escasez de agua, las familias del área rural consumen lo necesario, aproximadamente 105 litros/hab./día, que se encuentra entre los parámetros de las normas para acueductos rurales.

### **3.2.1.1.1 Cobertura de agua potable en el municipio**

A continuación se presenta una tabla de cobertura de agua potable tomando en cuenta las variables de la investigación necesarias, para indicar los porcentajes reales, de los diferentes sistemas existentes en el municipio los cuales reflejan las necesidades de agua de los pobladores del municipio de San Antonio Sacatepéquez.-

**Tabla VI. Cobertura de agua potable en San Antonio Sacatepéquez**

<b>LUGAR:</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPO DE</b>	<b>FAM. CON</b>	<b>FAM. SIN</b>	<b>POB. CON</b>	<b>POB. SIN</b>	<b>% CON</b>	<b>% SIN</b>
	<b>SISTEMAS</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>SERVICIO</b>
San Antonio Sacatepéquez	2	Gravedad	469	2	1875	8	99.58	0.42
Las Escobas	2 Gravedad	1 Bombeo	60	5	303	25	92.38	7.62
Canchehua	1	Gravedad	43	3	346	24	93.51	6.49
Siete tambores	1	Gravedad	48	8	339	56	85.82	14.18
Tojchiná	1 Gravedad	1 Bombeo	119	5	570	25	95.8	4.2
San Ramón	1 Gravedad	1 Bombeo	71	9	564	72	88.68	11.32
San José Granados	2	Bombeo	250	14	1601	84	95.01	4.99
Santa Rosa de Lima	1	Bombeo	106	20	788	160	83.12	16.88
Santa Irene	2	Bombeo	265	2	1225	10	99.19	0.81
San Miguel	1	Bombeo	140	8	924	56	94.29	5.71
Las Barrancas	2	Gravedad	265	0	1294	0	100	0
Candelaria Siquival	1	Gravedad	169	5	1189	35	97.14	2.86
La Felicidad	2	Bombeo	190	13	914	65	93.36	6.64
Santa Rita	2	Gravedad	150	3	922	18	98.09	1.91
San Isidro Ixcolochil	1	Gravedad	85	15	488	90	84.43	15.57
Vista Hermosa	4	Gravedad	125	0	1027	0	100	0
San Rafael Sacatepéquez	1	Bombeo	465	5	2789	30	98.94	1.06
Santo Domingo	1	Mixto	180	10	1260	70	94.74	5.26
El Mirador	1	Mixto	95	8	770	64	92.33	7.67
San Francisco	1	Mixto	56	5	276	25	91.69	8.31
Potreros	1	Mixto	85	11	618	77	88.92	11.08
Nueva Jerusalén	2	Bombeo	91	0	455	0	100	0
<b>SUMAS Y PROMEDIOS</b>	<b>26</b>		<b>4113</b>	<b>412</b>	<b>19388.6</b>	<b>2142.4</b>	<b>88</b>	<b>12</b>

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se muestra un cuadro de resultados donde se observa que cinco comunidades ya han sido cubiertas en su totalidad representando al 27.37% de la población total, mientras el otro 72.63% se encuentra a punto de ser cubierto en su totalidad, siendo la comunidad de Santa Rosa de Lima la que tiene el mayor porcentaje de carencia de agua potable con el 16.88% de su población interna Total como puede observarse diecinueve sistemas son por gravedad, tres por bombeo y tres mixtos, de los veintiseis sistemas que tiene el municipio con una cobertura de 88%, mientras que el 12% de la población actual no cuenta con agua potable.

Cabe mencionar que una de las instituciones que se encuentra apoyando actualmente al municipio es la institución Servicios para el Desarrollo (SER), trabajando con nueve comunidades directamente y brindándole el servicio al 45.1% de la población total del municipio en el presente año.

#### **3.2.1.1.2 Principales causas que influyen en la falta de agua potable en el municipio**

Las causas que han influido para que no todas las familias de las comunidades, hayan sido beneficiadas por los sistemas de abastecimiento de agua potable, son varias, según los habitantes del lugar, entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Escasos recursos económicos
- La posición de las casas que se encuentran en las partes altas, además de la falta de credibilidad y colaboración de los pobladores.
- La monopolización de algunos sistemas de agua potable ya que solamente los hijos de los socios tienen derecho a optar a un chorro más.
- La inexistente orientación hacia la legislación en la administración de los recursos hídricos, hace que los vecinos se crean dueños y señores de los brotes superficiales, brindándoles agua solamente a los que ellos quieren.
- Conflictos entre los diferentes usos y usuarios.
- La inmigración de familias a los Estados Unidos, ya que al regresar ya no pudieron ser incluidos en los proyectos existentes.

### **3.2.1.1.3 Principales efectos de la falta de agua sobre la población**

- La incidencia de enfermedades diarreicas,
- Incremento de la tasa de morbilidad infantil,
- Incremento en los gastos por salud de la población,
- Deterioro de la calidad de vida de la población de San Antonio Sacatepéquez.

### **3.2.1.2 Sistemas de mini riego**

El objetivo principal de estos sistemas es el uso del agua únicamente para actividades de agricultura, que servirá para mantener en buen estado los cultivos de los pobladores. Su finalidad es netamente comercial, generalmente lo realizan utilizando aspersores de riego, estos sistemas en general no son tan exigentes en el tema bacteriológico y químico, pero sí en el aspecto técnico.

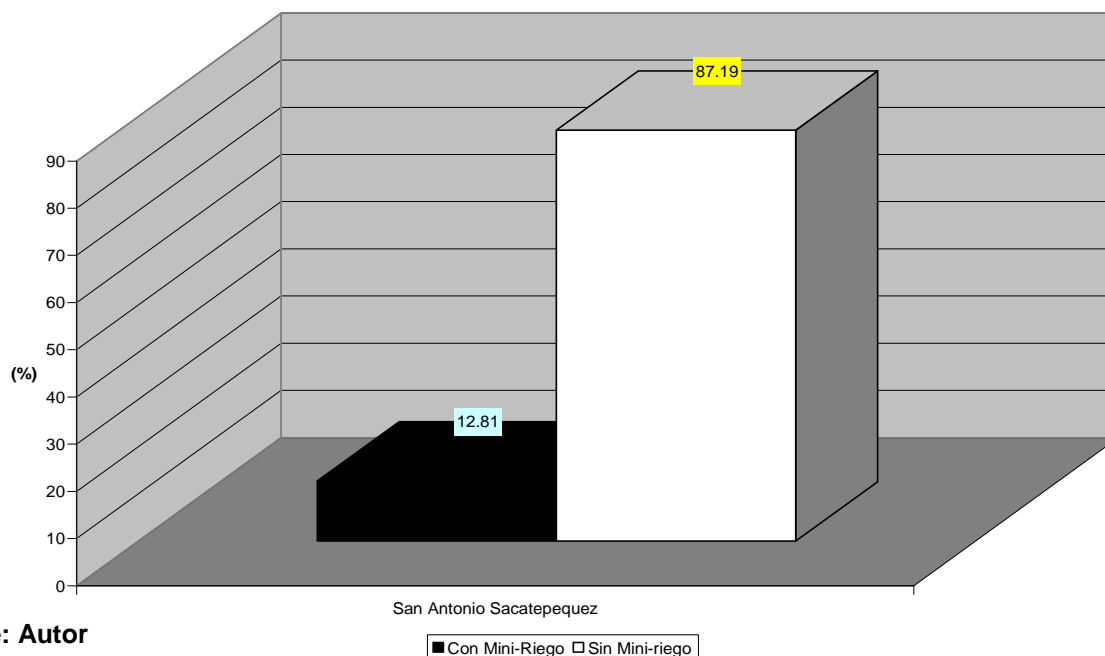
Se realizó este pequeño apartado, ya que no es uno de los puntos principales de esta investigación.

#### **3.2.1.2.1 Cobertura de sistemas de mini riego en el municipio de San Antonio Sacatepéquez**

En la siguiente ilustración gráfica se presenta el comportamiento de los diferentes sistemas de mini riego, en las comunidades, asignándoles una dotación de 40 litros/m<sup>2</sup>/día (obtenida según normas de diseño de sistemas de mini riego en el municipio), regando por un tiempo de 5 horas /día, con lo que refleja el alto consumo del recurso hídrico, que aunque no es potable representa un gasto que afecta a la sostenibilidad ambiental del recurso hídrico, ya que por lo general es tomada de los ríos cercanos.

### Gráfica I. Porcentaje de población con sistemas de mini riego

Ilustración Gráfica del Comportamiento de Sistemas de Miniriego



Fuente: Autor

Las ilustraciones de resultados describen que la población de la aldea Las Barrancas es una comunidad que se dedica al 100% en el cultivo de hortalizas, por lo que cuenta con diez sistemas de mini riego, seguido por el caserío Vista Hermosa, con el 76.53% de su población, que posee mini riego, mientras que el otro 29.47% no. El total de la población equivalente con mini riego en el municipio es de 12.81%, distribuidos en las comunidades que se indican en el cuadro anterior, mientras que el resto no cuentan con el servicio de mini riego.

Todos los proyectos son de sistemas por gravedad y es evidente que sólo las comunidades que se encuentran en la parte media o baja de la cuenca del río Tacana, tienen este servicio.

También es evidente que este tipo de sistema demandan altos caudales y por lo tanto provocan un gasto muy grande, ya que cada vez que riegan, que por regular, el intervalo de tiempo es a cada dos días, consumen aproximadamente 9,953.88 m<sup>3</sup>, y en algunos casos a pesar de que el agua no es clara y no se conoce la calidad de la misma, los habitantes la consumen en la preparación de los alimentos, utilizando la ebullición como medio de purificación.

### **3.2.1.3 Identificación de necesidades de agua potable en el Municipio**

Según los resultados observados en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, la necesidad en la cobertura es del 12%, pero este porcentaje de población obviamente se encuentra dispersa en todo el municipio. A continuación se presenta algunas necesidades que fueron surgiendo según la investigación realizada.

- No existe una política de planificación de uso y manejo integrado del agua y por eso existe la repitencia de traslapes en los sistemas actuales.
- Escasez de controles para contaminar el agua.
- Falta de aplicación y actualización de la legislación relacionada con los recursos hídricos.
- Realizar un marco legal totalmente activo, centrado y con visión hacia el futuro que contenga puntos como vulnerabilidad y calidad de agua.
- Falta de consideraciones ambientales en el manejo del agua.

### **3.2.1.4 Identificación de la problemática hídrica global en el Municipio.**

Las entidades que apoyan los programas de construcción de proyectos de abastecimiento de agua potable, deben establecer políticas y estrategias que conlleven a la valoración del recurso como tal, para que por lo menos los sistemas sean auto sostenible económica y ambientalmente, y garantizar así de mejor forma que el sistema llegara a cumplir con su vida útil. Según los resultados y el avance de la investigación, se hace mención de los puntos más relevantes en este tema:

- Deterioro por contaminación en la calidad de los cuerpos de agua.
- Riesgos de sostenibilidad en producción, en las aguas subterráneas.
- Escasa inversión para actualizar infraestructura hídrica.
- Desarticulación institucional en el tema de administración y gestión.

- Poca habilidad de las autoridades para controlar y regular el uso sostenible de los recursos hídricos.
- Falta de pago de servicios ligados al agua, mediante la depreciación de los sistemas de agua potable.
- Impacto en la cobertura boscosa, debido a la alta deforestación.
- Aumento en los traslapes de sistemas de agua potable, haciendo más complicada la administración.

### **3.2.2 Diagnóstico de letrización en el municipio de San Antonio Sacatepéquez**

Definitivamente para que un trabajo de saneamiento sea completo en una región, debe existir un sistema de abastecimiento de agua potable, acompañada de un sistema de disposición de excretas a través de drenajes, fosas sépticas o cualquier otro sistema que contemple el pre-tratamiento, antes del depósito en la tierra, ríos, etc. El municipio de San Antonio Sacatepéquez tiene una alta deficiencia en este aspecto, ya que carece de la orientación acerca de este concepto, en la mayoría de sus comunidades.

En este estudio se presentan los resultados de cobertura en letrinas, en sistemas de drenaje y el tipo de tratamiento con el que cada letrina cuenta, para tener un panorama integral en el tema de saneamiento en dicho lugar.

#### **3.2.2.1 Cobertura de letrización en el Municipio**

Los resultados de necesidades de letrización, se presentan mediante el siguiente cuadro estadístico, tomando en cuenta las variables más representativas, tales como hogares con letrinas, hogares sin letrinas, el tipo de sistema al que se encuentran conectadas y el estado físico de las mismas en la actualidad. Para verificar si cuenta con las normas técnicas de construcción de letrinas, dichos parámetros son suficientes para formarse un panorama satisfactorio y real del comportamiento del fenómeno de disposición de excretas que actualmente tiene el municipio de San Antonio Sacatepéquez.

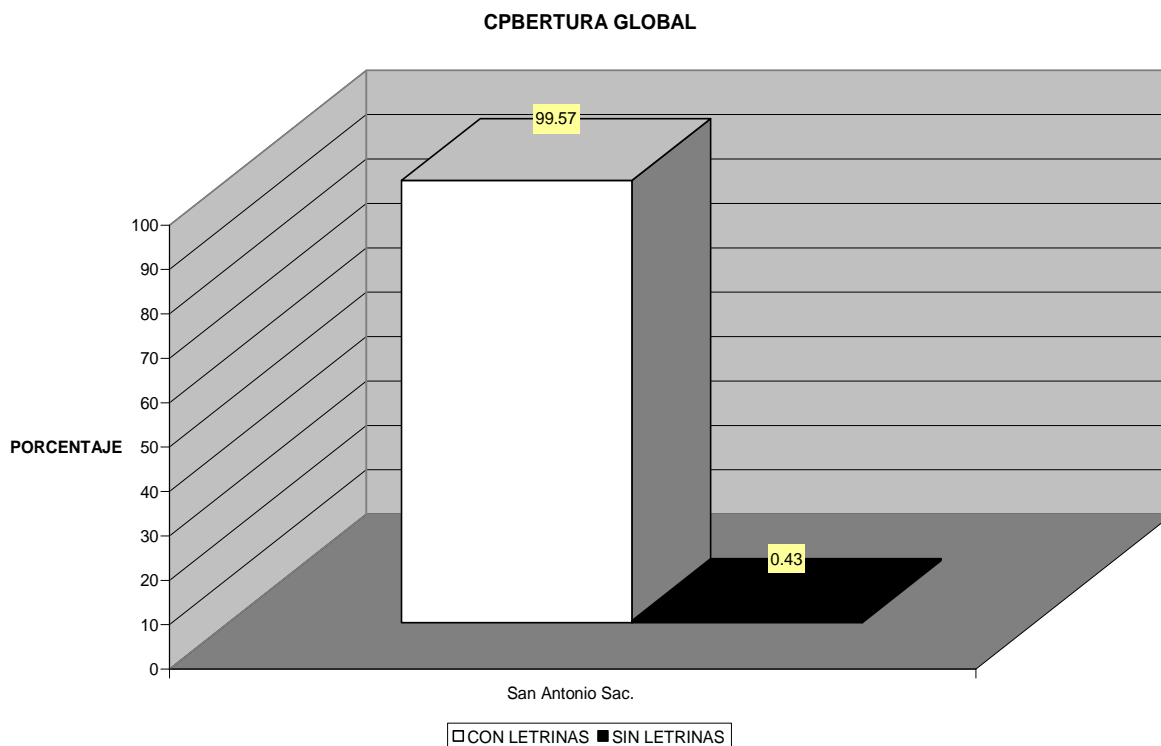
**Tabla VII. Cobertura de letrización  
Año 2,008**

COMUNIDADES	HOGARES		CONEXIÓN A			CASSETAS		
	CON LETRINAS	SIN LETRINAS	DRENAJES C	POZO CIEGO	FOSA SÉPTICA	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	NO TIENEN
San Antonio Sac	471	0	470		1	468	3	0
Cancheagua	46	0	0	46	0	25	21	0
Candelaria Siquibal	174	0	0	174	0	140	34	0
El Mirador	103	0	0	103	0	18	85	0
La Felicidad	203	0	5	194	4	110	93	0
Las Barrancas	265	0	260	5	0	210	55	0
Las Escobas	65	0	0	65	0	40	25	0
Nueva Jerusalén	91	0	0	91	0	60	31	0
Potrerosillos	96	1	0	96	0	25	71	1
San Francisco	61	0	0	57	4	12	49	0
San Isidro Ixcolochil	100	0	3	95	2	25	75	0
San José Granados	264	1	10	244	10	120	144	1
San Miguel	148	4	4	140	6	82	66	4
San Rafael Sac	470	2	0	470	0	120	350	2
San Ramón	80	0	5	71	4	35	45	0
Santa Irene	267	0	1	264	2	120	147	0
Santa Rita	153	0	142	7	4	110	43	0
Santa Rosa de Lima	126	4	1	125	0	40	86	4
Santo Domingo	190	2	1	189	0	60	130	2
Siete tambores	56	2	0	56	0	20	36	2
Tojchiná	124	0	12	108	4	90	34	0
Vista Hermosa	125	0	2	120	3	80	45	0
Totales	3678	16	916	2720	44	2010	1668	16

FUENTE: ENTREVISTA CON PRESIDENTES DE SANEAMIENTO DE LAS COMUNIDADES

Existen 3,678 hogares que cuentan con letrinas, dentro de las cuales 916 se encuentran conectadas a drenajes, 2,720 hogares únicamente se encuentran ancladas a pozos ciegos, cada una de ellas cuentan con sus respectivas casetas pero no todas las casetas cuentan con los requerimientos mínimos de construcción de letrinas y casetas, y 44 hogares se encuentran conectados a una fosa séptica, por lo que la clasificación está de la siguiente forma: 2,010 se encuentran en un estado aceptable; 1,668 definitivamente no cumplen con las especificaciones técnicas y 16 viviendas no tienen ni letrina ni caseta, éstas últimas tienen que acercarse con otras familias para evacuar sus necesidades filológicas. En las siguientes ilustraciones gráficas se presentan el equivalente en porcentajes de cobertura global en el municipio.

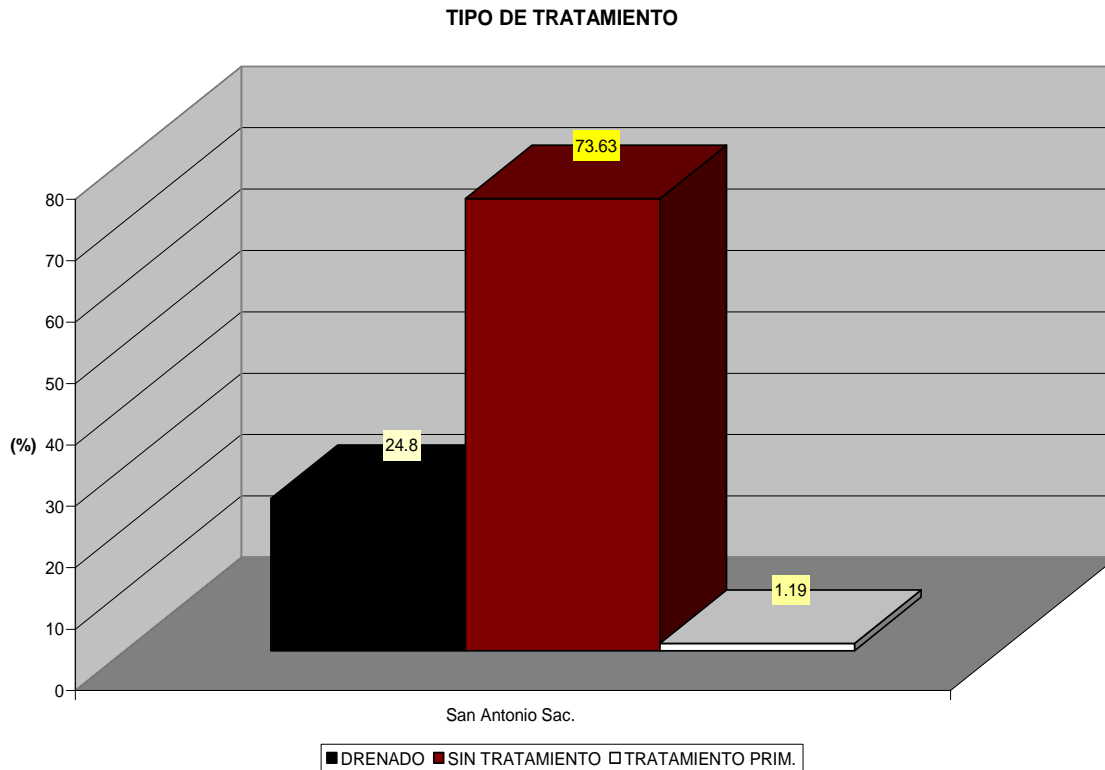
**Gráfica II. Cobertura global en letrinas en el municipio de San Antonio Sacatepéquez**



**Fuente: Autor**

La cobertura de letrinas asciende al 99.57% de hogares que cuentan con letrinas y un 0.43% de hogares que no tienen letrinas, más no así, los sistemas de drenajes. Ya que según la tabla anterior las únicas comunidades que cuentan con un sistema de drenaje de aguas negras o servidas son: la cabecera municipal, la Aldea Santa Rita y la Aldea Las Barrancas, mientras que las otras comunidades aunque ya cuentan con estudios técnicos realizados con anterioridad no se ha logrado la ejecución de los sistemas de drenaje.

**Gráfica III. Tipo de tratamiento de las letrinas en el municipio de san Antonio Sacatepéquez**



**Fuente: Autor**

En la anterior ilustración se observa que el 24.8% se encuentra conectado a un sistema de drenaje, el 73.63 % no cuenta con ningún tipo de tratamiento, (letrinas conectadas de forma directa al suelo por medio de pozos ciegos), y el 1.57 % de los hogares cuentan con un tratamiento primario, es decir una fosa séptica.

### **3.2.2.2 Identificación de la problemática de la disposición de excretas en el Municipio.**

Cada uno de los resultados, indican una clara muestra de la poca orientación de la población acerca de este problema, y de la irresponsabilidad de las

autoridades, ya que aunque algunos pobladores dicen que esto contribuye al bienestar de los cultivos, es altamente dañino para la salud humana.

Definitivamente un pozo ciego es una vía directa de contaminación hacia los acuíferos, y por ende a la salud, tomando en cuenta que un buen porcentaje de la población se abastece de pozos mecánicos y que una fuente superficial de agua proviene de un manto acuífero. De alguna forma, estos han de mostrar un grado de contaminación fecal, o la alteración de algunas propiedades químicas y físicas del agua, que finalmente sirven para consumo humano. Se hallaron algunas necesidades que son prioridad actualmente.

- Lo más notable que el municipio tiene, es la ejecución de proyectos de drenajes con tratamiento de segundo orden, es decir, con una planta de tratamiento de aguas servidas.-
- Si no existieran recursos, se propone como primera opción, un programa de construcción de fosas sépticas. Aunque eso no remedia la alta contaminación que genera la evacuación fisiológica poblacional, ya que solo garantiza la disminución de la contaminación directa hacia los acuíferos.
- Mejorar cada una de las letrinas en mal estado o simplemente sustituyéndolas con otras que cumplan con especificaciones técnicas y sanitarias de construcción.

La finalidad es disminuir en mayor escala la contaminación directa a nuestro ambiente y a la tierra, ya que de ella proviene el recurso agua. Actualmente es necesario conocer las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del municipio, tomando en cuenta los datos anteriores, esto requiere una evaluación del grado de contaminación e influencia microbiológica del recurso hídrico en el municipio.

## **CAPÍTULO IV**

### **SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

Ésta fase consiste en utilizar todos los conocimientos técnicos profesionales, para proponer soluciones a los problemas específicos de agua potable relevantes, ya que estos deben ser acordes a la situación topográfica, económica y poblacional del municipio de San Antonio Sacatepéquez, además de ser factibles en todos los aspectos.

#### **4.1 Caracterización de los sistemas de agua potable en el Municipio de San Antonio Sacatepéquez**

Caracterizar los sistemas de agua potable es determinar los atributos o cualidades, con el objetivo de identificar claramente las ventajas y desventajas por medio de datos estadísticos de carácter técnico, con las que cuentan y pueden diferenciarlos de los demás.

- **Descripción de la caracterización de los sistemas de agua potable**

En esta caracterización se pretende identificar a los sistemas de abastecimiento de agua, mediante dos aspectos importantes que son:

- Características técnicas en construcción y funcionamiento,
- Características sanitarias que describan la calidad del agua.

##### **4.1.1 Características técnicas de los sistemas de abastecimiento de agua**

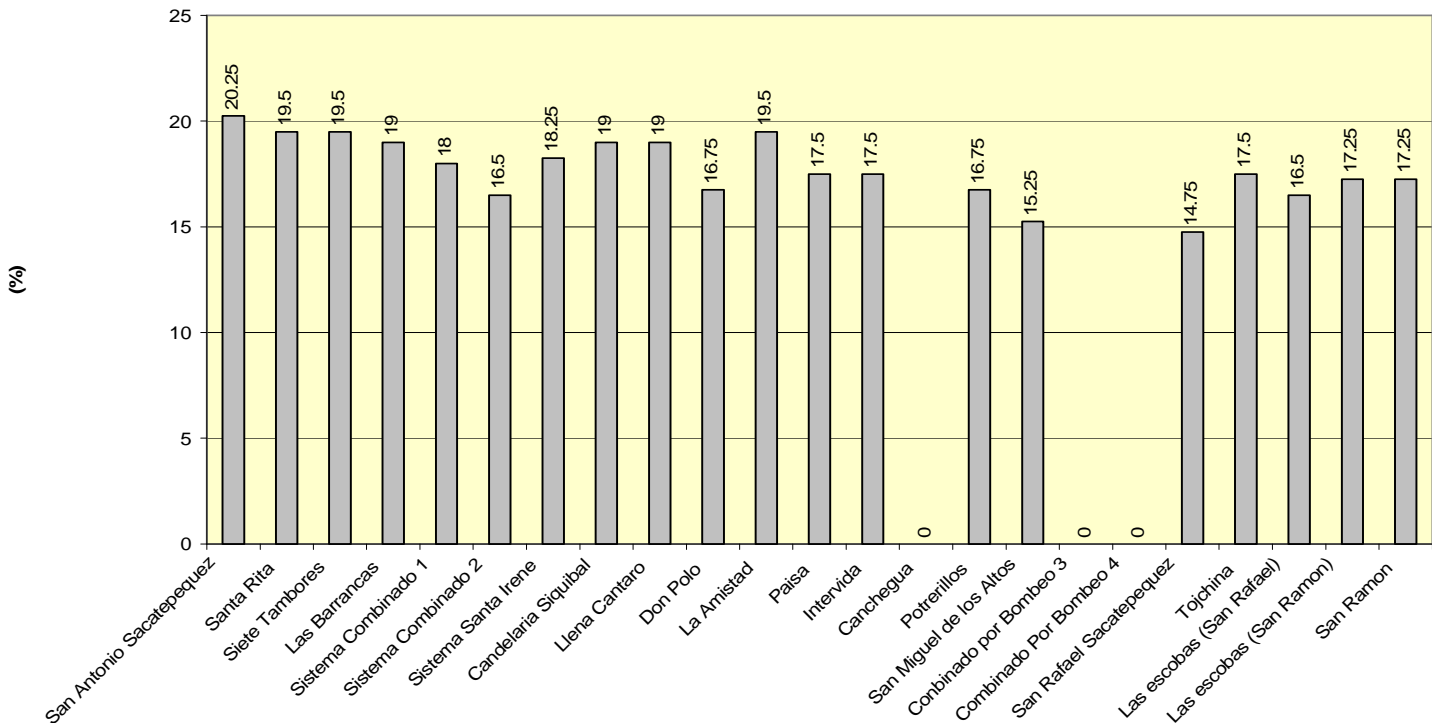
Se obtiene información acerca del estado físico de los componentes de los sistemas de agua potable actuales, además de la eficiencia en su funcionamiento correspondiente, mediante visitas técnicas a los sistemas y entrevistas con los comités de agua potable, de cada comunidad.

#### 4.1.1.1 Estado físico y funcionamiento de los componentes de los sistemas existentes en el Municipio

Éste es un aspecto que se realizó mediante visitas técnicas, a cada uno de los elementos, de los sistemas de agua potable, asignándoles un valor cuantificable, formando una matriz de resultados, (ver anexo No. 5), que describen el estado actual de los diferentes componentes, y su efecto en la eficiencia del funcionamiento de los mismos, con criterios establecidos en las normas de construcción de acueductos rurales de agua potable, que contemplan el aspecto de vulnerabilidad, tanto sísmica como de desastres naturales.

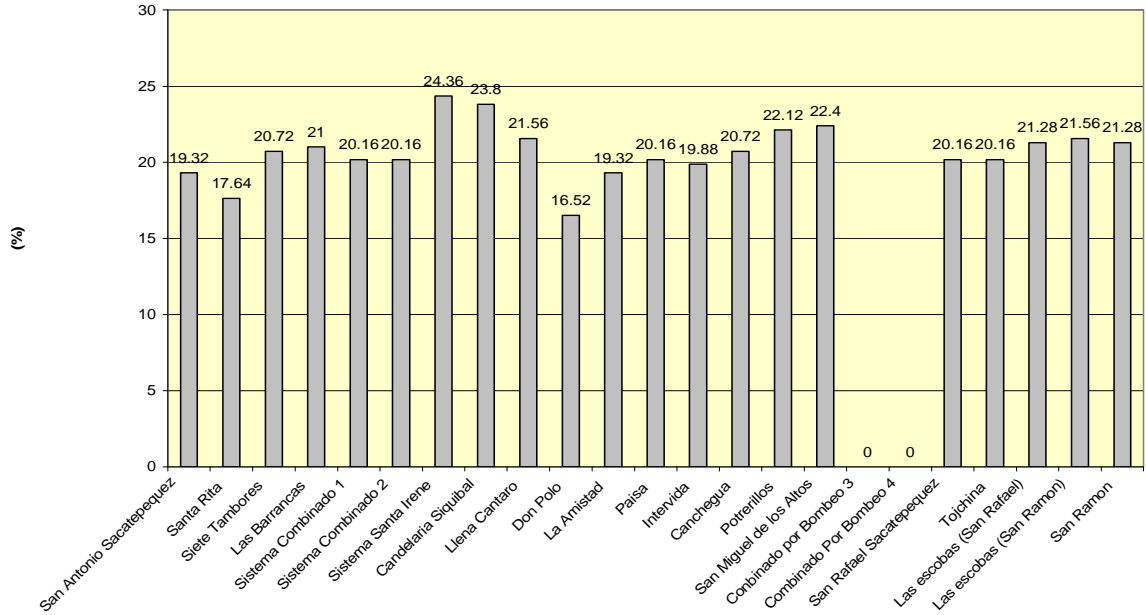
De los resultados de dicha matriz se obtuvieron las siguientes ilustraciones gráficas que describen a través de porcentajes, la eficiencia en el funcionamiento de cada uno de los elementos de los sistemas por nombre.

**Gráfica IV. Eficiencia en captación de los sistemas de agua en San Antonio Sacatepéquez**  
(Ponderación de eficiencia 25/100%)



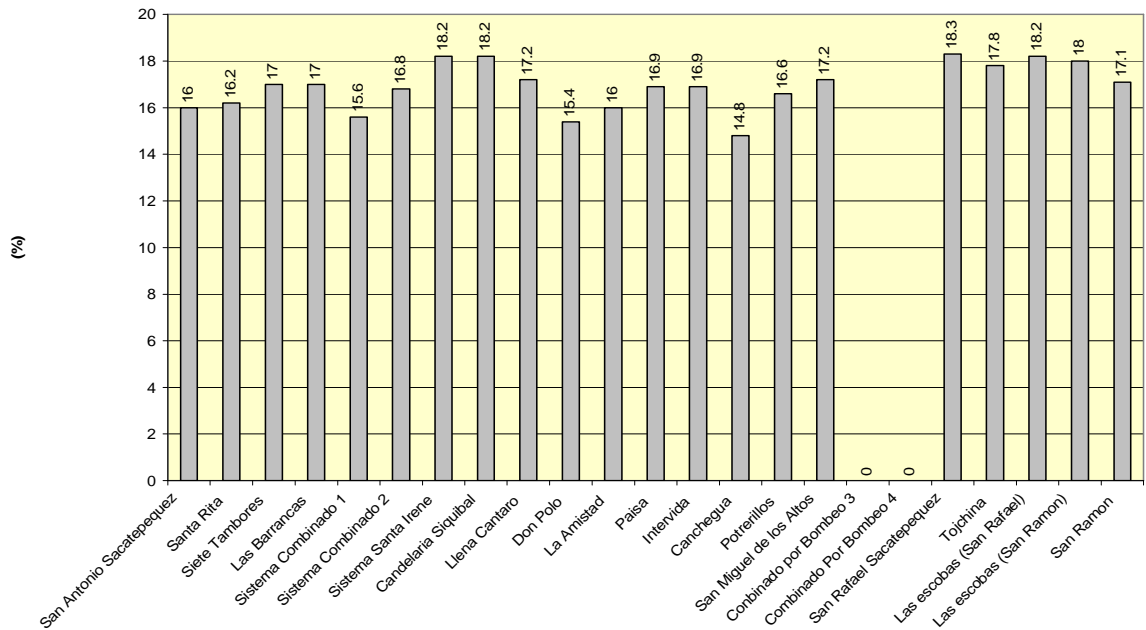
Fuente: Autor

**Gráfica V. Eficiencia de conducción de los sistemas de abastecimiento de agua en San Antonio Sacatepéquez**  
(Ponderación de eficiencia 28/100%)



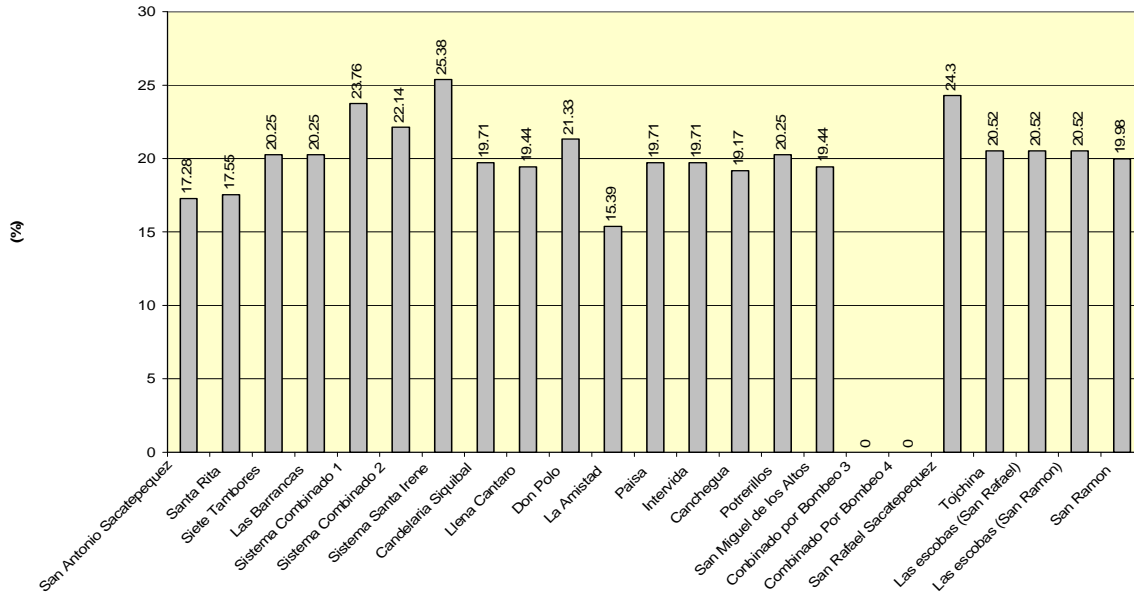
Fuente: Autor

**Gráfica VI. Eficiencia de los tanques de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua en San Antonio Sacatepéquez**  
(Ponderación de eficiencia 20/100%)



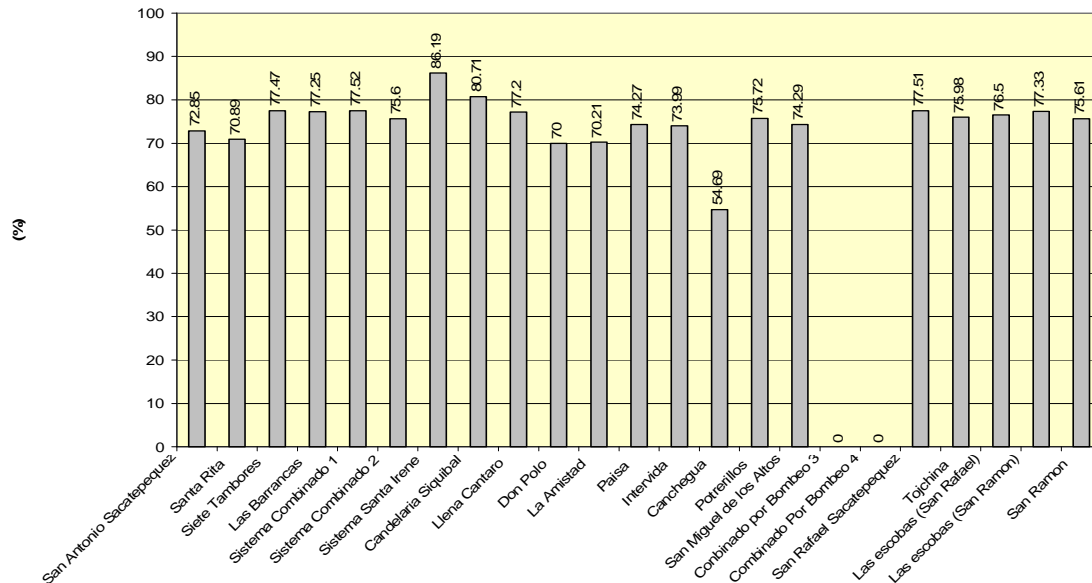
Fuente: Autor

**Gráfica VII Eficiencia de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua en San Antonio Sacatepéquez (Ponderación de eficiencia 27/100 %)**



Fuente: Autor

**Gráfica VIII. Eficiencia global de los sistemas de abastecimiento de agua en San Antonio Sacatepéquez (Sobre el 100%)**



Fuente: Autor

Según el estudio técnico, la eficiencia general de cada uno de los sistemas de abastecimiento, muestra que el sistema de la Aldea Santa Irene es el más eficiente en su funcionamiento, con el 86.19/100 %, tomando en cuenta que es uno de los recién construidos. Cabe mencionar que al igual que otros que son recién construidos no poseen el 100% de su eficiencia, debido a que no se contemplan obras de protección contra contaminación, desastres naturales y sismos, aunque actualmente la normativa de construcción de sistemas de acueductos rurales contemplados por la OPS y OMS demanda que se contemplen aspectos que reduzcan la vulnerabilidad de los sistemas ante este tipo de fenómenos.

Los sistemas combinados 1 y 2 no tienen puntuación ya que actualmente se encuentran en construcción.

#### **4.1.1.2 Operación y mantenimiento**

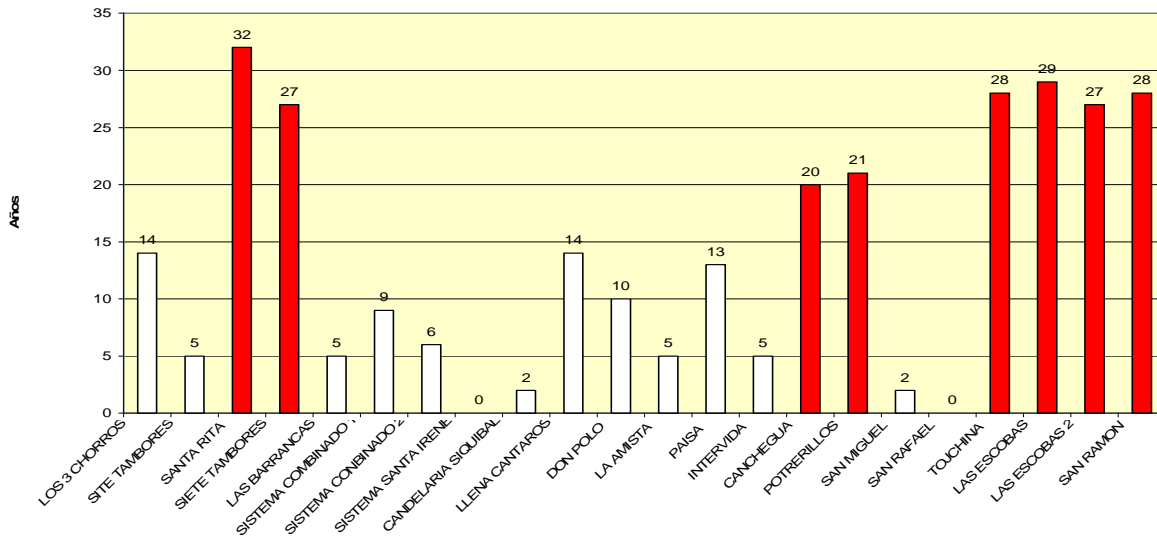
Actualmente en el municipio existen autoridades de agua potable por sistema, estas son las encargadas de darle el debido mantenimiento a los diferentes sistemas existentes, según su jurisdicción, una entrevista planteada a los presidentes de agua potable en general, dice que el intervalo de tiempo para darle mantenimiento a su sistema, es a cada seis meses o cuando el sistema presenta problemas, pero no tienen un manual específico de mantenimiento y operación a excepción de los sistemas recién construidos, tales como: el sistema de Candelaria Siquibal, el sistema de Santa Irene, el sistema de San Rafael de los Altos, quienes cuentan actualmente con fontaneros capacitados mediante programas realizados por las instituciones que ejecutaron la construcción.

#### **4.1.1.3 Vida útil de los sistemas de abastecimiento de agua en el Municipio**

Se refiere directamente al periodo de diseño del sistema, según normas de diseño, en los sistemas de abastecimiento por gravedad el periodo es de 20 años, mientras que en sistemas por bombeo el periodo es de 10-20 años, que inician

justamente cuando éste empieza a funcionar. Según los resultados de encuestas realizadas a los diferentes comités, aproximadamente el 31% de los sistemas existentes en el municipio han sobrepasado el tiempo de vida, aunque aun se encuentran en funcionamiento, dichos sistemas abastecen aproximadamente al 18.37% de la población de San Antonio Sacatepéquez, para ilustrar estos resultados se presenta una grafica describiendo el nombre de los sistemas.

**Gráfica IX. Edades de los sistemas de abastecimiento de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.**

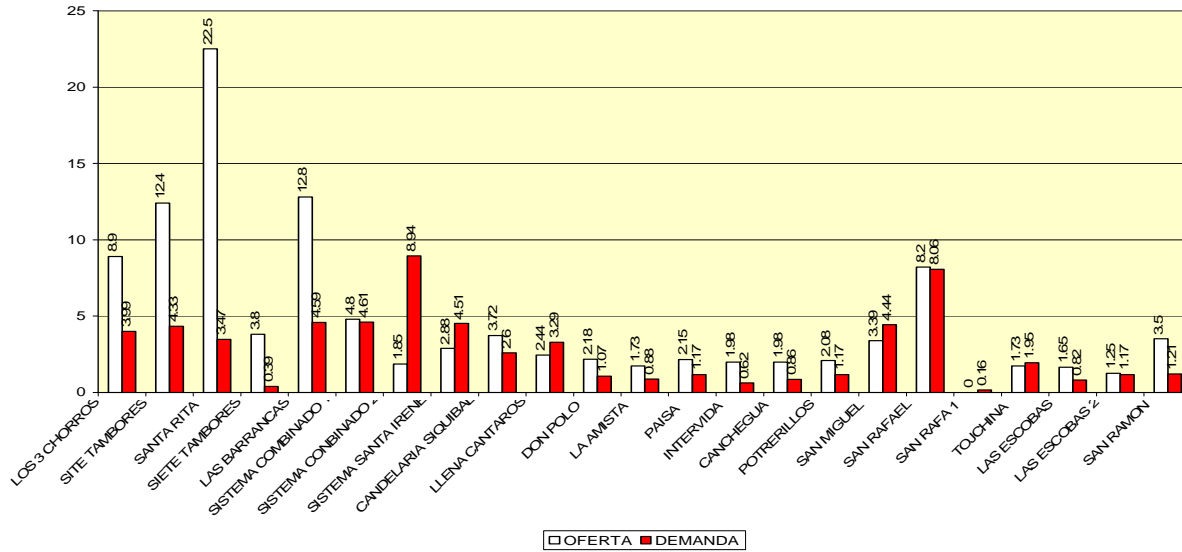


Fuente: Autor

#### 4.1.1.4 Análisis de demanda de agua potable en el municipio

El objetivo de establecer esta etapa es para verificar los caudales de cada una de las fuentes y después comparar los mismos con la demanda futura (20 años) y obtener una conclusión acerca de la sostenibilidad del recurso hídrico, según los diferentes aforos (oferta) y demandas calculadas de acuerdo a la población futura, Se presenta a continuación la siguiente ilustración gráfica de comparación:

**Gráfica X. Descripción de la oferta y la demanda del recurso hídrico en (l/s) en un periodo de 20 años a partir del tiempo actual**



**Fuente: Autor**

De acuerdo a los resultados de la cabecera de San Antonio, que esta siendo abastecido por las fuentes de los Tres Chorros, Tojchina y Siete Tambores, la relación de oferta y demanda indica que existe una muy buena posibilidad de que el recurso sea sostenible, al igual que las fuentes que abastecen a la aldea Santa Rita, Siete Tambores (Comunidad) y Las Barrancas, mostrando la curva de oferta muy por encima de de la curva de demanda, mientras que para el combinado 2, del que se abastecen cinco comunidades de la parte alta que son Santa Irene, San José Granados, La Felicidad, Nueva Jerusalén, Santa Rosa de Lima, la demanda será mayor que la oferta.

Por otro lado según la gráfica, las demás comunidades en un periodo de 20 años, la relación de oferta y demanda estarán al mismo nivel, es decir, la oferta será igual a la demanda.

#### **4.1.2 Características sanitarias del agua en el Municipio**

Consiste en obtener las características físicas, químicas y bacteriológicas más representativas del agua que conduce cada sistema, para poder conocer la calidad del agua que la población está consumiendo.

##### **4.1.2.1 Características físicas del agua**

Consiste en establecer si el agua que se conduce por un sistema de agua contiene materia orgánica e inorgánica en suspensión que pueda afectar sus propiedades físicas en forma visual y sensorial, esto se realiza mediante el análisis de indicadores físicos.

##### **4.1.2.1.1 Indicadores físicos del agua**

- **Color**

Generalmente es derivado de hojas, semillas y otra sustancia orgánica similar, Pero algunas veces es causado por la presencia de hierro o manganeso Combinado con materia orgánica. El color se encuentra principalmente en las aguas superficiales o en algunos pozos poco profundo y manantiales.

- **Olor**

Los olores del agua son debidos a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles orgánicos, aunque también producen olores algunos inorgánicos como el hidrógeno sulfurado.

- **Sabor**

El agua potable no debe resultar desagradable sensorialmente para los consumidores.

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica y esta propiedad está relacionada con la concentración total de sustancia ionizada. El límite máximo aceptable es de 50 y el límite máximo permisible es de 1500  $\mu\text{s/cm}$ .

- **Temperatura**

Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y químicas del agua. La temperatura máxima aceptable es de 30 0C, aunque por lo regular a partir de los 25º, comienza a servir de incubación para ciertos microorganismos, ya que, representa un factor importante en la proliferación de ciertas algas, que pueden agravar más los problemas de color, olor, sabor y corrosión, La temperatura máxima permisible es de 34 0C.

- **Sólidos disueltos**

El contenido de sólidos disueltos en el agua es uno de los parámetros más significativos. La cantidad, el tamaño y el tipo de los sólidos describe el tipo de agua específica, en San Antonio Sacatepéquez, el que presenta mayor numero de sólidos disueltos es el del sistema de Las Escobas con 176 mg/l.

#### **4.1.2.2 Características químicas**

##### **4.1.2.2.1 Indicadores químicos de contaminación fecal**

La contaminación fecal del agua produce dos hechos notables desde un punto de vista sanitario:

- La incorporación de un gran número de microorganismos pertenecientes a la flora fecal.
- La incorporación de materias orgánicas fecales. (Heces de animales)

El primero de ellos justifica el empleo de indicadores microbiológicos, mientras que el segundo la incorporación de materias fecales que deberá condicionar el tipo de indicadores químicos. Los indicadores químicos de contaminación fecal que han sido considerados comúnmente, y que además se utilizaron en esta fase de análisis son: Materia orgánica, cloruros, nitratos, nitritos y amonio.

- **Materia orgánica**

La materia orgánica es el principal elemento de la contaminación fecal, por lo que su presencia-ausencia es uno de los mejores indicadores de la existencia

de dicha contaminación. Es posible considerarla como indicador, pues siempre está presente en este tipo de contaminación, es fácilmente detectable y cuantificable en un laboratorio.

- **Cloruros**

Los cloruros se les ha dado el carácter de indicador debido a que se encuentran en gran cantidad en la orina del hombre y animales. No obstante han perdido valor como indicador de contaminación fecal debido a que se encuentran presentes en todo tipo de aguas, a veces en concentraciones excesivas, debido a la sobreexplotación de acuíferos e intrusiones de aguas marinas.

- **Nitratos**

Los nitratos, debido a su amplia utilización como abono agrícola, también se pueden encontrar, sobre todo en las aguas subterráneas, en concentraciones excesivas, por lo que han perdido gran parte de su valor como indicadores. Aún así, se consideran como indicadores de contaminación fecal a largo plazo, pues es el estado más oxidado del amonio, lo que hace pensar que, el agua con nitratos es agua que fue contaminada hace tiempo y que no se ha repetido el vertido. la fuente más crítica con 1.78 mg/l es la fuente de San Rafael Sacatepéquez, según los indicadores de contaminación microbiológica, una de las explicaciones es que estas fuentes se encuentran en las partes medias y bajas, además de esto su ubicación es cercana a los causes de las cuencas y micro cuencas, por lo que de alguna forma la contaminación llegó a ellos a través de los años, los efectos directos sobre el ser humano, especialmente sobre los niños comprendidos entre 1 – 6 años, siendo una causa de la metereomoglomenia, es decir, la disminución de oxígeno en la sangre, creando consecuencias como: El bajo rendimiento escolar de los niños además de enfermedades de carácter nervioso.

- **Potencial de hidrogeno**

El pH es el logaritmo de la recíproca concentración del Ion hidrógeno, o más precisamente, de la actividad del Ion hidrógeno, en moles por litro. La escala práctica del pH comprende del 0, muy ácido, al 14 muy alcalino, con el valor medio de pH 7 que corresponde a la neutralidad exacta, a 25 °C. El límite máximo aceptable va de 7 a 7.5 y el límite máximo permisible va de 6.5 a 8.5 unidades y las condiciones para que las bacterias crezcan oscilan entre 6.5 y 7.5, con los límites máximos entre 4 y 10, sin embargo, algunas viven en medios fuertemente ácidos. Aunque el pH no ejerce por lo general un efecto directo en los consumidores, es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua.

- **Amonio**

Se produce en el primer pasó de la mineralización. Es el principal indicador químico de contaminación fecal, pues el cuerpo lo expulsa en esta forma, lo que supone que indica una contaminación reciente.

La presencia de este elemento también se debe al uso excesivo de los pesticidas y por lo regular se observa en lugares que se dedican directamente a la agricultura principalmente en el cultivo de hortalizas, como es el caso de la aldea las Barrancas que muestra el más alto índice de contaminación por amonio, en el municipio. Los efectos directos sobre el ser humano es el mismo que el de los nitratos por poseer casi las mismas características en sus componentes.

- **Nitritos**

Los nitritos constituyen un paso intermedio en el proceso de oxidación, por lo que el contenido es variable y no muestra buena correlación con el grado o la antigüedad de la contaminación fecal. Son indicadores de contaminación fecal a medio-corto plazo, ya que desde que se produce la contaminación hasta que aparecen los nitritos debe pasar un tiempo no excesivamente largo.

Estos indicadores tienen una alta relación con el DBO (Demanda bioquímica de oxígeno que es la cantidad de oxígeno consumido en una muestra por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20°, en un periodo de 5 días), al igual que los dos indicadores anteriores su efecto directo sobre el ser humano es ocasionar Metemoglonemia.

#### **4.1.2.3 Características bacteriológicas**

##### **4.1.2.3.1 Indicadores microbiológicos de calidad de agua**

###### **a. Coliformes:**

Bacterias que crecen en el tracto gastro-intestinal, se fermentan con producción de gas

###### **b. Escherichia Coli,**

Es el indicador más preciso de contaminación fecal. Su único hábitat es el tracto gastro-intestinal y se excreta en millones x gramo de heces, algunas cepas son patógenos (ejemplo: Diarrea)

La norma Coguanor especifica que según el método utilizado para el análisis, el límite máximo permisible es de 4 UFC, mayor que esta se recomienda tomar medidas de purificación para que no sea altamente contaminante, según esto los sistemas más críticos son: Las Barrancas, Sistema de Santa Irene, el agua que consumen en Canchegua. El sistema antiguo de Tojchina y el sistema de Las Escobas que tiene su fuente en San Rafael Sacatepéquez, los cuales están contaminados de forma afirmativa según resultados.

**Tabla No. VIII Característica físicas, químicas y bacteriológicas del agua por sistema en el municipio de San Antonio Sacatepéquez en año, 2,008**

NOMBRE DE LA FUENTE	LUGAR AL QUE ABASTECE	UBICACIÓN DE LA FUENTE	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA						PARÁMETROS QUÍMICOS			PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS			
			COLOR	OLOR	SABOR	S. DIS.	TEMP.	COND.	PH	NITRATOS	NITRITOS	AMONIO	UFC	ECHERICHIA	Cloro
						Mg/l	°c	(Ms/cm)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		COLI	(Mg/L)
Los 3 Chorros	San Antonio	las Escobas	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	174	17.3	353	7.08	0	0.001	0.143	0	Negativo	Sin uso
Siete Tambores	San Antonio	Siete Tambores	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	131	13.7	263	6.66	0	0.001	0.09	2	Negativo	Sin uso
Santa Rita	Santa Rita	Siete Tambores	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	118	13.2	221	7.1	0.005	0.57	0.004	1	Negativo	No Tiene
Siete Tambores	Siete Tambores	Siete Tambores	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	140	13.2	256	6.78	0	0.004	0.006	0	Negativo	No Tiene
Las Barrancas	Las Barrancas	Las Barrancas	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	175	20.5	394	6.71	0.003	0.004	0.38	5	Positivo	Sin uso
Sistema Combinado 1	San Francisco	El Mirador	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	107		209	7.05	0	0.057	0	0	Negativo	1.62
Sistema Combinado 2	La Felicidad	San José Granados	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	145	15.9	294	7.12	0	0	0.09	0	Negativo	0.12
Sistema Santa Irene	Santa Irene	Santa Irene	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	162	15.6	324	7.4	0.01	0.004	0.001	3	colonias	1.14
Candelaria Siquibal	Candelaria Siquibal	las Escobas	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	169	17.1	349	6.98	0.005	0.008	0.001	0	Negativo	1.8
Llena Cántaro	San Isidro ixcolochil	Siete Tambores	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	107	13.1	218	6.51	0.04	0.09	0.04	1	Negativo	Sin Uso
Don Palo	Vista Hermosa	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	164	13	332	7.09	0.015	0.004	0.02	0	Negativo	No Tiene
La Amistad	Vista Hermosa	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	98.5	15.3	196.1	6.24	0	0.91	0.001	2	Negativo	No Tiene
Intervida	Vista Hermosa	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	158	13.1	328	7	0.0014	0.006	0.02	0	Negativo	Sin Uso
Canchagua	Canchagua	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	109	18.6	215	7.21	0.07	0.04	0.08	9	Positivo	
Potrerrillos	Potrerrillos	Potrerrillos	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	121	13.7	236	6.78	0	0.001	0.01	2	Negativo	A veces
San Miguel de los Altos	San Miguel	San José granados	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	50	19	100	6.44	0.004	0	0.04	2	Positivo	Sin Uso
San Rafael	San Rafael	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	40	19	80	6.88	0	0.003	0.002	2	Negativo	No Tiene
Combinado por bombeo 3		Santa Irene	EN CONSTRUCCIÓN												
Combinado por bombeo		Las Escobas	EN CONSTRUCCIÓN												
San Rafa.	San Rafael	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	70	19	150	6.49	0.008	0	0	2	Negativo	No Tiene
Tao china	Tojchina	Tojchina	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	133	15.2	266	6.92	0.021	0.212	0.001	5	Positivo	No Tiene
Las escobas	Las escobas	San Ramón	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	143	14.6	266	6.8	0.143	0.002	0	4	Positivo	No Tiene
Las escobas	Las Escobas	San Rafael	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	176	13.4	264	6.58	0	0.009	0.05	1	Negativo	No Tiene
San Ramón	San Ramón	San Ramón	Organoléptico	Organoléptico	Aceptable	129	13.7	257	6.53	0	0.003	0.001	1	Negativo	No Tiene

FUENTE: ANALISIS REALIZADOS POR EL AUTOR.

#### **4.1.2.3.2 Interpretación de resultados de calidad de agua en el Municipio de San Antonio Sacatepéquez**

De acuerdo a los resultados expuestos en el cuadro anterior se observa que 5 sistemas muestran contaminación fecal, estos se encuentran abasteciendo a 3,222 habitantes, representando el 17.75% de la población total del municipio, donde solamente el 5.74% de esta población, cuenta con un sistema de cloración, siendo este, el sistema de Santa Irene.

Además de este sistema existen otros tres sistemas que actualmente cuentan con su propio sistema de cloración, estos son: el combinado 1, el combinado 2 y el sistema de Candelaria Siquibal, estas abastecen a las comunidades de: Santo Domingo, caserío San Francisco, caserío el Mirador, parte de la Nueva Jerusalén, San José Granados, la Felicidad y toda la comunidad de Candelaria Siquibal, la población total que cuenta con sistema de cloración en el municipio, asciende a 7,856 habitantes, representando únicamente el 36.49% de acuerdo a estos resultados los índices de morbilidad infantil y enfermedades gastrointestinales, además de enfermedades de la piel, en la población de San Antonio Sacatepéquez, tienden a ascender, por lo que se torna necesaria la introducción de sistemas de cloración, en todos los sistemas existentes y los que se construirán en el futuro, para mitigar la contaminación y disminuir los riesgos de epidemias y enfermedades en el municipio.

Según los resultados del diagnóstico, en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, existe una cobertura de agua potable, aceptable, indicando que la necesidad es mínima, esta se centra más en ampliar y mejorar los sistemas que presentan desperfectos.

De acuerdo a la caracterización técnica, el 50% de los sistemas de abastecimiento de agua potable, existentes en el municipio manifiestan problemas en sus componentes, estos limitan su buen funcionamiento, obteniendo como resultado las siguientes necesidades en proyectos de construcción, ampliación y mejoramiento de sistemas de agua potable, en el municipio:

1. Ampliación a 20 conexiones y mejoramiento de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable “La Amistad”, ubicada en el caserío Vista Hermosa.-
2. Ampliación a 15 conexiones y mejoramiento de la línea de conducción ante la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable “Don Polo”, ubicada en el caserío Vista Hermosa.
3. Construcción de una línea de impulsión para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Candelaria Siquibal.-
4. Mejoramiento de la red de distribución del cantón Tojchina, (ya cuenta con estudio técnico).
5. Perforación de un pozo mecánico y mejoramiento del sistema de abastecimiento de la aldea Santa Rita.
6. Introducción del sistema de abastecimiento de agua potable en la aldea San Isidro Ixcolochil.
7. Remodelación de la red de distribución en la cabecera municipal.-
8. Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable del cantón San Ramón

Cada uno de los anteriores proyectos de mejoramiento tiene problemas muy particulares, en los que la mayoría son de carácter técnico, sin olvidar los problemas sociales que también existen dentro de las comunidades.

## **4.2 ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ**

### **4.2.1 Medios, metas, unidades y actividades de intervención**

#### **a) Análisis de medios**

- Ampliación de la cobertura del servicio de agua para consumo humano y el mejoramiento de la infraestructura hídrica en el municipio.
- Capacitar a la población para la administración, operación y mantenimiento de los servicios.
- Lograr adecuados hábitos y prácticas de higiene en la población, a través de la implementación de un programa de capacitación en educación sanitaria.
- Existencia de infraestructura de disposición de excretas adecuadas a la comunidad y luego la capacitación de uso y mantenimiento por parte de los beneficiarios.

#### **b) Análisis de metas**

- Disminuir la tasa de morbilidad y la mortalidad infantil.
- Reducir los gastos por salud de población de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.
- Incrementar el nivel de salud, teniendo como fin último mejorar la calidad de vida de la población.

#### **c) Unidad formuladora del proyecto**

Servicios para el desarrollo SER

Universidad de San Carlos de Guatemala

#### **d) Unidad ejecutora del proyecto**

Servicios para el Desarrollo SER

#### **e) Participación de entidades involucradas y los beneficiarios**

- **Beneficiarios**

Los beneficiarios de las distintas comunidades, principalmente los comités de agua y saneamiento, se comprometen a cooperar con la mano de obra no calificada a través de una organización comunitaria, mediante jornales de trabajo, como también a realizar todas las gestiones legales que les competen y sean necesarias, para que el proyecto se ejecute de la manera más rápida y eficaz posible.

- **Entidades involucradas**

La unidad ejecutora del proyecto, es una de las más interesadas en cooperar para que este proyecto se lleve a cabo, mediante apoyo logístico y profesional, además del apoyo de mano de obra calificada, y la aportación de los materiales e insumos necesarios para el proyecto, sin tomar en cuenta que este estudio es parcialmente financiado por la misma, además de la participación de los comités de agua potable, COCODES y la municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, en coordinación con los beneficiarios.

#### **f) Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó para localizar los puntos que indican cada una de los puntos relevantes de los sistemas de agua potable evaluados, por efectos de estudios de pre-factibilidad, se utilizaron los siguientes instrumentos de medición:

1 Teodolito marca PRECISION T150

1 Estadal de 4 mts.

1 Cinta métrica de 50 mts.

Estacas.

Se realizaron los levantamientos siguientes: Planimétrico y Altimétrico.

## **4.2.2 Estudio de pre-factibilidad de proyectos de ampliación y mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua “LA AMISTAD” y “DON POLO”, Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez San Marcos**

### **4.2.2.1 Factibilidad social**

#### **4.2.2.1.1 Nombre de los proyectos**

- Ampliación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable “**La Amistad**”, del caserío Vista Hermosa, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.
- Ampliación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable “**Don Polo**”, del caserío Vista Hermosa, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

#### **4.2.2.1.2 Ubicación**

Caserío Vista Hermosa, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

#### **4.2.2.1.3 Diagnóstico de la situación actual**

##### **a) Población afectada, sus características y actividad económica**

Actualmente los sistemas se encuentran abasteciendo a 115 hogares que según el diagnóstico realizado, la densidad de habitantes por familia, dentro de esta comunidad es de 8 MPF, beneficiando así a 920 personas que equivale al 4.28% de la población total del municipio, pero dichos sistemas se desean, ampliar para abastecer a 240 personas más, beneficiando así a un total de 5.4% de la población total del municipio.

Dichos beneficiarios presentan casos de carencia de recursos financieros, su principal fuente de trabajo es la agricultura; argumentan que no cuentan con los recursos económicos para poder remediar la problemática establecida en la

localidad, ya que únicamente perciben en promedio Q. 37.00 al día con lo que mantienen a su familia y no es suficiente para aportar en beneficio del proyecto.-

#### **b) Marco de referencia social**

Los proyectos surgieron a raíz de la iniciativa que tienen los pobladores de la aldea Vista Hermosa, ya que actualmente el funcionamiento de dichos sistemas según el diagnóstico realizado, presentan deficiencias como por ejemplo: el sistema “La Amistad” presenta una alta deficiencia en la red de distribución, además de esto, en las captaciones existe un rebalse elevado provocando un alto desperdicio del recurso en las fuentes. Mientras que el sistema “Don polo” presenta la deficiencia en la línea de conducción, ocasionando que los beneficiarios no cuenten con un servicio óptimo.

El objetivo principal de estos proyectos es la ampliación de los mismos, para poder abastecer del recurso hídrico a los pobladores que no cuentan con el mismo, utilizando estrategias encaminadas a el buen funcionamiento de los sistemas, abarcando el mayor número de beneficiarios. Existe un alto interés de las personas de la comunidad para que este proyecto se lleve a cabo sin ninguna problemática de tipo social.

#### **4.2.2.1.4 Análisis de opciones para definir la opción técnica y financiera mas favorable**

##### **a) Construcción de un sistema totalmente nuevo único para la comunidad**

Existe la posibilidad de la construcción de un sistema totalmente nuevo, único para la comunidad, unificando los cuatro sistemas existentes dentro de la comunidad, ya que dentro de la misma están construidos cuatro sistemas por gravedad, (Ver tabla No. 6 Pág. 35 en diagnostico), donde tres de ellos tienen sus fuentes ubicadas en puntos diferentes, de la misma

comunidad, aproximadamente a un promedio de 2,100 mts. de distancia entre cada fuente.

Las cotas entre una fuente y otra son muy pronunciadas, ya que la cota de la fuente del proyecto La Amistad es de 1000 mts, mientras que la del proyecto Don Polo es de 900, existiendo una diferencia aproximada de 100mts. de desnivel, además, existe la tercera fuente del proyecto de Intervida, que tiene aproximadamente las mismas características que la de Don Polo, estas tres primeras se encuentran ubicadas en la aldea San Rafael Sacatepéquez.

La cuarta es la fuente del proyecto “Llena cantaros”, se encuentra ubicada en la aldea Siete Tambores con una cota de 1030 mts, aproximadamente, pero a una distancia de 3,100 mts, del centro de la comunidad, con la aclaración de que este sistema abastece a la aldea Vista Hermosa y también a la aldea San Isidro Ixcolochil.

Todas estas fuentes se encuentran por encima de la cota de la comunidad ya que en promedio, ésta es de 788 mts; aproximadamente. De acuerdo a esta información, la opción no presentaría ningún problema técnico por lo que se justifica su factibilidad.

**b) Posibles problemas a encontrar:**

- existen problemas sociales, ya que entre los comités hay un celo y una oposición firme y totalmente cerrada.
- La construcción de un sistema totalmente nuevo, implicaría un alto costo en: recursos financieros, recursos humanos, recursos tecnológicos, además del tiempo de duración en gestión, concientización y ejecución, la repercusión que estos aspectos tendrían sobre la comunidad, representa un problema serio que implicaría la negativa rotunda en su aceptación y por

ende en su colaboración, por lo que desde el punto de vista social no es factible.

**c) Ampliación y mejoramiento de los sistemas de “Don Polo y La Amistad”, ya existentes**

La ampliación y el mejoramiento de los sistemas comprenden únicamente mejorar lo que ya está construido, tomando en cuenta las normas básicas de construcción, para reducir la vulnerabilidad y mejorar el funcionamiento de los sistemas, de forma global para garantizar la existencia de agua para los beneficiarios y mejorar sus condiciones de saneamiento.

**d) Ventajas:**

- Menos inversión
- Optimización de tiempo y recursos
- Accesibilidad y mayor participación de parte de los beneficiarios

**e) Desventajas**

- Continuación de los traslapes en la tubería de la comunidad.

De acuerdo al análisis planteado, resulta más ventajosa la segunda opción, ya que se ajusta más a la realidad social de dicha comunidad.

**4.2.2.2 Factibilidad técnica**

**4.2.2.2.1 Identificación del problema**

La alta deficiencia en el funcionamiento y vulnerabilidad ante los desastres naturales de los sistemas de abastecimiento de agua potable “La Amistad” y “Don Polo”.

**4.2.2.2.2 Características de los Sistemas**

Debido a que la necesidad se refiere directamente a la ampliación y mejoramiento del número de conexiones con el que actualmente cuenta el sistema que es de 115, donde la calidad del servicio manifiestan problemas en distintas

partes del sistema, según los resultados de eficiencia técnica, expuestas en el diagnóstico anterior, para el proyecto La Amistad y Don Polo, es únicamente del 70% y 70.21% sobre un 100%, respectivamente, (ver ilustración gráfica No. 8 Pág. 39 en diagnóstico), por lo que mediante la ampliación se pretende alcanzar a 35 beneficiarios más, (20 para el sistema “La Amistad y 15 para el sistema “Don Polo”, de acuerdo a su distribución en el lugar), lo que hace un total de 150 conexiones, aumentando así la cobertura, mediante la construcción de un sistema adecuado.

Actualmente la cobertura es cerca del 100%, pero esto no garantiza que el funcionamiento también lo sea, por lo que los beneficiarios que desean adjuntarse a la ampliación, pretenden mejorar su condición acerca de este recurso.

#### **4.2.2.2.1 Principales causas que afectan al funcionamiento de los sistemas de agua potable.**

No cuentan con los componentes necesarios para su adecuado funcionamiento tales como:

- Válvulas de aire, cajas rompe presión, válvulas de limpieza y principalmente en algunos tramos no cuenta con el diámetro de tubería necesaria para la buena conducción y distribución del recurso, hasta los puntos de consumo.
- La topografía misma del terreno ha impedido pasar por lugares de menos vulnerabilidad, tanto ante los desastres naturales, como los sismos, por lo que existe tubería expuesta sobre el suelo por ser muy rocoso y en algunos tramos éstas no poseen el recubrimiento necesario para su estabilidad, permitiendo que queden expuestas a un colapso total o parcial.
- La falta de recursos económicos de parte del los pobladores para poder ejecutar un buen plan de operación y mantenimiento del sistema, lo que reduce la vida útil.

- La falta de interés de las autoridades locales, para mejorar las condiciones de salud y vida de sus pobladores.

#### **4.2.2.2.2 Principales efectos sobre el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable**

- Posiblemente el colapso total o parcial de algunas estructuras del sistema que se encuentran vulnerables ante los fenómenos naturales, dejando sin servicio a los pobladores.
- Erosión del suelo provocado por el recurso hídrico que se desperdicia dañando las propiedades privadas de los que se encuentran a su alrededor, (ejemplo: existen nacimientos con sobrantes de agua).
- Aumenta los problemas de orden social entre comunidades, por el alto desperdicio del recurso, mientras que en otras hace falta y existe proliferación.
- La formación de enfermedades de orden patológico, debido a la deficiencia del sistema de saneamiento en la región, teniendo un efecto directo sobre la salud y la calidad de vida de los pobladores.

#### **4.2.2.2.3 Formulación de los proyectos**

##### **4.2.2.2.3.1 Formulación del proyecto “La Amistad”**

###### **4.2.2.2.3.1.1 Bases de diseño**

###### **4.2.2.2.3.1.1.1 Dotación de agua (lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, se consideró una dotación de 100 lt/hab./día, dotación que se encuentra en el rango establecido para localidades rurales, que no cuentan con servicio de alcantarillado.

###### **4.2.2.2.3.1.1.2 Población actual**

La población que abarca este sistema es de 560 habitantes.

#### 4.2.2.2.3.1.1.3 Población de diseño

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico. El cual tiene como ventaja que las poblaciones en vías de desarrollo crecen a un ritmo geométrico exponencial, por lo tanto, éste método responde más a la realidad de la aldea.

Felix Mérida, J. (2,006). Tesis de diseño de alcantarillado sanitario, utiliza la siguiente formula.

$$P_f = P_o (1+r)^n \quad (4.1)$$

Donde,

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual

$r$  = tasa de crecimiento

$n$  = período de diseño

Para ejemplificar el proceso del cálculo hidráulico, se tomó la población actual total del proyecto, de donde se obtienen los siguientes datos:

$P_o = 70 \text{ casas} \times 8 \text{ hab/casa} = 560 \text{ habitantes}$

$r = 2.9 \%$  según diagnóstico

$n = 20 \text{ años}$

Aplicando la fórmula del método, se obtiene:

$P_f = 560 (1 + 0.029)^{20} = 992 \text{ habitantes}$

#### 4.2.2.2.3.1.1.4 Caudal medio o necesario

Charchalac, W. (2,006). Tesis de diseño de agua potable por bombeo, caserío Xibalba el caudal lo calcula con la siguiente fórmula

$$Q_m = \frac{\text{población futura} \times \text{dotación}}{86400} \quad (4.2)$$

Donde Q = caudal medio o necesario

$$Q_m = \frac{992 \text{ habitantes} \times 100 \text{ l/habitante/día}}{86400 \text{ s/día}} = 1.15 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 1.15 \text{ l/s}$$

#### 4.2.2.2.3.1.1.5 Consumo máximo diario

Se obtiene de la multiplicación del FDM por el caudal medio, para este proyecto se optó por utilizar el factor de 1.3 ya que la población futura es menor de 1000 habitantes.

$$Q \times 1.3 = 1.15 \times 1.3 = 1.495 \text{ l/s} < \text{que } 4.53 \text{ l/s, caudal de la fuente.}$$

#### 4.2.2.2.3.1.1.6 Consumo máximo horario o caudal hora máxima.

Se refiere al caudal de distribución, el cual se calcula multiplicando el caudal medio por el factor 3 que fue tomado en función a la población, con el mismo criterio que el consumo máximo diario.

$$Q_{mh} = 1.15 * 3 = 3.45 \text{ l/s}$$

#### 4.2.2.2.3.1.1.7 Volumen del tanque de almacenamiento

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales. (Pág. 32), utiliza la siguiente fórmula.

$$\frac{Q \times 0.35 \times 86400}{1000} \tag{4.3}$$

Donde: Q = caudal medio

$$\frac{1.15 \times 0.35 \times 86400}{1000} = 35 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque de almacenamiento es de 35m<sup>3</sup>.

**Tabla IX. Criterios de diseño para análisis del sistema de agua potable “La Amistad”**

<b>PROYECTO</b>	<b>MEJORAMIENTO DEI SISTEMA LA AMISTAD</b>	
<b>COMUNIDAD:</b>	<b>VISTA HERMOSA</b>	
<b>MUNICIPIO:</b>	<b>SAN ANTONIO SACATEPÈQUEZ</b>	
<b>DEPARTAMENTO:</b>	<b>SAN MARCOS</b>	
<b>BASES DE DISEÑO</b>		<b>P/TANQUE DIST. Y TUBERÍAS</b>
<b>Tipo de sistema</b>		<b>Gravedad</b>
<b>Servicio</b>		<b>Domiciliar</b>
	<b>72</b>	<b>Galones / minuto</b>
<b>Caudal de aforo</b>	<b>4.53</b>	<b>Litros / segundo</b>
<b>No. de conexiones</b>	<b>70</b>	<b>Conexiones prediales</b>
<b>Periodo de diseño</b>	<b>20</b>	<b>Años</b>
<b>Dotación</b>	<b>100</b>	<b>Litros por habitante por dia</b>
<b>Población actual</b>	<b>560</b>	<b>Habitantes</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>	<b>2.9</b>	<b>%</b>
<b>Población de diseño</b>	<b>992</b>	<b>Habitantes</b>
<b>Caudal medio o necesario</b>	<b>1.15</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>FDM</b>	<b>1.3</b>	
<b>Caudal conducción</b>	<b>1.5</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>FHM</b>	<b>3</b>	
<b>Caudal distribución</b>	<b>3.45</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>Vol .tanque almacenamiento</b>	<b>35</b>	<b>Metros cúbicos</b>

FUENTE: AUTOR

#### 4.2.2.2.3.1.2 **Análisis de los componentes y propuestas de solución**

##### **a) Captación**

Actualmente la captación para el abastecimiento del sistema existente corresponde a un brote superficial definido, adjunto a un pozo artesanal de 6 m. de profundidad, de la ladera, con caudal en conjunto de 4.53 l/s.

Para este proyecto es necesario la construcción de una sola captación, además, de un muro de protección de aproximadamente 6m. de longitud por 3m de alto, que permita la protección de su estructura de la erosión del suelo.

## **b) Línea de conducción**

La conducción del sistema existente no presenta muchos problemas, pero según la visita técnica, existe la necesidad del cambio de ciertos tramos de tubería que se encuentra en mal estado, debido a los varios desastres naturales.

La longitud aproximada de la conducción es de 5,300 mts. y según el aforo realizado el 15/11/07, el caudal que ingresa al tanque de distribución es de 1.2 l/s, y de acuerdo al análisis del sistema, el caudal necesario de conducción debe ser de 1.03 l/s, por lo que indica que en este aspecto no hay problema.

En el sistema hay un tramo donde la tubería se rompe con frecuencia por exceso de presión por lo que se debe de construir una CRP (caja rompe presión), además del cambio de la tubería que sale de la misma, incrementando el diámetro de 1 ½" a 2", en un trayecto de 115 metros.

## **c) Almacenamiento**

El tanque de distribución existente tiene una capacidad de 12m<sup>3</sup>, actualmente se encuentra aun en buen estado, pero, debido a que el sistema tiene que aumentar, ahora se necesitan 35m<sup>3</sup> por lo que existe un déficit de 23m<sup>3</sup>.

En este sentido se plantea la construcción de un tanque nuevo de 23m<sup>3</sup> ya que no es posible ampliar el existente, además de la introducción del sistema de cloración.

## **d) Red de distribución**

Éste es uno de los elementos del sistema que presenta muchos desperfectos, que en su mayoría son técnicos; ya que la tubería instalada, no es del diámetro adecuado, por lo que se necesita cambiarla totalmente.

Se plantea la ampliación de la red de distribución a nivel de línea de distribución, para cubrir a 20 familias que se unirán al proyecto, incrementando el diámetro de la tubería en función de la necesidad, con una longitud aproximada de 3,000ml. (Determinada a través del análisis del número de viviendas a conectar y sus niveles), además de la construcción de una caja rompe presión en la parte baja.

#### **e) Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias existentes se encuentran en estado regular, no tienen cajas de registro, no tienen válvulas de paso. Para ampliar la cobertura y mejorar el servicio, se propone la instalación de 30 conexiones domiciliarias más y mejorar las ya existentes, con llaves de paso y cajas de registro para garantizar su buen funcionamiento.

Según lo planteado con anterioridad se concluye que el proyecto es factible desde el punto de vista técnico.

#### **4.2.2.2.3.2 Formulación del proyecto “DON POLO”**

##### **4.2.2.2.3.2.1 Bases de diseño**

##### **4.2.2.2.3.2.1.1 Dotación de agua (lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, se considera una dotación de 100 lt/hab./día, dotación que se encuentra en el rango establecida por el sector, para localidades rurales, que no cuentan con servicio de alcantarillado.

##### **4.2.2.2.3.2.1.2 Población actual**

La población total que abarca este sistema es de 640 habitantes.

##### **4.2.2.2.3.2.1.3 Población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico, explicado en la formulación anterior.

$P_o = 80 \text{ casas} \times 8 \text{ hab/casa} = 640 \text{ habitantes}$

$r = 2.9 \%$  según diagnóstico

$n = 20$  años

Aplicando la fórmula del método, se obtiene:

$P_f = 640 (1 + 0.029)^{20} = 1,134 \text{ habitantes}$

Población de diseño = 1,134 habitantes

#### 4.2.2.2.3.2.1.4 Caudal medio o necesario

Se calcula con la fórmula explicada en la formulación anterior

$$Q = \frac{1,134 \times 100}{86400} = 1.31 \text{ l/s}$$

**Q= 1.31 l/s**

#### 4.2.2.2.3.2.1.5 Consumo máximo diario

Para este proyecto se optó por utilizar el factor de 1.3 ya que la población ingresa dentro de los parámetros de diseño y se obtiene de la siguiente fórmula.

$$Q \times 1.3 = 1.31 \times 1.3 = 1.70 \text{ l/s} < 2.39 \text{ caudal de aforo}$$

#### 4.2.2.2.3.2.1.6 Consumo máximo horario o caudal hora máxima.-

Se refiere al caudal de distribución, se calcula multiplicando el caudal medio por el factor 3 que fue tomado en función a la población, con el mismo criterio que el consumo máximo diario.

$$Q_{mh} = 1.31 \times 3 = 3.93 \text{ l/s}$$

#### 4.2.2.2.3.2.1.7 Volumen del tanque de almacenamiento

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales. (Pág. 32), utiliza la siguiente fórmula. Se calcula mediante la fórmula explicada en el proyecto anterior

$$Q \times 0.35 \times 86400$$

(4.3)

1000

Donde: Q = caudal medio

Volumen del tanque = 39.61m<sup>3</sup>, por efectos de redondeo en dimensiones se aproxima a 40 m<sup>3</sup>

**Tabla X. Criterios de diseño para el análisis del sistema de agua potable “Don Polo”.**

<b>PROYECTO:</b>	<b>MEJORAMIENTO SISTEMA "DON POLO"</b>	
<b>COMUNIDAD:</b>	<b>VISTA HERMOSA</b>	
<b>MUNICIPIO:</b>	<b>SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ</b>	
<b>DEPARTAMENTO:</b>	<b>SAN MARCOS</b>	
<b>BASES DE DISEÑO</b>		<b>P/TANQUE DIST. Y TUBERIAS</b>
<b>Tipo de sistema</b>		<b>Gravedad</b>
<b>Servicio</b>		<b>Domiciliar</b>
	<b>38</b>	<b>Galones / minuto</b>
<b>Caudal de aforo</b>	<b>2.39</b>	<b>Litros / segundo</b>
<b>No. de conexiones</b>	<b>80</b>	<b>Conexiones prediales</b>
<b>Periodo de diseño</b>	<b>20</b>	<b>Años</b>
<b>Dotación</b>	<b>100</b>	<b>Litros por habitante por día</b>
<b>Población actual</b>	<b>640</b>	<b>Habitantes</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>	<b>2.9</b>	<b>%</b>
<b>Población de diseño</b>	<b>1134</b>	<b>Habitantes</b>
<b>Caudal medio o necesario</b>	<b>1.31</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>FDM</b>	<b>1.3</b>	
<b>Caudal conducción</b>	<b>1.70</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>FHM</b>	<b>3</b>	
<b>Caudal distribución</b>	<b>3.93</b>	<b>Litros por segundo</b>
<b>Vol .tanque almacenamiento</b>	<b>40</b>	<b>Metros cúbicos</b>

FUENTE: AUTOR

#### 4.2.2.2.3.2.2 **Análisis de los componentes y propuestas de solución.**

##### **a) Captación**

Actualmente el sistema cuenta con tres captaciones, pero la principal se encuentra a orillas del río Sirillo, presentando socavación por abajo e inundación por encima cuando la corriente del río crece, por lo que es una de

las captaciones altamente vulnerables a la contaminación y los desastres naturales.

De acuerdo a esto, se recomienda la construcción de un muro de protección de 8m. de longitud X 4 m. de alto X 0.6m de ancho. Dicha fuente presenta dificultades para aforar, pero aproximadamente produce 2.5 l/s, las otras se encuentran en buen estado, pero no dejan de presentar vulnerabilidad, ya que también se encuentran cerca de los causes de río.

#### **b) Línea de conducción**

Uno de los componentes más críticos de este sistema es la conducción. Según el análisis técnico realizado, se propone construir una caja reunidora de caudales en una cota adecuada, además la introducción de aproximadamente diez válvulas de aire y diez válvulas de limpieza, ya que de acuerdo a la visita técnica realizada, este sistema presenta serios problemas de taponamiento por aire, debido a la topografía del terreno que es totalmente ondulado, además de esto la construcción de dos pasos aéreos junto con el recubrimiento de ciertos tramos de tuberías expuestas a causes de los ríos.

#### **c) Almacenamiento**

El tanque de distribución existente tiene una capacidad de  $18\text{m}^3$ , actualmente se encuentra en buen estado pero debido a que el sistema tiene que aumentar, ahora se necesitan  $40\text{m}^3$  de almacenamiento; por lo que existe un déficit de  $22\text{m}^3$ .

En este sentido se plantea la construcción de un tanque de  $22\text{m}^3$ , ya el existente no es posible ampliar.

Actualmente al tanque llegan 2.14 l/s, según aforo realizado el 21-02-08 y éste es mucho mayor que el caudal necesario que es de 1.70 l/s, junto a todo esto se debe introducir el sistema de cloración que definitivamente es necesario para dicho proyecto.

#### d) Red de distribución

El sistema no presenta problemas de gran relevancia, aunque debido a la ampliación es necesario cambiar ciertos tramos de tubería, en los sectores donde se encuentran las quince familias que se unirán al proyecto.

#### e) Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias existentes se encuentran en estado regular, no tienen cajas de registro, no tienen llaves de paso. Para ampliar la cobertura y mejorar el servicio, se propone la instalación de quince conexiones domiciliarias adicionales y mejorar las sesenta y cinco ya existentes, instalando llaves de paso y cajas de registro, para garantizar su buen funcionamiento.

De acuerdo a los criterios de diseño y los aforos de las fuentes, para los dos proyectos se establece que son factibles desde el punto de vista técnico.

### 4.2.2.3 Factibilidad financiera

#### 4.2.2.3.1 Costo del proyecto

Tabla XI. Costos del proyecto “Don polo” Tabla XII. Costos del proyecto “la Amistad”

ITEMS	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Trazo y replanteo	Q5,869.60
2	muro de protección	Q9,681.00
3	Conducción	Q25,372.56
4	Distribución	Q2,784.17
5	Cajas rompe presión	Q5,770.88
6	Tanque de distribución	Q24,075.91
7	Caja reunidora de caudales	Q4,550.00
8	Válvulas de aire	Q53,287.00
9	Válvulas de limpieza	Q50,202.00
10	Pasos aéreos 50m.	Q14,093.50
11	Paso aéreo de 150 m	Q23,233.66
12	Hipoclorador	Q3,235.10
13	Contadores	Q30,560.00
14	Administración	Q35,380.15
15	Supervisión	Q37,907.31
16	Costo total del proyecto	Q326,002.83

FUENTE DE TABLAS: AUTOR

ITEMS	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Muro de protección	Q7,595.00
2	Topografía + replanteo	Q4,255.00
3	Línea de conducción	Q24,130.27
4	Línea de distribución	Q33,724.92
5	Cajas rompe presión	Q15,730.00
6	Tanque de distribución	Q24,075.91
7	Hipoclorador	Q3,161.65
8	Contadores +conexiones	Q30,320.00
9	Administración	Q21,448.91
10	Supervisión	Q21,448.91
11	<b>costo total del proyecto</b>	<b>Q185,890.58</b>

#### 4.2.2.3.2 Análisis de costo/beneficio

Uno de los indicadores de factibilidad financiera de los proyectos, se obtiene realizando el cálculo de estimación del costo unitario por beneficiario, aunque no existe una norma indicadora de dicha relación, el resultado no debe de ser excesivamente grande.

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicha relación y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Número de beneficiarios}} \quad (4.4)$$

La relación para esta comunidad, según los resultados de la tabla de costos es el siguiente:

##### **Caserío Vista Hermosa**

Costo del proyecto "La Amistad"	=	Q 326,002.83
Costo del proyecto "Don Polo"	=	<u>Q 185,890.58</u>
Costo total del proyecto en Vista Hermosa	=	Q 581,893.41
Número de beneficiarios	=	1,200 habitantes

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q 581,893.41}}{1200 \text{ habitantes}} = 426.58 \text{ Quetzales / Beneficiario}$$

Según los resultados, basados en los costos, la relación es de aproximadamente 426.58 quetzales por beneficiario, que en términos generales es bastante aceptable.

#### 4.2.2.3.3 Análisis de sostenibilidad financiera

Para que el sistema llegue a obtener su máximo rendimiento debe existir la responsabilidad de administrar, operar y mantener los servicios de agua potable y saneamiento, así mismo el compromiso del comité y los fontaneros a capacitarse para cumplir con dicha responsabilidad y a pagar las cuotas familiares establecidas de acuerdo a los costos de administración, operación y mantenimiento por parte de los beneficiarios.

Existe un método que estima la tarifa anual por conexión, mediante la depreciación de dicho sistema, en función a la relación costo beneficio y la durabilidad o periodo de vida útil de los sistemas de agua potable. ya que estos solamente llegan al 85% de la misma.

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicho cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{\text{Costo/beneficio X densidad}}{\text{Vida útil *0.85}} \quad (4.5)$$

Para el presente proyecto la sostenibilidad se presenta a continuación:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{426.58 \text{ Quetzales / beneficiario X } 8 \text{ beneficiarios/ conexión}}{20 \text{ años*0.85}} =$$

$$\text{Sostenibilidad} = \text{Q. } 200.74 \text{ Quetzales / conexión / año}$$

Es decir que para que exista, una sostenibilidad adecuada del sistema, cada familia beneficiada debe aportar Q. 200.74, al año. De acuerdo a los resultados brindados con anterioridad, este sistema es totalmente factible económicamente, porque la cantidad es accesible para los beneficiarios.

Ya que el proyecto es factible en los aspectos sociales, técnicos y económicos, se concluye que es totalmente factible y corresponde a la unidad ejecutora del proyecto la decisión de su ejecución.

Se adjuntan: cálculo hidráulico, planos, presupuesto desglosado, cronograma de ejecución, en anexo 1.

### **4.2.3 Estudio de Pre-factibilidad de proyectos de construcción de una línea de impulsión de agua potable de la Aldea Candelaria Siquibal, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos**

#### **4.2.3.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la captación de un manantial, que actualmente existe dentro de los límites de la parte baja de la aldea, para luego conducirla hacia el tanque de distribución existente, que se encuentra en la parte alta de la misma, por medio de una línea de impulsión, utilizando un sistema de bombeo.

#### **4.2.3.2 Factibilidad social**

##### **4.2.3.2.1 Nombre del proyecto**

Construcción de: captación, línea de impulsión y equipamiento en equipo de bombeo, en la Aldea Candelaria Siquibal, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos

##### **4.2.3.2.2 Ubicación**

Aldea Candelaria Siquibal, Municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

##### **4.2.3.2.3 Diagnostico de la situación actual**

###### **a) Población afectada, sus características y actividad económica**

Actualmente la población de Candelaria Siquibal cuenta con 1224 habitantes, representando al 5.68% de la población total del municipio, al igual que casi todo el municipio la mayoría de familias manifiestan escasez de recursos económicos, siendo su principal actividad económica la agricultura, donde sus principales cultivos son: la siembran maíz y algunas hortalizas.-

## **b) Marco de referencia social**

La iniciativa del proyecto surgió por parte de la directiva de agua potable de la comunidad, manifestando que aunque actualmente cuentan con un sistema de agua potable, la fuente que les abastece, legalmente no les pertenece y en cualquier momento les pueden privar del uso de dicha fuente.

De acuerdo a lo anterior se ven en la necesidad de la construcción de esta línea de impulsión, ya que actualmente existe un manantial muy grande ubicada en la parte baja de la comunidad, al que no le dan ningún uso, pretendiendo captar y luego dirigir el agua hacia el tanque de la comunidad, para poder mitigar la problemática planteada anteriormente, cabe mencionar que esta fuente, solamente se está desperdiciando.

### **4.2.3.2.4 Análisis de opciones para definir la solución técnica, financiera sostenible más favorable**

#### **a) Construcción de la captación y línea de impulsión más el equipamiento**

Esta representa la única solución, tomando en cuenta que el nacimiento se encuentran en la parte baja de la comunidad y que además de esto, existe el tanque del sistema que se está utilizando actualmente, (recién construido por Intervida), al que le quieren seguir dando uso, por lo que no existe la necesidad de construir otro, además, los vecinos están dispuestos no solo a colaborar, sino también a ceder los permisos de paso correspondientes.

De acuerdo al planteamiento anterior el presente proyecto no contempla ningún problema social, por lo que es factible su realización.

### **4.2.3.3 Factibilidad técnica**

#### **4.2.3.3.1 Formulación del proyecto**

##### **4.2.3.3.1.1 Fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento se encuentra comprendida en un manantial de brotes definidos en un área de aproximadamente 40 m<sup>2</sup>, donde se pretende construir una galería de infiltración para captarlos, además de un tanque de succión, que almacene el agua, para después elevarla al tanque, utilizando equipo de bombeo.

##### **4.2.3.3.1.2 Aforo**

El método de aforo utilizado fue el volumétrico, aforando cada uno de los brotes, se obtuvo una producción en conjunto de 3.18 l/s según aforo realizado el 15-11-07.

##### **4.2.3.3.1.3 Bases de diseño**

###### **4.2.3.3.1.3.1 Dotación de agua (lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, por las características de la comunidad, se considera una dotación de 100 lt/hab./día, ya que actualmente, manifiesta un desarrollo constante, y se ubica en la parte baja donde el clima es templado.

###### **4.2.3.3.1.3.2 Población actual**

La población total de la localidad es de 1224 habitantes.

###### **4.2.3.3.1.3.3 Población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico.

Félix Mérida, J. (2,006). Tesis de diseño de alcantarillado sanitario, utiliza la siguiente formula.

$$P_f = P_o(1+r)^n \quad (4.1)$$

Donde,

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual = 1224

$r$  = tasa de crecimiento = 3.1% según el INE

$n$  = período de diseño = 20 años, según normas de diseño del INFOM

Para sistemas de bombeo.

$$P_f = 1,224 \times (1+0.031)^{20}$$

$P_f$  = 2,254 habitantes

#### 4.2.3.3.1.3.4 Caudal medio o necesario

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales. (Pág. 30), utiliza la siguiente formula.

$$Q_m = \frac{\text{población futura} \times \text{dotación}}{86400} \quad (4.2)$$

Donde  $Q$  = caudal medio o necesario

$$Q_m = \frac{2,254 \text{ habitantes} \times 100 \text{ litros/habitante/día}}{86400 \text{ seg./día}}$$

$Q_m$  = 2.61 litros / segundo

#### 4.2.3.3.1.3.5 Consumo máximo diario

Se obtiene de la multiplicación del FDM por el caudal medio, para este proyecto se opto por utilizar el factor de 1.2, ya que la población de diseño es mayor a 1000 habitantes e ingresa dentro de estos parámetros.

$$Q \times 1.2 = 2.61 \times 1.2 = 3.13 \text{ l/s}$$

#### 4.2.3.3.1.3.6 Consumo máximo horario o caudal hora máxima

Se refiere al caudal de distribución, se calcula multiplicando el caudal medio por el factor 2 que fue tomado en función a la población, con el mismo criterio que el consumo máximo diario.

$$Q_{mh} = 2.61 * 2 = 5.22 \text{ l/s}$$

#### 4.2.3.3.1.3.7 Periodo de bombeo

Se refiere al tiempo de funcionamiento diario de la bomba, para este proyecto por economía en la inversión y en el consumo de energía, se opto por utilizar la bomba 10 horas diarias.

#### 4.2.3.3.1.3.8 Caudal de bombeo

Es el caudal que se conducirá dentro de la tubería de impulsión, el cual está en función del tiempo de bombeo, por lo que es inversamente proporcional a éste.

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 36), utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_b = \frac{24}{tb} * CMD \quad (4.6)$$

Donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo

$T_b$  = tiempo de funcionamiento de la bomba

CMD = caudal máximo diario o caudal de conducción

Realizando la operación con un tiempo de bombeo de 10 horas / día y un caudal máximo diario de 3.13 l/s

$$Q_b = \frac{24 \times 3.13 \text{ l/s}}{10} = 7.51 \text{ l/s} > 3.18 \text{ l/s} \text{ que es la producción de la fuente,}$$

7.51 l/s, equivalente a 119.05 GPM.

Por esto se necesita un tanque de almacenamiento en el punto de ubicación de la fuente.

#### 4.2.3.3.1.3.9 Volumen del tanque de distribución

Procedimiento de cálculo: El volumen del tanque de distribución se calcula con la siguiente fórmula; tomando como porcentaje de almacenamiento el 45% según recomendaciones de normas del INFOM y UNEPAR.

$$\text{Vol. Tanque} = \frac{\text{caudal de bombeo} \times 0.45 \times 36000}{1000} = \quad (4.7)$$

$$\text{Vol. Tanque} = \frac{7.51 \times 0.45 \times 36000}{1000} = 121.662 \text{ m}^3$$

Por efectos de redondeo, el volumen del tanque es de **122 m<sup>3</sup>**.

Actualmente la comunidad cuenta con un tanque de distribución de 75 m<sup>3</sup> pero se requieren 122 m<sup>3</sup>, lo cual indica que existe un déficit de 47 m<sup>3</sup>, por lo que se propone la construcción del mismo, para evitar bombear en etapas cortas, lo cual implicaría un alto costo en consumo de energía eléctrica, teniendo un efecto directo sobre la economía de la comunidad.

#### Cálculo de la fase de bombeo

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 36), utiliza la siguiente fórmula:

$$\left( \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Caudal de bombeo (m}^3\text{/s)}} \right) = \text{Tiempo de bombeo (horas)} \quad (4.8)$$

---

3600 s/hora

Volumen tanque de distribución = 122m<sup>3</sup>

Caudal de bombeo = 0.00751 m<sup>3</sup>/s

$$\text{Tiempo de bombeo} = \frac{\left( \frac{122 \text{ m}^3}{0.00751 \text{ m}^3/\text{s}} \right)}{3600 \text{ s / Hora}} = 4.51 \text{ horas.}$$

Esto indica que para este proyecto se tiene que bombear a cada 4.5 horas.

#### 4.2.3.3.1.3.10 **Tanque de succión**

Se refiere al tanque de almacenamiento en el punto de la fuente a bombear, para que la bomba pueda succionar el caudal que almacena el déficit de agua existente entre el caudal de bombeo y el caudal producido por la fuente; éste se calcula en función al tanque de distribución y el periodo de bombeo.

Procedimiento de cálculo:

(Volumen de bombeo en 4.51hrs.) – (Producción de la fuente en 4.51hrs.)

$$\text{Producción de la fuente en 4.51 Hrs.} = \frac{\text{Caudal del la fuente} \times 16272}{1000}$$

$$\text{Producción de la fuente en 4.51 Hrs.} = \frac{(3.18 \times 16272)}{1000} = 51.74 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de bombeo en 4.52 Hrs.} = \frac{\text{Caudal de bombeo} \times 16272}{1000}$$

$$\text{Volumen de bombeo en 4.51 Hrs.} = \frac{7.51 \times 16272}{1000}$$

Volumen de bombeo en 4.51 Hrs.= 121.20 m<sup>3</sup>

Vol. del tanque de succión = (121.20 - 51.74) = 70.46 m<sup>3</sup>

Redondeando el resultado, volumen del tanque de succión = 71 m<sup>3</sup>

#### 4.2.3.3.1.4 Diseño de la línea de impulsión

##### 4.2.3.3.1.4.1 Cálculo del diámetro económico

Se refiere al diámetro mínimo de tubería que conduce el caudal de bombeo.

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pag. 23), utiliza la siguiente:

$$De = \sqrt{\frac{0.4085 * Qb}{7}} \quad (4.9)$$

Donde:

D<sub>e</sub> = diámetro económico

Q<sub>b</sub> = caudal de bombeo

Realizando el cálculo con el caudal de bombeo = 7.49 l/s equivalente a 118.70 GPM.

$$De = \sqrt{\frac{0.4085 \times 118.7 \text{ gpm}}{7}}$$

**De = 2.64"**

Pero no existen tuberías de ese diámetro por lo que por norma se debe aproximar al diámetro comercial superior existente en el mercado que es de PVC, de Ø3" 250 psi, ya que el desnivel es de 81m.

##### 4.2.3.3.1.4.2 Carga dinámica total

Se refiere a la altura a vencer por la potencia de la bomba y está dada por la siguiente fórmula:

$$H_m = H_c + H_e + H_L + 10 \text{ dinámica sobre el tanque}$$

Donde:

a) **H<sub>c</sub> = Diferencia de cotas entre la captación y el tanque de distribución.**

La diferencia de cotas es de 81m.

b) **H<sub>e</sub> = Pérdida de carga en tuberías**, La cual se calcula con la fórmula de Hazen Williams.

$$hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \quad (4.10)$$

Donde:

L = longitud de diseño (longitud horizontal \* 1.03)

Q = Caudal de conducción en la tubería

C = Coeficiente de rugosidad del material (PVC = 150, HG = 100)

D = Diámetro

Realizando los cálculos con los siguientes datos:

$$L = 940 * 1.03 = 968.2\text{m.}$$

$$Q = 7.49 \text{ l/s.}$$

$$C = 150$$

$$D = 3''$$

$$H_f = \frac{1743.811 \times 968 \times 7.49^{1.85}}{150^{1.85} \times 3^{4.87}} \quad hf. = 31.31\text{m.}$$

c) **H<sub>L</sub> = Pérdidas de carga menores**, se refiere a la pérdida ocasionada por la fricción del agua con los accesorios utilizados en la línea de impulsión, regularmente es del (20 al 30) %, de la pérdida

ocasionada en tuberías, realizando los cálculos correspondientes el resultado es:

**hl = 6.3m.**

**Por lo que la hman = 81 + 31.31 + 6.3+10 = 128.57m. equivalente a 422 pies.**

#### 4.2.3.3.1.4.3 Cálculo de la potencia de la bomba

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pág. 24), basado en las normas de INFOM-UNEPAR, utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de potencia de bomba.

$$\boxed{Pot = \frac{Qb * Hman}{3960 * e}} \quad (4.11)$$

Donde:

Pot. = potencia del motor de la bomba

Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo (GPM)

Hman. = Altura manométrica total (Pies)

e = eficiencia del motor de la bomba (0.6 – 0.7) %

$$Pot. = \frac{119.08 \text{ GPM} \times 422 \text{ Pies}}{3960 \times 0.65} = \mathbf{19.5 \text{ hp, se aproxima a 20HP}}$$

#### 4.2.3.3.1.4.4 Cálculo del golpe de ariete

Se llama golpe de ariete a una modificación de la presión en una conducción debida a la variación del estado dinámico del líquido. En las paradas de las bombas, en el cierre de las válvulas, se produce esta variación de la velocidad de la circulación del líquido conducido en la tubería. La presión máxima que soporta la tubería, (positiva o negativa) será la suma o resta del incremento del valor del golpe de ariete (H) a la presión estática de dicha conducción. En el valor del golpe de ariete influirán varios factores, tales como la velocidad del tiempo de parada,

que a su vez puede ser el cierre de la válvula de compuerta o el paro del motor de la bomba. Otros factores serían: la velocidad del agua dentro de la conducción, el diámetro de la tubería, etc.

Éste se calcula con la siguiente fórmula, que sumada a la carga dinámica total deberá ser menor que 175 m.c.a. que en este caso es la máxima presión que resiste la tubería de 250 psi.

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pág. 18), basado en las normas de INFOM-UNEPAR, utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de golpe de ariete.

$$GA = \frac{145 V}{\left( \frac{E_a \times D}{E_t \times e} + 1 \right)^{1/2}} \quad (4.12)$$

**Donde:**

GA = Golpe de ariete expresado en metros

V = Velocidad en m/s

E<sub>a</sub> = Módulo de elasticidad expresado en kg/cm<sup>2</sup>

D = Diámetro del tubo, expresado en cm.

e = Espesor de la tubería en cm.

E<sub>t</sub> = Módulo de elasticidad de la tubería, expresada en kg/cm<sup>2</sup>

Sustituyendo los datos se tiene el siguiente resultado:

$$GA = \frac{145 \times (1.06 \text{ m/s})}{\left( \frac{20670 \text{ kg/cm}^2 \times 7.62 \text{ cm}}{28100 \text{ kg/cm}^2 \times 0.2884 \text{ cm}} + 1 \right)^{1/2}} = 28.41 \text{ m.c.a.}$$

El punto crítico será el golpe de ariete más la carga dinámica total. El punto crítico genera una presión de = 128.57 + 28.41 = 156.48 m.c.a. la que es menor a la presión que soporta la tubería de 250 PSI, 175 m.c.a. Pero por factor de

seguridad se colocara una válvula de cheque en medio de la línea de impulsión para reducir el golpe de ariete y se utilizará con tubería de Ø 3" de PVC 250 PSI, en toda la línea de impulsión.

#### 4.2.3.4 Factibilidad financiera

##### 4.2.3.4.1 Costo estimado del proyecto

Tabla Xlii. Costos del proyecto Candelaria Siquibal

ITEMS	DESCRIPCION	TOTAL
1	Trazo y replanteo	Q616.98
2	Captación	Q17,975.30
3	Tanque de succión	Q27,050.50
3	línea de impulsión	Q58,977.78
4	Equipo de bombeo	Q84,065.00
5	Línea bifásica	Q61,500.00
6	Administración	Q35,025.98
7	Supervisión	Q37,527.83
8	Costo total del proyecto	Q322,739.37

FUENTE: AUTOR

##### 4.2.3.4.2 Análisis de costo/beneficio

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicha relación y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Número de beneficiarios}}$$

La relación para esta comunidad, según los resultados de la tabla de costos es el siguiente:

#### Aldea Candelaria Siquibal

Costo total del proyecto en Candelaria Siquibal = Q 322,739.37

Número de beneficiarios = 1,224 habitantes

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q } 322,739.37}{1,224 \text{ beneficiarios}} = 263.68 \text{ Quetzales / beneficiario}$$

Según los resultados, basados en los costos, la relación es de aproximadamente 263.68 quetzales por beneficiario, que en términos generales es bastante aceptable.

#### 4.2.3.4.3 Análisis de sostenibilidad financiera

En sistemas por bombeo, para garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto, lo más conveniente es realizar una estimación de costos, para el adecuado funcionamiento con cada uno de los rubros que conlleva la operación y mantenimiento, a través de esto se establece una tarifa que cada beneficiario debe pagar mensualmente. A continuación se presenta la integración de costos del presente sistema, basado en estudios y la experiencia en sistemas existentes, según INTERVIDA, INFOM y SER:

Integración de costos en operación y mantenimiento mensual  
del sistema por bombeo de aldea Candelaria Siquibal

Ítems	Descripción	Parcial	Total
1	GASTOS FIJOS		
1.1	PERSONAL DE OPERACIÓN		
1.1.1	Pago de fontaneros	Q 1,200.00	
1.1.2	Pago de lectores	Q 500.00	Q 1,700.00
1.2	PAPELERIA Y UTILES		
1.2.1	Papelería y útiles de oficina	Q 100.00	
1.2.2	Impresión de facturas	Q 300.00	
1.2.4	Materiales de reparación	Q 200.00	
1.2.5	Materiales para desinfección del agua	Q 500.00	
1.2.6	Mantenimiento de equipo de bombeo	Q 500.00	Q 1,600.00
1.3	GASTOS ADMINISTRATIVOS		
1.3.1	Viáticos	Q 100.00	
1.3.2	Gastos de comunicación telefónica	Q 100.00	
1.3.3	Transporte de personal por trámites	Q 100.00	
1.3.4	Servicios profesionales contables	Q 300.00	Q 600.00
	<b>TOTAL DE GASTOS FIJOS</b>		<b>Q 3,900.00</b>
1.4	GASTOS VARIABLES		
1.4.1	Pago de energía eléctrica (incluida tarifa fija)		Q 4,200.00
1.5	Pago total al mes		<b>Q 8,100.00</b>

Este proyecto cuenta con un total en gastos fijos de Q3, 900.00 lo cual indica que existe la necesidad de pagar una cuota fija calculada de la siguiente forma:

$$\text{Cuota fija} = \frac{\text{gastos fijos}}{\text{No. de conexiones}} = \frac{3,900 \text{ Quetzales}}{174 \text{ conexiones}} = 22.41 \text{ Quetzales/conexión}$$

Además de una cuota variable que básicamente dependerá del valor del consumo de energía eléctrica, según estudios basados en la experiencia de las empresas Aquashop e Hidrotecnia, y la información de DEOCSA, para una bomba de 20 HP, con la capacidad de instalación necesaria, junto con la demanda poblacional, el consumo es de Q 4,200.00 al mes, por lo que se estima una cuota fija de:

$$\text{Factor de cuota fija:} = \frac{\text{Pago por el consumo de energía eléctrica mensual}}{\text{Consumo en m}^3 \text{ de caudal total al mes}}$$

Para calcular la cuota por conexión se multiplica el factor por la cantidad de m<sup>3</sup> consumidos por beneficiario.

$$\text{Cuota fija por beneficiario} = \text{factor de cuota fija} \times \text{consumo de conexión (i)}$$

Donde: (i) = conexión en evaluación

Suponiendo que todos tendrán el mismo consumo; Implicaría que consumirán todos Q 24.14 quetzales / mes.

$$\text{Cuota mensual a pagar} = 22.41 + 24.14 = 46.55 \text{ Quetzales / beneficiario}$$

Según lo planteado, el proyecto es económicamente posible, por lo que se concluye, que es factible en este punto.

Ya que el proyecto es factible en los aspectos sociales, técnicos y económicos, se concluye que este proyecto, es totalmente factible, corresponde a la unidad ejecutora del proyecto la decisión de su ejecución.

Se adjuntan: Cálculo hidráulico, planos, presupuesto desglosado, cronograma de ejecución, en anexo 3.

#### **4.2.4 Estudio de Pre-factibilidad del proyecto de perforación de pozo mecánico y mejoramiento del sistema de Santa Rita, Municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos**

##### **4.2.4.1 Descripción del proyecto**

Este proyecto consiste en la perforación de un pozo mecánico y el equipamiento, además de la posible construcción de la línea de impulsión (si fuera necesario), que se encargará de conducir el agua al tanque de distribución. Junto a todo esto, el mejoramiento de los tramos de tubería que actualmente se encuentran en mal estado.

##### **4.2.4.2 Factibilidad social**

###### **4.2.4.2.1 Nombre del proyecto**

Perforación y equipamiento de pozo mecánico, mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Santa Rita, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.

###### **4.2.4.2.2 Ubicación**

Aldea Santa Rita, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

###### **4.2.4.2.3 Diagnóstico de la situación actual**

###### **a) Población afectada, sus características y actividad económica**

Actualmente la población de la aldea Santa Rita cuenta con 940 habitantes, representando al 4.37% de la población total del municipio, la densidad de habitantes por familia, dentro de esta comunidad es de 6MPF.; esta es una de las comunidades con más desarrollo, ya que existen artesanos y comerciantes, pero dentro de la misma no dejan de existir

familias con escasez de recursos económicos, siendo su principal actividad económica la agricultura, donde predomina la siembra de maíz y algunas hortalizas.

**b) Marco de referencia social**

La iniciativa del proyecto surgió por parte de la alcaldía comunal de la aldea, manifestando que cuentan con una fuente que abastece al sistema de la aldea, en mancomunidad con la aldea chamac, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, dicha fuente, es suficiente para abastecer a las dos comunidades, pero actualmente, existe un exceso de conexiones ilícitas de agua; por parte de los vecinos de chamac, ya que en la ruta de la línea de conducción existen muchos terrenos con sistemas de mini riego, provocando escasez del recurso hídrico, en la aldea Santa Rita, creando conflictos agresivos y peligrosos entre las comunidades.-

Tomando en cuenta que no existe una fuente de brote definido en la comunidad, ni la opción de dividir el agua de forma proporcional, surge la necesidad, de perforar un pozo mecánico para abastecerse de él; y así remediar la escasez de agua que es mayormente impactante en época de verano.

**4.2.4.2.4 Análisis de opciones para definir la solución técnica, financiera sostenible, para la perforación del pozo**

**a) En el punto ubicado a 4 m. del actual tanque de distribución.**

aparentemente es un buen punto para perforar un pozo, según los beneficiarios el punto fue evaluado por técnicos del INFOM, quienes manifiestan que es posible su perforación, además, representa menos inversión en recursos financieros y humanos porque no existiría línea de impulsión, y el enlace sería directo entre el pozo y el tanque de distribución existente.

Los posibles problemas a encontrar son:

- La inestabilidad del acuífero, ya que no se tiene un espacio adecuado para la recarga por estar en una pendiente, esto puede ocasionar que las líneas de flujo del acuífero desciendan, reduciendo así la vida útil del pozo y como consecuencia el colapso del sistema.
- El tipo de suelo presenta mucho material vegetal y arcilloso, el cual implicaría que el pozo tenga que ser muy profundo, aumentando así el costo del mismo.

Cabe mencionar, que por lo regular los pozos se perforan, en las faldas de los cerros, ubicando la parte llana para aumentar la recarga y garantizar la estabilidad del manto acuífero y por ende del agua desde el punto de vista ambiental, esto incrementa el tiempo de vida del pozo y por ende garantiza un mayor tiempo en la tenencia del recurso para los beneficiarios.

**b) En la parte baja de la comunidad al sur de la carretera interamericana, hacia San Marcos**

Este punto tiene varias ventajas sobre el anterior, las cuales se mencionan a continuación.

- Se ubica en las faldas del cerro Siete Tambores, esto garantiza que las zonas de recarga se saturen, para posteriormente enviar el recurso hídrico hacia este sector de la parte baja de la cuenca.
- Su topografía es totalmente llana, además que el material es de origen volcánico, esto implica mayor área de recarga y una permeabilidad recomendable, garantizando que el acuífero sea razonablemente sostenible.
- Se ubica a 300 m. del río Tacaná, esto representa un indicativo de la existencia de un acuífero a poca profundidad, disminuyendo así los costos de perforación.

### **c) Desventajas:**

- Presenta acceso peatonal, implicando vulnerabilidad ante la contaminación.
- Los beneficiarios actualmente no cuentan con ningún terreno disponible en este sector para dicho efecto.

De acuerdo a los planteamientos anteriores en la primera opción, no existiría línea de impulsión, pero si la necesidad de una profundidad mayor del pozo, se tomo como referencia la información brindada por Daho Pozos, en donde el precio por pie de perforación actualmente es de \$80.00, con una tasa de cambio de q7.72 / \$1 (sujeta a cambios), el precio en quetzales es de Q.617.60 / pie perforado.

El desnivel existente entre el punto bajo y el alto es de 93m. equivalente a 305.04 pies, este representa el exceso en altura al suponer que se perforará el pozo en la parte alta, entonces el costo tendría un exceso de:  $305.04 \text{ pies} \times 617.6 = \text{Q. } 188,395.71$ , se puede observar el alto costo, al profundizar el pozo aparentemente resulta mejor que construir una línea de impulsión, pero al realizar los cálculos respectivos en función a costos y sostenibilidad hídrica, es mas ventajosa la construcción del pozo en la parte baja.

De acuerdo a lo expuesto con anterioridad se ha elegido la segunda opción para la sostenibilidad del recurso dentro del acuífero, y que los pobladores gocen del recurso por mucho tiempo, con lo que se justifica la inversión inicial y los puntos sociales.

#### **4.2.4.3 Factibilidad técnica**

##### **4.2.4.3.1 Formulación del proyecto**

###### **4.2.4.3.1.1 Fuente de abastecimiento**

Pozo perforado de forma mecánica, con una profundidad aproximada, de 700 pies. Según indicadores de pozos perforados en el sector bajo de la aldea,

además de la información proporcionada por **Daho Pozos**, en consulta con sus registros.

#### **4.2.4.3.1.2 Bases de diseño**

##### **4.2.4.3.1.2.1 Dotación de agua (lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, se considera una dotación de 105 lt./hab./día, ya que la comunidad manifiesta un desarrollo constante y de pequeñas industrias, además de encontrarse en la parte baja donde el clima es templado.

##### **4.2.4.3.1.2.2 Población actual**

La población total de la localidad es de 940 habitantes.

##### **4.2.4.3.1.2.3 Población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico.

Félix Mérida, J. (2,006). Tesis de diseño de alcantarillado sanitario, utiliza la siguiente formula.

$$P_f = P_o(1+r)^n \quad (4.1)$$

Donde,

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual = 940

$r$  = tasa de crecimiento = 3.1% según el INE

$n$  = período de diseño = 20 años, según normas de diseño del INFOM para sistemas de bombeo.

$P_f = 1,731$  habitantes

##### **4.2.4.3.1.2.4 Caudal medio o necesario**

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 20), utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{Q = \text{población futura} \times \text{dotación}}{86400} \quad \text{Donde } Q = \text{caudal medio o necesario} \quad (4.2)$$

$$Q = 2.10 \text{ l/s}$$

#### 4.2.4.3.1.2.5 Consumo máximo diario

Se obtiene de la siguiente fórmula para este proyecto se optó por utilizar el factor de 1.2, ya que la población ingresa dentro de los parámetros de diseño.

$$Q \times 1.2 = 2.20 \times 1.2 = 2.52 \text{ l/s}$$

#### 4.2.4.3.1.2.6 Consumo máximo horario

Se refiere al caudal de distribución, se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor 2.2 que fue tomado en función a la población.

$$Q_{mh} = 2.52 * 2.2 = 5.54 \text{ l/s}$$

#### 4.2.4.3.1.2.7 Periodo de bombeo

Se refiere al tiempo de funcionamiento diario de la bomba, para este proyecto por economía en la inversión y en el consumo de energía, se optó por utilizar la bomba 10 horas diarias.

#### 4.2.4.3.1.2.8 Caudal de bombeo

Es el caudal que se conducirá dentro de la tubería de impulsión, el cual está en función del tiempo de bombeo, INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 36), utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_b = \frac{24}{tb} * CMD \quad (4.6)$$

Donde:

$Q_b$  = Caudal de bombeo

$T_b$  = Tiempo de funcionamiento de la bomba

CMD = Caudal máximo diario

Realizando la operación con un tiempo de bombeo de 10 horas / día y un caudal máximo diario de 2.52 l/s

$$Q_b = \frac{24 \times 2.64 \text{ l/s}}{10} = 6.05 \text{ l/s}$$

#### 4.2.4.3.1.2.9 Volumen del tanque de distribución

El volumen del tanque de distribución se calcula con la siguiente fórmula, tomando como porcentaje de almacenamiento el 45% según recomendaciones de normas del INFOM y UNEPAR.

$$\text{Vol. tanque} = \frac{\text{Caudal de bombeo} \times 0.45 \times 36000}{1000} = \quad (4.7)$$

$$\text{Vol. tanque} = \frac{6.05 \times 0.45 \times 36000}{1000} = 98.01 \text{ m}^3$$

Por efectos de redondo el volumen del tanque es de **100m<sup>3</sup>** = 100m<sup>3</sup>  
Volumen del tanque de almacenamiento actual, por lo que cumple con la demanda.-

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 36), utiliza la siguiente fórmula:

### Cálculo de la fase de bombeo

(4.8)

$$\left( \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Caudal de bombeo (m}^3\text{/s)}} \right) = \text{Tiempo de bombeo (horas)}$$

---

3600 s/hora

Donde los datos son los siguientes:

Volumen disponible = 100m<sup>3</sup>

Caudal de bombeo = 0.00634 m<sup>3</sup>/s

Tiempo de bombeo =

$$\frac{\left( \frac{100 \text{ m}^3}{0.0065 \text{ m}^3/\text{s}} \right)}{3600 \text{ s / Hora}} = 4.59 \text{ Horas.}$$

Según los cálculos, para no construir un tanque nuevo se recomienda que el bombeo sea por fases de 4.59 horas, que es el tiempo necesario para llenar el tanque existente.

#### 4.2.4.3.1.3 Diseño de la línea de impulsión

##### 4.2.4.3.1.3.1 Cálculo de diámetro económico

Se refiere al diámetro con mínimo de tubería que va a conducir el caudal de bombeo hacia el tanque de distribución.

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pag. 23), basada en las normas de INFOM-UNEPAR, utiliza la siguiente fórmula

$$De = \sqrt{\frac{0.4085 * Qb}{7}} \quad (4.9)$$

Donde:

$D_e$  = Diámetro económico

$Q_b$  = Caudal de bombeo

Realizando el cálculo con el caudal de bombeo = 6.05 l/s equivalente a 95.90

GPM. **De = 2.37"**

Ya que no hay tubería de este diámetro se usará un diámetro superior, en este caso el diámetro comercial es de 3", además el desnivel existente entre el pozo y el tanque es de únicamente 93m que equivale a 132.86 PSI < 250 PSI. Por lo que al final se utilizará tubería de PVC de Ø3" 250 PSI.

#### 4.2.4.3.1.3.2 **Carga dinámica total**

Se refiere a la altura a vencer por la potencia de la bomba y está dada por la siguiente fórmula

$$H_m = H_c + H_e + H_L + H_{\text{Bomba}} + 10 \text{ dinámica sobre el tanque}$$

Donde:

**a)  $H_c$  = Desnivel del tanque y boca del pozo**

La diferencia de cotas es de 93m

**b)  $H_{\text{bomba}}$  = Altura de colocación de la bomba**

$$H_{\text{Bomba}} = 185.98\text{m.}$$

**c)  $H_e$  = Perdida de carga en tuberías dentro del pozo y en la línea de impulsión**

**c.1) Línea de impulsión**

La cual se calcula con la formula de Hazen Williams

$$hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

(4.10)

Donde:

L = .longitud de diseño (longitud horizontal \* 1.03)

Q = Caudal de conducción en la tubería

C = Coeficiente de Rugosidad del material (PVC =150, HG=100)

D = Diámetro

Realizando los cálculos con los siguientes datos:

L = 1499 \* 1.03 = 1,543.97m.

Q = 6.05 l/s.

C = 150

D = 3"

**Pérdida. = 33.63 mts.**

### **c.2) Pérdida dentro del pozo**

Realizando los cálculos en la formula de Hazzen Williams con los siguientes datos:

L = 185.98m.

Q = 6.05 l/s.

C = 100 (HG)

D = 3"

Pérdida = 4.05 m.

**He = 37.68 mts.**

### **d) $H_L$ = Pérdidas menores**

Se refiere a la pérdida ocasionada por la fricción del agua en los accesorios utilizados en la línea de impulsión, regularmente es del (20 al

30) %, de la pérdida ocasionada en tuberías, realizando los cálculos correspondientes, el resultado es:

$$H_L = 7.5 \text{ mts.}$$

Por lo que la  $H_{man} = 93 + 185.98 + 37.68 + 7.5 + 10 = 334.16 \text{ mts.}$   
equivalente a **1,096 pies.**

#### 4.2.4.3.1.3.3 Cálculo de la potencia de la bomba

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pág. 24), basado en las normas de INFOM-UNEPAR, utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de potencia de bomba.

$$Pot = \frac{Q_b * H_{man}}{3960 * e} \quad (4.11)$$

Donde:

Pot. = Potencia del motor de la bomba

$Q_b$  = Caudal de bombeo (GPM)

$H_{man}$ . = Altura manométrica total (Pies)

$e$  = Eficiencia del motor de la bomba (0.6 – 0.7) %

$$Pot. = \frac{95.87 \text{ GPM} \times 1,096 \text{ Pies}}{3960 \times 0.65} = \mathbf{40.8 \text{ HP}}$$

Redondeados a 40 HP

#### 4.2.4.3.1.3.4 Cálculo del golpe de ariete

Éste se calcula con la siguiente fórmula, sumada a la carga dinámica total deberá ser menor que 175 m.c.a. que en este caso es la máxima presión que resiste la tubería de 250 psi.

Charchalac W. A. (2,006). Tesis de diseño de agua por bombeo caserío Xibalba. (Pág. 18), basado en las normas de INFOM-UNEPAR, utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de golpe de ariete

$$GA = \frac{145 V}{\left( \frac{E_a \times D}{E_t \times e} + 1 \right)^{1/2}} \quad (4.12)$$

**Donde:**

GA = Golpe de aríete empresado em metros

V = Velocidad em m/s

E<sub>a</sub> = Módulo de elasticidad expresado em kg/cm<sup>2</sup>

D = Diámetro del tubo expresado em cm.

e = Espesor de la tubería em cm.

E<sub>t</sub> = Módulo de elasticidad de la tubería expresada em kg/cm<sup>2</sup>

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$GA = \frac{145 \times (0.85 \text{ m/s})}{\left( \frac{20670 \text{ kg/cm}^2 \times 7.62 \text{ cm}}{28100 \text{ kg/cm}^2 \times 0.2884 \text{ cm}} + 1 \right)^{1/2}} \quad 27.26 \text{ m.c.a.}$$

El punto crítico será el golpe de ariete más la carga dinámica total de la impulsión.

Punto crítico genera una presión = 144.17 + 27.26 = 171.43 m.c.a. , utilizando únicamente el 90% de la capacidad de la tubería de PVC de 250 PSI es decir 175 m.c.a X 0.9 = 157.5, se observa que es menor a la presión del punto crítico por lo que la tubería tendrá que ser de HG liviana de Ø 3".

#### 4.2.4.4 Factibilidad financiera

##### 4.2.4.4.1 Costo estimado del proyecto

Tabla XIV. Costos del proyecto de Santa Rita.

ITEMS	DESCRIPCION	TOTAL
1	Pozo	Q432,320.00
2	Topografía + replanteo	Q861.93
3	Línea de impulsión	Q150,554.70
4	Línea de distribución	Q18,000.00
5	Construcción de línea trifásica	Q291,291.00
6	Administración	Q127,554.32
7	Supervisión	Q106,295.26
8	equipo de bombeo	Q169,925.00
9	GRAN TOTAL	Q1,296,802.20

FUENTE: AUTOR

##### 4.2.4.4.2 Análisis de costo/beneficio

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicha relación y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Número de beneficiarios}} \quad (4.4)$$

La relación para esta comunidad, según los resultados de la tabla de costos es el siguiente:

#### Aldea Santa Rita

Costo total del proyecto = Q 1, 296,802.20

Número de beneficiarios = 940 habitantes

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q 1, 296,802.20}}{940 \text{ habitantes}} = 1,379.58 \text{ Quetzales / Beneficiario}$$

Según los resultados basados en los costos, la relación es de aproximadamente 1,359.58 quetzales por beneficiario.

#### 4.2.4.4.3 Análisis de sostenibilidad financiera

En los sistemas por bombeo, se requiere garantizar la sostenibilidad de los mismos, lo más conveniente es la integración de los costos de funcionamiento, incluyendo cada uno de los rubros que conlleva la adecuada operación y mantenimiento, a través de esto se establece una tarifa que cada beneficiario debe pagar mensualmente.

A continuación se presenta la integración de costos del presente sistema basado en estudios y la experiencia en ciertos sistemas existentes:

Integración de costos en operación y mantenimiento mensual  
del sistema por bombeo de aldea Santa Rita

Ítems	Descripción	Parcial	Total
1	GASTOS FIJOS		
1.1	PERSONAL DE OPERACIÓN		
1.1.1	Pago de fontaneros	Q 1,200.00	
1.1.2	Pago de lectores	Q 500.00	Q 1,700.00
1.2	PAPELERIA Y UTILES		
1.2.1	Papelería y útiles de oficina	Q 100.00	
1.2.2	Impresión de facturas	Q 300.00	
1.2.4	Materiales de reparación	Q 200.00	
1.2.5	Materiales para desinfección del agua	Q 500.00	
1.2.6	Mantenimiento de equipo de bombeo	Q 500.00	Q 1,600.00
1.3	GASTOS ADMINISTRATIVOS		
1.3.1	Viáticos	Q 100.00	
1.3.2	Gastos de comunicación telefónica	Q 100.00	
1.3.4	Servicios profesionales contables	Q 300.00	Q 500.00
	<b>TOTAL DE GASTOS FIJOS</b>		<b>Q 3,800.00</b>
1.4	GASTOS VARIABLES		
1.4.1	Pago de energía eléctrica (incluida tarifa fija)		<u>Q 6,800.00</u>
1.5	Pago total al mes		<b>Q 10,600.00</b>

Para el presente proyecto cuenta con un total en gastos fijos de Q3, 800.00 lo cual indica que existe la necesidad de pagar una cuota fija calculada de la siguiente forma:

$$\text{Cuota fija} = \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{No. de conexiones}} = \frac{3,800 \text{ Quetzales}}{151 \text{ Conexiones}} = 25.16 \text{ Quetzales/conexión}$$

Además de una cuota variable que básicamente dependerá del valor del consumo de energía eléctrica.

Según estudios basados en la experiencia de las empresas Aquashop e Hidrotecnia, además de la información de DEOCSA, para una bomba de 50 HP, con la capacidad de instalación necesaria, junto con la demanda de agua, el consumo estimado es de Q 6,800.00 al mes, por lo que se estima una cuota fija:

$$\text{Factor de cuota fija: } \frac{\text{Pago por el consumo de energía eléctrica mensual}}{\text{Consumo en m}^3 \text{ de caudal total al mes}}$$

Para calcular la cuota por conexión se multiplica el factor por la cantidad de m<sup>3</sup> consumidos por beneficiarios.

$$\text{Cuota fija por beneficiario} = \text{Factor de cuota fija} \times \text{Consumo de conexión (i)}$$

Donde: (i) = Conexión en evaluación

Suponiendo que todos tendrán el mismo consumo:

Implicaría que todos deberán pagar, Q 45.03 quetzales / mes, por lo que la cuota mensual a pagar = 25.16 + 45.03 = 70.19 Quetzales / beneficiario, realizando una entrevista con el presidente del COCODE, la necesidad es mucha que por la misma tendrán que pagar el costo del consumo del agua aunque éste sea alto.

Según los resultados brindados con anterioridad, el presente proyecto es factible social, técnica y económicamente queda a criterio de la unidad ejecutora del proyecto la decisión de su ejecución.

Se adjuntan: Cálculo hidráulico, planos, presupuesto desglosado, cronograma de ejecución, en anexo número 4.

#### **4.2.5 Estudio de Pre-factibilidad de los Proyectos de mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la Cabecera Municipal de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos**

##### **4.2.5.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, realizando los arreglos necesarios y acordes a las necesidades de la población y topografía del terreno, además de la capacidad de producción de las fuentes de agua, que actualmente abastecen a la comunidad.

##### **4.2.5.2 Factibilidad social**

###### **4.2.5.2.1 Nombre del proyecto**

Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable “de la cabecera municipal”, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.

###### **4.2.5.2.2 Ubicación**

Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable “de la cabecera municipal”, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.

###### **4.2.5.2.3 Diagnóstico de la situación actual**

###### **a) Población afectada, sus características y actividad económica**

Actualmente los sistemas se encuentran abasteciendo a 471 familias, según el diagnóstico realizado, la densidad de habitantes por familia, dentro de esta comunidad es de 4 MPF, beneficiando así a

1884 habitantes, que equivale al 8.75% de la población total de todo el municipio.

Dichos beneficiarios presentan un leve desarrollo, su principal actividad económica es el comercio, aunque también existen algunos profesionales laborando fuera del municipio; debido a esto no se pudo obtener un dato del salario por persona, pero se estima que en promedio es de Q 47.00 por día.

#### **b) Marco de referencia social**

El proyecto surgió debido a la necesidad expuesta por los pobladores del municipio. Ya que en la actualidad, el recurso es insuficiente para la parte norte de la población, pues no se cuenta con el servicio en el día. Mientras que, en la parte sur se cuenta con el servicio todo el día, debido a que la red de distribución aunque se alimenta de dos tanques de distribución es una en conjunto, provocando que el agua que proviene para abastecer a la parte alta del municipio, se conduzca hacia la parte baja; ocasionando así que la parte alta no cuente con el servicio en el día.

En el casco urbano el uso que se le da al agua es para: consumo humano, lavado de carros, jardines y el hogar, además de pequeñas industrias que demandan agua potable, es por ello que los vecinos manifiestan que no pueden trabajar cuando no tienen agua, afectando así, su economía familiar y por ende al desarrollo del municipio, sin olvidar la salud misma de los habitantes.-

#### **4.2.5.2.4 Análisis de opciones para definir la opción técnica y financiera más favorable**

##### **a) Construcción de un sistema totalmente nuevo para la comunidad**

Existe la posibilidad de la construcción de un sistema totalmente nuevo, cambiando toda la línea de conducción y la red de distribución del sistema, tomando en cuenta que existen tres fuentes que abastecen al mismo, esto implicaría hallar una nueva ruta (la más conveniente) de la tubería, tanto en la línea de conducción como en la distribución o simplemente seguir la existente si esta fuera al final la mejor opción.

Los posibles problemas a encontrar:

La negativa de las autoridades municipales, ya que, recientemente hubo una inversión que se realizó en el sistema. La línea de conducción que lleva el agua de la fuente Siete Tambores hacia el tanque de distribución ubicado en el cantón Tojchina, recientemente fue renovada, juntamente con la línea de conducción de la fuente las escobas, dichas fuentes abastecen al sector alto y bajo, respectivamente y se desperdiciaría totalmente dicha inversión, creando descontento en la población, ante la alcaldía municipal que es la primera en oponerse.

Por otro lado al realizar un proyecto nuevo, implicaría la participación de los beneficiarios, pero estos argumentan que no es obligación de ellos hacer esto, justificándose con un pago mensual que de más está decir que es insuficiente, provocando así una inversión mucho mayor. Sin olvidar el alto costo de recursos financieros, humanos que conlleva la construcción de un nuevo sistema además del tiempo de duración del proyecto.

## **b) Mejoramiento del sistema ya existente**

En el mejoramiento se pretende establecer un sistema óptimo con los recursos existentes. Mejorando lo necesario según sean las características que presenten. Estableciendo un plan maestro de agua potable para dicha cabecera con todos los puntos que en ellos contenga.

En esta opción se incluye la construcción de sistemas de distribución por sectores, es decir, un sistema que alimente a la parte alta y otro que alimente a la parte baja, cada uno con su propio tanque, cabe mencionar que existe mayor caudal en la fuente Las Escobas que es la que abastece a la parte baja, pero no hay muchos habitantes en dicho sector, mientras que en la parte alta se encuentra aproximadamente el 65% de los habitantes y la fuente tiene menor producción.

- **Ventajas:**

- Menos inversión
- Optimización de tiempo y recursos
- Accesibilidad y mayor participación de parte de los beneficiarios
- Mayor adaptación de los beneficiarios, a las condiciones urbanas, respetando los criterios técnicos y sociales que ello conlleve.

- **Desventajas**

- La posible negativa por parte de la alcaldía municipal, por cuestiones políticas.
- Poca adaptación de los beneficiarios, esto implica lentitud del proceso de transformación del sistema, tanto físico como administrativo, provocando así, alta inversión en tiempo y recursos.

Según los argumentos presentados con anterioridad, analizando cada uno de ellos, en todos los aspectos sociales, se concluye que la opción factible es la segunda opción.

#### **4.2.5.3 Factibilidad técnica**

##### **4.2.5.3.1 Identificación del problema**

La deficiencia en el funcionamiento y vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal del municipio de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.-

##### **4.2.5.3.2 Características del sistema**

El sistema consta de tres fuentes, las cuales se encuentran ubicadas en diferentes comunidades, una en la aldea Siete Tambores con una producción de 3.8 l/s según aforo realizado el 19/02/08, ésta cuenta con un muro de protección, otra en el cantón Tojchina, con una producción de 4.08 l/s, según aforo realizado el 18/11/07 y la tercera en el cantón Las Escobas con una producción de 8.9 l/s según aforo realizado el 18/02/08, obteniendo un caudal total de 16.78 l/s.

De acuerdo a esto, también cuenta con tres líneas de conducción, pero únicamente con dos tanques de distribución, ya que la primera y la segunda se encuentran conectadas a un solo tanque ubicado en el cantón Tojchina, abasteciendo a la parte alta de la comunidad, mientras que la tercera tiene su propio tanque, abasteciendo al sector bajo de la comunidad, cada una de ellas presenta problemas técnicos, que limitan su funcionamiento, según el diagnóstico, es de 72.85% sobre un 100%, (ver ilustración grafica No. 8 pág. 39 en diagnóstico).

La red de distribución del sistema en conjunto, por la ubicación de los puntos de consumo y ser un área urbana, es un circuito cerrado, además es un solo circuito. Ésta también presenta problemas, ya que a esta parte del sistema aun no se le ha realizado ningún arreglo y su tiempo de vida útil es de 18 años, por lo que esta a punto de culminar.

#### **4.2.5.3.2.1 Principales causas que afectan al funcionamiento del sistema.**

No cuentan con los componentes necesarios para su funcionamiento tales como:

- El tanque de distribución necesario, pasos aéreos, válvulas de control adecuados, tubería de material necesario, sistema de cloración acorde a la necesidad, muros de protección.
- La topografía del terreno ha impedido contar con un sistema eficaz y eficiente que atiende de forma satisfactoria la demanda de la población.
- La falta de interés de las autoridades locales, para mejorar las condiciones de salud y vida de sus pobladores.
- La falta de interés de los pobladores para intervenir en el mejoramiento de dicho sistema.

#### **4.2.5.3.2.2 Principales efectos sobre el funcionamiento del sistema.**

- Posiblemente el colapso total o parcial de algunas estructuras del sistema que se encuentran vulnerables ante los fenómenos naturales, o simplemente por fatiga (ejemplo: las pocas válvulas de control existentes presentan corrosión), dejando sin servicio a los pobladores.
- La escasez del recurso en los sectores altos del municipio, evitando así, el desarrollo de sus pobladores.
- El descontento de los pobladores de los sectores damnificados, creando posibles conflictos entre pobladores y autoridades municipales.

- La proliferación de enfermedades de orden patológico, debido a la deficiencia del sistema de saneamiento en la región, teniendo un efecto directo sobre la salud y la calidad de vida de los pobladores.

#### **4.2.5.3.3 Formulación del proyecto**

##### **4.2.5.3.3.1 Formulación de proyectos sectorizados**

###### **4.2.5.3.3.1.1 Bases de diseño**

###### **4.2.5.3.3.1.1.1 Dotación de agua (lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, se consideró una dotación de 140 lt/hab./día, ésta se encuentra entre los rangos de normas de diseño de acueductos urbanos, además existe suficiente agua en las fuentes.

###### **4.2.5.3.3.1.1.2 Población actual**

La población que abarca este sistema es de 1,883 habitantes.

###### **4.2.5.3.3.1.1.3 Población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico. Éste método tiene como ventaja que las poblaciones en vías de desarrollo crecen a un ritmo geométrico exponencial, por lo tanto, este método responde más a la realidad de la cabecera.

Félix Mérida, J. (2,006). Tesis de diseño de alcantarillado sanitario, utiliza la siguiente formula.

$$P_f = P_o(1+r)^n \quad (4.1)$$

Donde,

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Período de diseño

Se procede a calcular la población por sector:

**Sector alto:**

$$P_o = 1123 \text{ habitantes}$$

$$r = 2.7 \% \text{ según diagnóstico}$$

$$n = 20 \text{ años}$$

Al aplicar la fórmula del método, se obtiene:

$$P_f = 1123 (1 + 0.027)^{20} = 1,913 \text{ habitantes.}$$

**Sector bajo:**

$$P_o = 760 \text{ habitantes}$$

$$r = 2.7 \% \text{ según diagnóstico}$$

$$n = 20 \text{ años}$$

Se aplica la fórmula del método y se obtiene:

$$P_f = 760 (1 + 0.027)^{20} = 1,295 \text{ habitantes.}$$

**4.2.5.3.3.1.1.4 Caudal Medio o Necesario**

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 20), utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\text{Población futura} \times \text{dotación}}{86400} \quad \text{Donde } Q = \text{caudal medio o necesario}$$

**Sector alto:**

$$Q = \frac{1,913 \times 140}{86400} = 3.10 \text{ l/s}$$

**Sector bajo:**

$$Q = \frac{1,295 \times 140}{86400} = 2.10 \text{ l/s}$$

#### 4.2.5.3.3.1.1.5 Consumo máximo diario

Se obtiene de la operación que consiste en multiplicar el caudal medio por el FDM. para este proyecto se opto por utilizar el factor de 1.2, en ambos sectores, ya que la población ingresa dentro de los parámetros de diseño.

- **Sector alto:**

$$Q \times 1.2 = 3.10 \times 1.2 = 3.72 \text{ l/s} < 7.88 \text{ Caudal de la fuente.}$$

- **Sector bajo:**

$$Q \times 1.2 = 2.10 \times 1.2 = 2.52 \text{ l/s} < 8.9 \text{ Caudal de la fuente.}$$

#### 4.2.5.3.3.1.1.6 Consumo máximo horario

Es el caudal de distribución y se calcula multiplicando el consumo máximo diario por el factor 2, que se encuentra entre la norma según la población.

- **Sector alto:**

$$Q_m \times 2 = 3.10 \times 2 = 6.20 \text{ l/s}$$

- **Sector bajo:**

$$Q_m \times 2 = 2.10 \times 2 = 4.20 \text{ l/s}$$

#### 4.2.5.3.3.1.1.7 Volumen del tanque de almacenamiento

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales. (Pág. 32), utiliza la siguiente formula.

$$\frac{Q_m \times 0.35 \times 86400}{1000} = \text{Volumen (m}^3\text{)} \text{ Donde: } Q = \text{caudal medio} \quad (4.3)$$

- **Sector alto:**

$$\frac{3.10 \times 0.35 \times 86400}{1000} = 94\text{m}^3 > 65\text{m}^3 \text{ Vol. tanque actual.}$$

déficit =  $29\text{m}^3$

- **Sector bajo:**

$$\frac{2.10 \times 0.35 \times 86400}{1000} = 63\text{m}^3 > 60\text{m}^3 \text{ Vol. tanque actual.}$$

**Tabla XV. Criterios de diseño para el análisis del proyecto de la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez**

PROYECTO:		<b>MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA</b>	
COMUNIDAD:		<b>CABECERA MUNICIPAL</b>	
MUNICIPIO:		<b>SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ</b>	
DEPARTAMENTO:		<b>SAN MARCOS</b>	
<b>BASES DE DISEÑO</b>			
	<b>SECTOR</b>		
	<b>ALTO</b>	<b>BAJO</b>	
			<b>P/TANQUE DIST. Y TUBERIAS</b>
Tipo de sistema			Gravedad
Servicio			Domiciliar
Caudal de aforo	125	141	Galones / minuto
	7.88	8.90	Litros / segundo
No. de conexiones actuales	281	190	Conexiones prediales
Periodo de diseño	<b>20</b>	<b>20</b>	Años
Dotación	140	140	Litros por habitante por dia
Población actual	1123	760	Habitantes
Tasa de crecimiento	2.7	2.7	%
Población de diseño	1913	1295	Habitantes
caudal medio ó necesario	<b>3.10</b>	<b>2.10</b>	Litros por segundo
fdm	1.2	1.2	
Caudal conducción	<b>3.72</b>	<b>2.52</b>	Litros por segundo
fhm	2	2	
caudal distribución	<b>6.20</b>	<b>4.20</b>	Litros por segundo
Vol. tanque de distribución	94	63	Metros cúbicos

FUENTE: AUTOR

#### 4.2.5.3.3.1.2 **Análisis de los componentes del sistema de agua potable con propuestas de solución**

##### **a) Captación**

Actualmente cada una de las captaciones del sistema presenta pequeños desperfectos, la que se encuentra en el cantón Tojchina, necesita un muro de protección, ya que sobre ella, existen riesgos de deslaves y derrumbes de tierra que podría provocar el colapso de la misma.

##### **b) Línea de conducción**

Como se menciona anteriormente el sistema cuenta con tres líneas de conducción, manifestando que dos de ellas recién se remodelaron hace dos años, pero la conducción que sale de la fuente ubicada en el cantón Tojchina, necesita un cambio de tubería de PVC de 4" a HG del mismo diámetro, en un tramo de aproximadamente 1,120 m, ya que en dicho tramo existen cultivos de hortalizas, donde utilizan sistemas de mini riego para regar, provocando la existencia de conexiones ilícitas de agua, de acuerdo al aforo realizado donde el caudal que llega al tanque es de 2.78 l/s; perdiéndose así la llegada del caudal total en aproximadamente el 45% del caudal que sale de la fuente hacia el tanque de distribución. También en la conducción que sale del cantón Las Escobas existe la necesidad de un paso aéreo de 40 m, ya que se encuentra tubería expuesta en el cauce del río Tacaná.

##### **c) Almacenamiento**

Para la distribución se hacen uso de dos tanques de distribución, el que alimenta al sector norte o la parte alta del sistema que reúne los caudales que vienen del cantón Siete Tambores y Tojchina con un tanque grande de 40m<sup>3</sup> de capacidad, juntamente con un auxiliar de 15m<sup>3</sup>, dichos tanque actualmente manifiestan un alto rebalse,

ocasionando la formación de una escorrentía superficial que daña los cultivos de los vecinos, debido al déficit de  $29\text{m}^3$ , según el cálculo realizado anteriormente. En este caso se necesita la construcción de un tanque con esa capacidad que almacene el agua que se rebalsa. Además de esto, esta presenta un alto grado de vulnerabilidad ante la contaminación, ya que a escasos 5 m. existen varias casas con pozos ciegos, de acuerdo a esto surge la necesidad de impermeabilizar el tanque de  $40\text{m}^3$ , para evitar la infiltración de contaminación.

Por el otro lado el tanque de distribución ubicado en el cantón las Escobas, no manifiesta desperfectos, únicamente la necesidad del cambio de las tapaderas de concreto que ya se encuentran erosionadas por el intemperismo, junto a todo esto la rehabilitación del sistema de cloración.

#### **d) Red de distribución**

Este es uno de los componentes del sistema que presenta actualmente muchos desperfectos, tales como: tubería averiada, válvulas de control en mal estado, además de inadecuadas para dicho sistema. La construcción de un sistema por sector, definitivamente mejorará el funcionamiento del mismo, utilizando los componentes existentes en buen estado.

Se sugiere la coloración de válvulas de globo en toda la distribución, para que regulen el caudal hacia las partes bajas permitiendo así, que exista mayor acumulación de agua en las partes altas y por ende ellos puedan gozar del recurso todo el día.

#### **e) Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias existentes se encuentran en estado regular, algunas no tienen cajas de registro y no tienen válvulas de paso. Para mejorar el servicio, se propone la instalación de las mismas

en los puntos que sean necesarios y mejorar las ya existentes, con llaves de paso y cajas de registro para garantizar su buen funcionamiento. Según lo expuesto con anterioridad se observa la necesidad de la ejecución de dicho proyecto, tomando en cuenta que cada uno de los problemas que se presentan son técnicamente solucionables, por lo que es factible en este aspecto.

#### 4.2.5.4 Factibilidad financiera

##### 4.2.5.4.1 Costo estimado del proyecto

Tabla XVI. Costos del proyecto de la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez

ITEMS	DESCRIPCION	TOTAL
1	Trazo y replanteo	Q 5,048.50
2	Muro de protección	Q 9,035.00
3	Línea de conducción	Q 118,447.00
4	Red de distribución	Q 46,568.32
5	Tanque de distribución	Q 37,334.97
6	Paso aéreo	Q 8,199.30
7	Cajas p/válvulas de control	Q 5,750.00
8	Contadores	Q 163,582.00
9	Rehabilitación del hipoclorador	Q 15,000.00
10	Reposición y reacondicionamiento	
	de material	Q 180,000.00
11	Administración	Q 82,455.11
12	Supervisión	Q 88,344.76
13	<b>gran total</b>	<b>Q 759,764.97</b>

FUENTE: AUTOR

##### 4.2.5.4.2 Análisis de Costo/Beneficio

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicha relación y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo Beneficio} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Número de beneficiarios}} \quad (4.4)$$

La relación para esta comunidad, según los resultados de la tabla de costos para cada uno de ellos son los siguientes:

### **San Antonio Sacatepéquez**

$$\begin{aligned} \text{Costo total del proyecto} &= \text{Q } 759,764.97 \\ \text{Número de beneficiarios} &= 1883 \text{ habitantes} \\ \text{Costo/Beneficio} &= \frac{\text{Q } 759,764.97}{1883 \text{ habitantes}} = 403.49 \text{ Quetzales / Beneficiario} \end{aligned}$$

Según los resultados, basados en los costos, la relación es de aproximadamente 403.49 quetzales por beneficiario, que en términos generales es bastante aceptable.

#### **4.2.5.4.3 Análisis de sostenibilidad financiera**

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicho cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{\text{Costo/beneficio} \times \text{densidad}}{\text{Vida útil} \times 0.85} \quad (4.5)$$

Para el presente proyecto la sostenibilidad se presenta a continuación:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{403.49 \text{ Quetzales / beneficiario} \times 4 \text{ beneficiarios / conexión}}{20 \text{ años} \times 0.85}$$

Sostenibilidad = 94.94 Quetzales / Conexión / año, es decir que para que exista, una sostenibilidad adecuada en el sistema, cada familia beneficiada debe aportar Q. 94.94, al año.

Según los resultados brindados con anterioridad, el presente sistema es totalmente factible económicamente, por lo que de acuerdo a los resultados

presentados, se concluye que el presente proyecto es factible, social, técnica y económicamente, certificando así la factibilidad total del proyecto.

Se adjuntan: cálculo hidráulico, planos, presupuesto desglosado, cronograma de ejecución, en anexo 5.

#### **4.2.6 Estudio de Pre-factibilidad de la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable San Isidro Ixcolochil, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos**

##### **4.2.6.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable en la aldea San Isidro Ixcolochil, en todo su conjunto.

##### **4.2.6.2 Factibilidad social**

###### **4.2.6.2.1 Nombre del proyecto**

Construcción de un sistema nuevo de abastecimiento de agua potable, San Isidro Ixcolochil, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.

###### **4.2.6.2.2 Ubicación**

Aldea San Isidro Ixcolochil, Municipio de San Antonio Sacatepéquez, Departamento de San Marcos.

###### **4.2.6.2.3 Diagnóstico de la situación actual**

###### **a) Población beneficiaria, sus características y actividad económica**

La población que se beneficiaría de dicho proyecto, es un grupo de 25 familias, de la aldea San Isidro Ixcolochil, donde la densidad de habitantes por familia es de 6MPF, haciendo un total de 150 beneficiarios, representando así al 0.70% de la población total de todo el municipio, su actividad económica es la agricultura, cultivando maíz, papa y algunas hortalizas. Ellos manifiestan que actualmente tienen un

ingreso diario de Q40.00, el que únicamente les es suficiente para el sostenimiento familiar.

#### **b) Marco de referencia social**

La iniciativa del proyecto surgió por parte de la directiva de agua potable, formada por este grupo, ya que actualmente ellos manifiestan que no cuentan con ninguna fuente de abastecimiento de agua, auxiliándose únicamente de los vecinos y llena cantaros cercanos, debido a que en dicho grupo se encuentran familias nuevas, que se mudaron al lugar y otras que en el pasado inmigraron hacia los Estados Unidos de Norte América, pero al regresar ya no pudieron adjuntarse a los proyectos anteriores, existentes en la aldea.

Según el presidente de la junta directiva han realizado varios intentos para ser incluidos en los anteriores sistemas pero la negativa persiste de parte de los beneficiarios de los otros sistemas.

Dicha junta directiva se agencio de una fuente de brote definido ubicada en la Aldea San Rafael Sacatepéquez, a 2.15Km. de distancia respecto al centro de la aldea, para conducirla y abastecer a dicho grupo.

#### **4.2.6.2.4 Análisis de opciones para definir la solución técnica y financiera más favorable**

- **Construcción del sistema de abastecimiento de agua potable**

Ya que el grupo cuenta con una fuente de brote definido, que produce 0.36 l/s, según aforo realizado el 20-11-07, a una distancia de 2.15km. respecto al centro de la aldea, donde el nivel de la fuente es de 1000m. y el nivel donde se pretende ubicar el tanque es de 960m; teniendo como la parte más baja de la línea de distribución la casa ubicada en la cota 821m. lo cual indica que el sistema cuenta con las condiciones topográficas necesarias para su construcción.

- **Proyecto de bombeo eléctrico**

Es posible realizar estudios para determinar el nivel freático y poder determinar la profundidad de un pozo, para luego perforarlo e instalar un equipo de bombeo, esto requeriría la construcción de una línea trifásica de electricidad, aumentando el costo de inversión, además del alto costo en operación y mantenimiento del mismo.

Según lo expuesto con anterioridad, analizando cada una de las posibles soluciones, con el enfoque social que esto tendría, se considera la primera opción como la más favorable.

#### **4.2.6.3 Factibilidad técnica**

##### **4.2.6.3.1 Formulación del proyecto**

###### **4.2.6.3.1.1 Fuente de abastecimiento**

Actualmente cuentan con una fuente de brote definido, ubicada a 2.15 km. del punto propuesto para ubicar el tanque de distribución.

###### **4.2.6.3.1.2 Aforo**

El método de aforo fue el volumétrico, aforando el brote se obtuvo que su producción es de 0.36 l/s según aforo realizado el 20-11-07.

###### **4.2.6.3.1.3 Bases de diseño**

###### **4.2.6.3.1.3.1 Dotación de agua (Lt./hab./d)**

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, se considera una dotación de 80 lt/hab./día, que se encuentra entre los parámetros de acueductos rurales, además el clima de la comunidad es frío.

###### **4.2.6.3.1.3.2 Población actual**

La población total de la localidad es de 150 habitantes.

###### **4.2.6.3.1.3.3 Población de diseño**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de incremento geométrico.

Félix Mérida, J. (2,006). Tesis de diseño de alcantarillado sanitario, utiliza la siguiente formula.

$$P_f = P_o(1+r)^n \quad (4.1)$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual = 150

$r$  = tasa de crecimiento = 3.1% según el INE

$n$  = período de diseño = 20 años, según normas de diseño del INFOM

$$P_f = 276 \text{ Habitantes}$$

#### 4.2.6.3.1.3.4 Caudal medio o necesario

INFOM-UNEPAR. (1,997), Guía de diseño de sistemas de acueductos rurales, en el capítulo IV. (Pág. 20), utiliza la siguiente fórmula:

(4.2)

$$Q_m = \frac{\text{Población futura} \times \text{Dotación}}{86400} \quad \text{Donde } Q = \text{caudal medio o necesario}$$

$$Q_m = 0.26 \text{ l/s}$$

#### 4.2.6.3.1.3.5 Consumo máximo diario

Se obtiene de la siguiente fórmula para este proyecto se optó por utilizar el factor de 1.3, ya que la población ingresa dentro de los parámetros de diseño.

$$Q \times 1.3 = 0.26 \times 1.3 = 0.33 \text{ l/s}$$

#### 4.2.6.3.1.3.6 Consumo máximo horario

Se refiere al caudal de distribución, se calcula multiplicando el caudal medio por el factor 3 que fue tomado en función a la población.

$$Q_{mh} = 0.26 * 3 = 0.078 \text{ l/s}$$

#### 4.2.6.3.1.3.7 Volumen del tanque de distribución

INFOM-UNEPAR. (1,997), en su guía de diseño de sistemas de acueductos rurales. (Pág. 32), utiliza la siguiente fórmula:

(4.3)

$$\frac{\text{Caudal medio} \times 0.35 \times 86400}{1000} = 8\text{m}^3$$

Pero por efectos de simetría y redondeo se recomienda **10m<sup>3</sup>**

**Tabla XVII. Criterios de análisis del proyecto de San Isidro Ixcolochil**

PROYECTO:	Introducción de agua potable	
COMUNIDAD:	San Isidro Ixcolochil	
MUNICIPIO:	San Antonio Sacatepéquez	
DEPARTAMENTO:	San Marcos	
<b>Bases de Diseño</b>		
		<b>P/tanque dist. y tuberías</b>
tipo de sistema		gravedad
Servicio		domiciliar
caudal de aforo	6	galones / minuto
	0.36	litros / segundo
no. de conexiones	25	conexiones prediales
periodo de diseño	<b>20</b>	años
Dotación	80	litros por habitante por día
población actual	150	habitantes
tasa de crecimiento	3.1	%
población de diseño	276	habitantes
caudal medio ó necesario	<b>0.26</b>	litros por segundo
Fdm	1.3	
caudal conducción	<b>0.33</b>	litros por segundo
Fhm	3	
caudal distribución	<b>0.78</b>	litros por segundo
vol. tanque almacenamiento	10	metros cúbicos

FUENTE: AUTOR

Según los resultados, la ejecución del proyecto es factible bajo los aspectos técnicos.

#### 4.2.6.4 Factibilidad financiera

##### 4.2.6.4.1 Costo del proyecto

Tabla XVIII. Costos del proyecto del sistema de agua San Isidro Ixcolochil

ITEMS	DESCRIPCION	TOTAL
1	Topografía y replanteo	Q2,124.63
2	Muro de protección	Q7,595.00
3	Captación	Q8,718.50
4	Línea de conducción	Q85,353.60
5	Línea de distribución	Q23,013.56
6	Tanque de distribución	Q17,273.00
7	hipoclorador	Q3,161.65
8	Contadores y conexiones	Q12,775.00
9	Administración	Q22,402.09
10	Supervisión	Q24,002.24
9	<b>Gran total</b>	<b>Q206,419.27</b>

FUENTE: AUTOR

##### 4.2.6.4.2 Análisis de costo/beneficio

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicha relación y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Número de beneficiarios}} \quad (4.4)$$

La relación para esta comunidad, según los resultados de la tabla de costos es el siguiente:

#### Aldea San Isidro Ixcolochil

Costo total del proyecto en San Isidro Ixcolochil = Q 206,419.27

Número de beneficiarios = 150 habitantes

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q 206,419.27}}{150 \text{ habitantes}} = 1,376.13 \text{ Quetzales / beneficiario}$$

Según los resultados, basados en los costos, la relación es de aproximadamente 1,376.13 quetzales por beneficiario, que en términos generales es bastante aceptable, es alto, pero por ahora no existe otra opción mejor.

#### 4.2.6.4.3 Análisis de sostenibilidad financiera

Álvarez de Bautista E. G. (2,003). Evaluación económica y financiera de proyectos de inversión en su sección (2.3) realiza dicho cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{\text{Costo/beneficio} \times \text{densidad}}{\text{Vida útil} * 0.85} \quad (4.5)$$

Para el presente proyecto la sostenibilidad se presenta a continuación:

$$\text{Sostenibilidad} = \frac{1,376.13 \text{ Quetzales / beneficiario} \times 6 \text{ beneficiarios/ conexión}}{20 \text{ años} * 0.85}$$

Sostenibilidad = 485.69 Quetzales / conexión / año, es decir que para que exista, una sostenibilidad adecuada en el sistema, cada familia beneficiada debe aportar Q. 485.69, al año. Según lo planteado, el proyecto es económicamente posible, porque implicaría que cada beneficiario pagara únicamente Q40.00 al mes, y según una entrevista con la comunidad éste no sería un impedimento para su ejecución, lo que se concluye, que es factible en éste punto. En términos generales el proyecto es factible en los aspectos sociales, pero ligeramente factible en el aspecto técnico, ya que existe el riesgo de que la fuente no sea suficiente para abastecer a dichos sistema, durante todo el periodo de diseño de 20 años. Según se observó, el caudal de conducción se aproxima mucho al caudal de producción de la fuente, por tal motivo, se le dará un periodo de vida útil de 15 años, según análisis, bajo estas condiciones se presenta el siguiente cuadro de resultados:

**Tabla XIX. Criterios de análisis del proyecto de San Isidro Ixcolochil para un periodo de vida útil de 15 años**

PROYECTO	<b>CONSTRUCCION DE SISTEMA SAN ISIDRO</b>	
COMUNIDAD:	<b>SAN ISIDRO IXCOLOCHIL</b>	
MUNICIPIO:	<b>SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ</b>	
DEPARTAMENTO:	<b>SAN MARCOS</b>	
<b>BASES DE DISEÑO</b>		<b>P/TANQUE DIST. Y TUBERIAS</b>
tipo de sistema		gravedad
Servicio		domiciliar
caudal de aforo	6	galones / minuto
	0.36	litros / segundo
no. de conexiones	25	conexiones prediales
periodo de diseño	<b>15</b>	años
Dotación	80	litros por habitante por dia
población actual	150	habitantes
tasa de crecimiento	3.1	%
población de diseño	237	habitantes
caudal medio ó necesario	<b>0.22</b>	litros por segundo
Fdm	1.3	
caudal conducción	<b>0.29</b>	litros por segundo
Fhm	3	
caudal distribución	<b>0.66</b>	litros por segundo
vol. tanque almacenamiento	7	metros cúbicos

FUENTE: AUTOR

El cuadro anterior muestra, que si es factible técnicamente para un periodo de vida útil de 15 años, pero se recomienda a los beneficiarios, la búsqueda de otra fuente de abastecimiento, de lo contrario el sistema terminará siendo obsoleto después de este tiempo. Se adjuntan planos, prepuestos, cronogramas de ejecución, en anexo 6,

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la caracterización técnica, el 50% de los sistemas de abastecimiento de agua potable existentes en el municipio, presentan problemas técnicos de distintos tipos tales como: tubería inadecuada, vulnerabilidad sísmica y ante los desastres naturales y que el tiempo de vida de los sistemas ya ha claudicado, etc. Estos problemas impiden su buen funcionamiento.
2. La cobertura total de agua potable en el municipio de San Antonio Sacatepéquez es del 88%, lo cual indica que la necesidad no radica en la construcción de sistemas nuevos, sino en la ampliación y remodelación de algunos ya existentes.
3. La población total que cuenta con sistemas de cloración en el municipio, asciende a 7,856 habitantes, representando únicamente el 36.49%, de acuerdo a estos resultados los índices de morbilidad infantil y enfermedades gastrointestinales, además de enfermedades de la piel, (diarrea, dolores intestinales, Dermatitis y alergias), en la población de San Antonio Sacatepéquez, tienden a ascender.
- 5 La posibilidad de construir proyectos nuevos es mínima, pues los proyectos se centralizan en ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable, en todo el municipio.

## RECOMENDACIONES

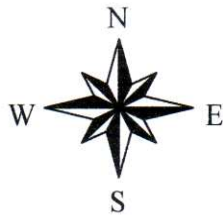
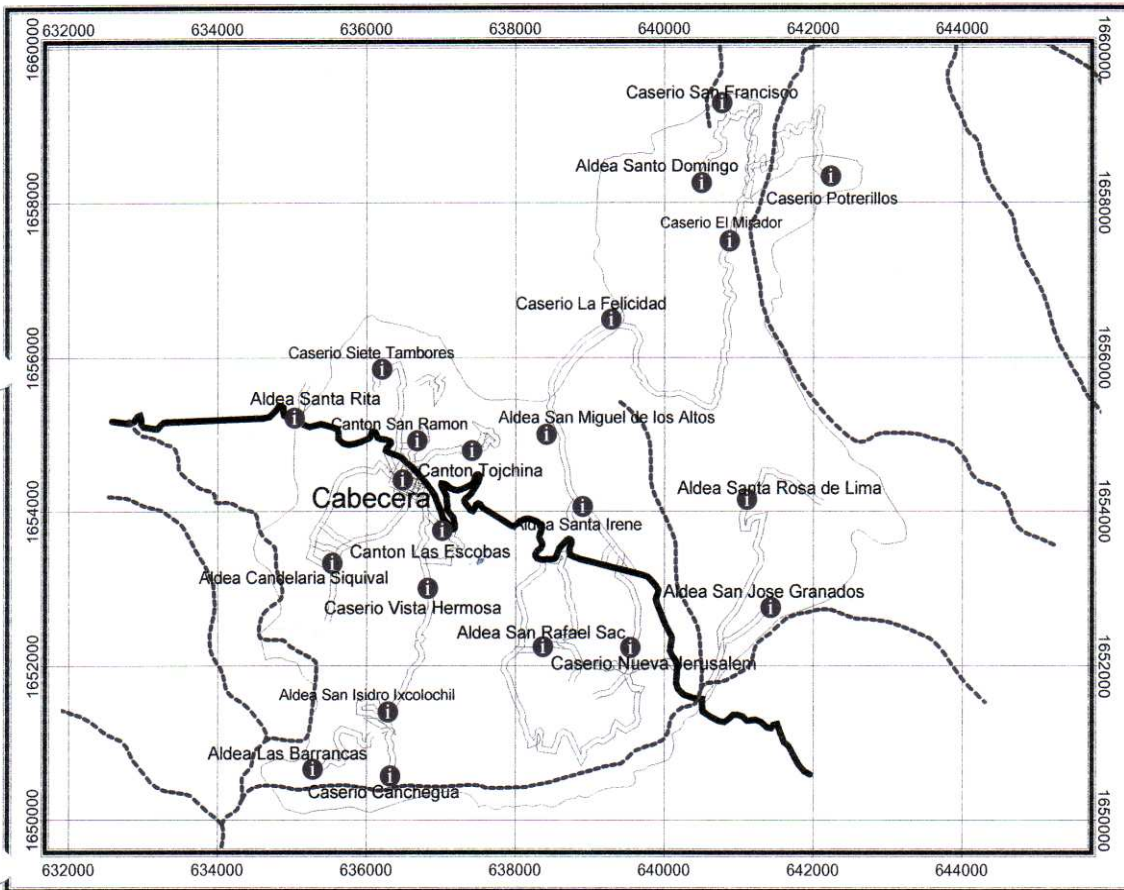
1. Una de las recomendaciones básicas y que no se puede dejar pasar, es la implementación de los sistemas de cloración en todos los sistemas de abastecimiento de agua potable, ya que según los resultados de calidad de agua e indicadores de contaminación, aproximadamente el 20% del agua muestra indicios de contaminación fecal, aumentando así la tasa de morbilidad infantil en el municipio, en especial en las áreas rurales.
2. Además de crear para cada uno de los sistemas, un plan de operación y mantenimiento de forma sistemática, que tome en cuenta los aspectos técnicos y ambientales, para garantizar así, la sostenibilidad de los sistemas y el recurso hídrico, éste podría ser por medio de un cronograma de actividades que contenga las diferentes actividades que conlleva el mantenimiento de cada uno los elementos de los sistemas con la frecuencia de las mismas de forma sistemática y con el personal y herramienta necesaria.
3. La Municipalidad de San Antonio Sacatepéquez, como institución promotora del desarrollo, debe velar porque se ejecuten los proyectos de alcantarillado y plantas de tratamiento, de acuerdo a cada planificación, ya que es indispensable mitigar la contaminación.
4. Los comités de agua y saneamiento junto con entidades gubernamentales y no gubernamentales, dedicadas a velar por el uso y manejo adecuado del recurso hídrico, deben establecer un reglamento interno para el municipio, que contemple la sanción a las conexiones ilícitas, al desperdicio del agua, además que contemple aspectos constructivos que disminuyan el riesgo de vulnerabilidad de los sistemas ante los desastres naturales, así como, velar también por su aplicación.
5. Impulsar planes o programas de educación en salud enfocados en el uso y manejo adecuado del agua.

## BIBLIOGRAFÍA






1. Álvarez Bautista, Elsa Gladys. 2,003. evaluación económica y financiera y proyectos de inversión, 2ª. Edición, Fac. Admón. de Empresas. Universidad de Perú.
2. INFOM – UNEPAR. (Instituto de fomento municipal). 2,000. Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales. Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales. 2ª. edición, Guatemala.
3. COGUANOR NGO 29001. 1,998. Norma guatemalteca obligatoria. Especificaciones para agua potable. Unidad de capacitación. Empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala.
4. Organización Panamericana de Salud. 2,004. Normativa técnica del diseño, construcción, operación y mantenimiento de agua y saneamiento en materia de desastre, Guatemala.
5. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. 2,004. Manual para análisis básicos de calidad del agua, Margarita Arazo de Samaeta, edición 2,004.
6. Pérez García, Rafael. 1,993. Dimensionamiento óptimo de redes de distribución de agua ramificadas, tesis doctoral, Universidad de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Valencia España.
7. Elías Charchalac, William Alejandro. 2,006. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para el caserío Xibalbay, barrio el Carmen departamento y municipio de Sololá. Tesis Ing. Civil. Fac. de Ingeniería Civil. USAC. Guatemala.

# APENDICE

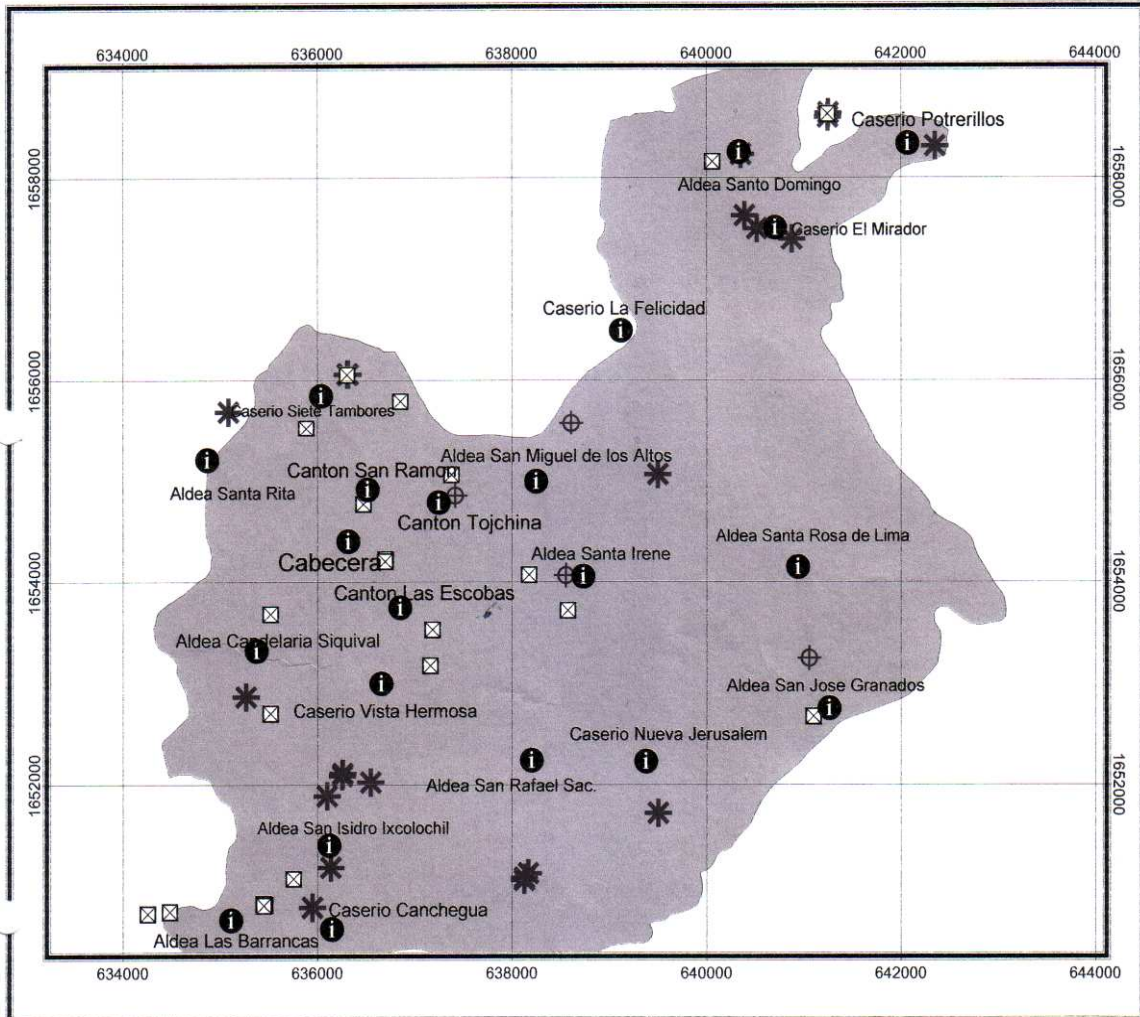
## GEOREFERENCIACION DE CARACTERISTICAS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ



### REFERENCIA

- |   |  |   |  |   |
|---|--|---|--|---|
|  Comunidades.shp |  Rios_project.shp |  Carretera.shp |  Calles.shp |  Limitemunicipal.shp |
|---|--|---|--|---|

# INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA POTABLE Y TANQUES EN EL MUNICIPIO



ESCALA 1:2000



## REFERENCIA

i Comunidades.shp  
  Tanques.shp  
 + Pozos.shp  
 \* Fuentesagua.shp  
 \* Fuentesagua.shp  
  Limitemunicipal.shp



ANEXO 1

PLANOS, PRESUPUESTOS, CRONOGRAMAS DE  
EJECUCIÓN Y HOJA DE DISEÑO DEL SISTEMA “LA  
AMISTAD”

## PRESUPUESTO DESGLOSADO POR RENGLONES DE TRABAJO

Oferente:	Servicios Para El Desarrollo		Fecha de Oferta: <b>05/08/08</b>
Proyecto:	Mejoramiento del sistema de agua potable " La amistad"		Programa: <b>SER</b>
Elaboro:	Fernando Jesús Canastuj I		

ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>0</b>	<b>MURO DE PROTECCION</b>					
0.1	Cemento	Sacos	35.0	Q 54.00	Q 1,890.00	
0.2	Arena de Rio	m3	6.5	Q 225.00	Q 1,462.50	
0.3	Piedra Bola	m3	6.5	Q 200.00	Q 1,300.00	
0.4	Piedrín Triturado de 3/4"	m3	4.5	Q 225.00	Q 1,012.50	
0.5	Pintura de agua	Galón	2.0	Q 65.00	Q 130.00	
0.6	MANO DE OBRA GLOBAL				Q 1,800.00	Q 7,595.00
<b>1</b>	<b>TOPOGRAFIA+REPLANTEO</b>					
1.1	Conducción	Km.	5.3	Q 575.00	Q 3,047.50	
1.2	Distribución	Km.	2.1	Q 575.00	Q 1,207.50	Q 4,255.00
<b>2</b>	<b>LÍNEA DE CONDUCCION</b>					
2.1	Tubería c/campana PVC de 2"	unidad	125.0	Q 89.49	Q 11,186.25	
2.2	Tubería c/campana de 1 1/2"	unidad	200.0	Q 53.48	Q 10,696.00	
2.3	Reductor Bushing de 2"X1 1/2"	unidad	1.0	Q 5.00	Q 5.00	
2.4	Cemento solvente	galón	3.0	Q 334.34	Q 1,003.02	
2.5	Thinner	galón	2.0	Q 45.00	Q 90.00	
2.6	wipe	lbs.	10.0	Q 15.00	Q 150.00	
2.7	MANO DE OBRA GLOBAL				1000	Q 24,130.27
<b>3</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCION</b>					
3.1	Tubo C/campana de 2"	unidad	52.0	Q 89.49	Q 4,653.48	
3.2	Tubo C/campana de 1 1/2"	unidad	80.0	Q 53.48	Q 4,278.40	
3.3	Tubo C/campana de 1/2"	unidad	100.0	Q 22.40	Q 2,240.00	
3.4	Tubo C/campana de 1"	unidad	100.0	Q 43.50	Q 4,350.00	
3.5	Tubo C/campana PVC de 3/4"	unidad	26.0	Q 35.18	Q 914.68	
3.6	Reductor Bushing de 1 1/2"X3/4"	unidad	6.0	Q 6.00	Q 36.00	
3.7	codos de pvc de 90o de 1 1/2"	unidad	4.0	Q 5.00	Q 20.00	
3.8	Cemento solvente	galón	4.0	Q 334.34	Q 1,337.36	
3.9	Thinner	galón	4.0	Q 45.00	Q 180.00	
3.10	wipe	lbs.	10.0	Q 15.00	Q 150.00	
3.11	codos de pvc de 90o de 1"	unidad	4.0	Q 5.00	Q 20.00	
3.12	MANO DE OBRA GLOBAL				Q 15,545.00	Q 33,724.92
<b>4</b>	<b>CAJAS ROMPE PRESION</b>	<b>unidad</b>	<b>4.0</b>			
4.1	Cemento	sacos	30.0	Q 54.00	Q 1,620.00	
4.2	Arena de Rio	M3	10.0	Q 225.00	Q 2,250.00	
4.3	Piedrín	M3	10.0	Q 225.00	Q 2,250.00	
4.4	Piedra de Bola	M3	10.0	Q 200.00	Q 2,000.00	
4.5	Tablas	Doc.	10.0	Q 325.00	Q 3,250.00	
4.6	Clavo de 3"	lbs.	50.0	Q 5.00	Q 250.00	
4.7	Alambre de Amarre	lbs.	40.0	Q 5.00	Q 200.00	
4.8	Hierro de 1/2"	varillas	5.0	Q 40.00	Q 200.00	
4.9	Hierro de 3/8"	Varillas	30.0	Q 28.00	Q 840.00	

4.10	Válvula de compuerta de 1 1/2"	unidad	5.0	Q	60.00	Q	300.00	
4.11	Adaptador Macho PVC 1 1/2"	unidad	10.0	Q	6.00	Q	60.00	
4.12	Codos de PVC de 1 1/2 90o	unidad	5.0	Q	6.00	Q	30.00	
4.13	Tubería de PVC de 2" para drenaje	tubo	2.0	Q	100.00	Q	200.00	
4.14	Flotador de 1 1/2"	unidad	5.0	Q	360.00	Q	1,800.00	
4.15	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	unidad	10.0	Q	4.50	Q	45.00	
4.16	codo de 2" PVC	unidad	10.0	Q	6.00	Q	60.00	
4.17	Candado de 50 mm.	unidad	5.00	Q	75.00	Q	375.00	
4.18	MANO DE OBRA GLOBAL	unidad	4.0			Q	4,400.00	Q 15,730.00
6	<b>TANQUE DE DISTRIBUCION</b>	<b>M3</b>	<b>23.0</b>					
6.1	Cemento	sacos	67.0	Q	54.00	Q	3,618.00	
6.2	Arena de rio	M3	6.0	Q	225.00	Q	1,350.00	
6.3	Piedrín Triturado de 3/4"	M3	5.0	Q	225.00	Q	1,125.00	
6.4	Piedra bola	M3	11.0	Q	225.00	Q	2,475.00	
6.5	Tablas	Doc.	5.0	Q	320.00	Q	1,600.00	
6.6	Parales	Doc.	3.5	Q	180.00	Q	630.00	
6.7	Clavo de 3"	Lbs.	25.0	Q	5.00	Q	125.00	
6.8	Alambre de amarre	lbs.	14.0	Q	5.00	Q	70.00	
6.9	Hierro No. 4	qq	1.6	Q	470.00	Q	752.00	
6.10	Hierro No. 5	qq	1.0	Q	470.00	Q	470.00	
6.11	Hierro No. 3	qq	4.0	Q	470.00	Q	1,880.00	
6.13	Tubería de PVC de 2" para drenaje	Unidad	1.0	Q	128.44	Q	128.44	
6.14	Válvula de compuerta de 1 1/2"	Unidad	1.0	Q	198.37	Q	198.37	
6.15	Adaptador Macho PVC 1 1/2"	Unidad	2.0	Q	4.50	Q	9.00	
6.16	Adaptador Macho de 1"	Unidad	2.0	Q	4.00	Q	8.00	
6.17	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	Unidad	2.0	Q	1.75	Q	3.50	
6.18	Tee PVC de 2"	Unidad	1.0	Q	17.40	Q	17.40	
6.19	Pichacha Plástica de 2"	Unidad	2.0	Q	35.75	Q	71.50	
6.20	Pintura anticorrosiva	1/4 galón	1.0	Q	52.30	Q	52.30	
6.21	Sifón a seguir de 2"	unidad	1.0	Q	72.40	Q	72.40	
6.22	Candado de 50 mm.	unidad	1.0	Q	75.00	Q	75.00	
6.23	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	8,875.00	Q 24,075.91
7	<b>HIPOCLORADOR</b>	unidad	1.0					
7.1	Kit + reactivo	unidad	1.0	Q	57.00	Q	57.00	
7.2	hierro 3/8"	Varillas	1.0	Q	36.15	Q	36.15	
7.3	Arena de rio	M3	1.5	Q	225.00	Q	337.50	
7.4	Piedrín	M3	2.0	Q	225.00	Q	450.00	
7.5	Cemento	sacos	4.0	Q	54.00	Q	216.00	
7.6	Madera	Doc	1.5	Q	340.00	Q	510.00	
7.7	Tambo de Hipoclorito al 70%	unidad	1.0	Q	555.00	Q	555.00	
7.8	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	1,000.00	Q 3,161.65
8	<b>CONTADORES+CONEXIONES</b>	Unidad	80.0					
8.1	Caja prefabricada	Unidad	80.0	Q	70.00	Q	5,600.00	
8.2	Contador y accesorios	Unidad	80.0	Q	192.00	Q	15,360.00	
8.3	Adaptador Macho PVC de 1/2"	unidad	160.0	Q	3.50	Q	560.00	
8.5	Válvula de globo de 1/2"	unidad	80.0	Q	50.00	Q	4,000.00	
8.6	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	4,800.00	Q 30,320.00
9	<b>GRAN TOTAL</b>							<b>Q 142,992.75</b>

CONTENIDO	CRONOGRAMA DE EJECUCION POR RENGLONES DE TRABAJO
PROYECTO	AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE "LA AMISTAD"
UBICACIÓN	CACERIO VISTA HERMOSA
MUNICIPIO	SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ
DEPARTAMENTO	SAN MARCOS
UNIDAD FORMULADORA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CRONOGRAMA					TIEMPO (meses)				% Inversión	
	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL	1	2	3		4
TOPOGRAFIA+REPLANTEO	7.4	Km.	Q 575.00	Q 4,255.00	■	■				2.98
MURO DE PROTECCION	1	UNIDAD	Q 7,595.00	Q 7,595.00		■				5.31
LÍNEA DE CONDUCCION	5.3	Km.	Q 4,552.88	Q 24,130.26		■	■			16.88
LÍNEA DE DISTRIBUCION	2.1	Km.	Q 16,059.49	Q 33,724.92			■	■		23.59
CAJAS ROMPE PRESION	3	UNIDAD	Q 5,243.33	Q 15,729.99			■	■		11.00
TANQUE DE DISTRIBUCION DE 23M3	1	UNIDAD	Q 24,075.91	Q 24,075.91				■	■	16.84
HIPOCLORADOR	1	UNIDAD	Q 3,161.65	Q 3,161.65					■	2.21
CONTADORES	80	UNIDAD	Q 379.00	Q 30,320.00			■	■	■	21.20
<b>INVERSIÓN POR MES</b>					20.00%	30.00%	25.00%	25.00%		<b>100.00</b>
<b>INVERSIÓN ACUMULADA</b>					20.00%	50.00%	75.00%	100.00%		<b>100.00</b>

LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION

REVISO: Depto. De Ingeniería

SER

LÍNEA DE CONDUCCION																				
ESTACIÓN	P.O.	DISTANCIA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	TUBERIA			Q (L/S)	LONG. (m)	H.F. (m)	VEL. (m/s)	COTA TERRENO (m)		PIEZOMETRICA (m)		P. DINÁMICA		P. ESTÁTICA		OBSERVACIÓN
					MAT.	C.R.	PSI					INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
	E-0	0											1000		1000					NACIMIENTO
E-0	E-1	35	2	2.193	pvc	150	160	1.49	35.014	0.2603	0.612	1000.000	999.000	1000	999.740	0.000	0.740	0.000	1.000	
E-1	E-2	54	2	2.193	pvc	150	160	1.49	54.231	0.4032	0.612	999.000	994.000	999.740	999.337	0.740	5.337	1.000	6.000	
E-2	E-3	42	2	2.193	pvc	150	160	1.49	42.012	0.3123	0.612	994.000	993.000	999.337	999.024	5.337	6.024	6.000	7.000	
E-3	E-4	40	2	2.193	pvc	110	160	1.49	40.200	0.5308	0.612	993.000	989.000	999.024	998.493	6.024	9.493	7.000	11.000	
E-4	E-5	23	2	2.193	pvc	150	160	1.49	24.352	0.1810	0.612	989.000	981.000	998.493	998.312	9.493	17.312	11.000	19.000	
E-5	E-6	26	2	2.193	pvc	150	160	1.49	26.683	0.1984	0.612	981.000	987.000	998.312	998.114	17.312	11.114	19.000	13.000	
E-6	E-7	34	2	2.193	pvc	150	160	1.49	34.000	0.2528	0.612	987.000	987.000	998.114	997.861	11.114	10.861	13.000	13.000	
E-7	E-8	42	2	2.193	pvc	150	160	1.49	42.107	0.3131	0.612	987.000	990.000	997.861	997.548	10.861	7.548	13.000	10.000	
E-8	E-9	45	2	2.193	pvc	150	160	1.49	45.011	0.3346	0.612	990.000	991.000	997.548	997.214	7.548	6.213	10.000	9.000	
E-9	E-10	102	2	2.193	pvc	150	160	1.49	102.044	0.7587	0.612	991.000	988.000	997.214	996.455	6.213	8.455	9.000	12.000	
E-10	E-11	120	2	2.193	pvc	150	160	1.49	120.004	0.8922	0.612	988.000	989.000	996.455	995.563	8.455	6.563	12.000	11.000	
E-11	E-12	24	2	2.193	pvc	150	160	1.49	24.515	0.1823	0.612	989.000	984.000	995.563	995.380	6.563	11.380	11.000	16.000	
E-12	E-13	83	2	2.193	pvc	150	160	1.49	83.726	0.6225	0.612	984.000	973.000	995.380	994.758	11.380	21.758	16.000	27.000	
E-13	E-14	46	2	2.193	pvc	150	160	1.49	46.390	0.3449	0.612	973.000	967.000	994.758	994.413	21.758	27.413	27.000	33.000	
E-14	E-15	81	2	2.193	pvc	150	160	1.49	82.037	0.6099	0.612	967.000	980.000	994.413	993.803	27.413	13.803	33.000	20.000	
E-15	E-16	16	2	2.193	pvc	150	160	1.49	16.492	0.1226	0.612	980.000	984.000	993.803	993.680	13.803	9.680	20.000	16.000	
E-16	E-17	36	2	2.193	pvc	150	160	1.49	36.014	0.2678	0.612	984.000	985.000	993.680	993.413	9.680	8.413	16.000	15.000	
E-17	E-18	84	2	2.193	pvc	150	160	1.49	84.006	0.6246	0.612	985.000	986.000	993.413	992.788	8.413	6.788	15.000	14.000	
E-18	E-19	72	2	2.193	pvc	150	160	1.49	72.062	0.5358	0.612	986.000	983.000	992.788	992.252	6.788	9.252	14.000	17.000	
E-19	E-20	46	2	2.193	pvc	150	160	1.49	46.043	0.3423	0.612	983.000	985.000	992.252	991.910	9.252	6.910	17.000	15.000	
E-20	E-21	39	2	2.193	pvc	150	160	1.49	39.013	0.2900	0.612	985.000	986.000	991.910	991.620	6.910	5.620	15.000	14.000	
E-21	E-22	39	2	2.193	pvc	150	160	1.49	39.051	0.2903	0.612	986.000	988.000	991.620	991.330	5.620	3.330	14.000	12.000	

E-22	E-23	22	2	2.193	pvc	150	160	1.49	22.091	0.1642	0.612	988.000	986.000	991.330	991.165	3.330	5.165	12.000	14.000	
E-23	E-24	35	2	2.193	pvc	150	160	1.49	35.903	0.2669	0.612	986.000	978.000	991.165	990.899	5.165	12.898	14.000	22.000	
E-24	E-25	75	2	2.193	pvc	150	160	1.49	75.027	0.5578	0.612	978.000	980.000	990.899	990.341	12.898	10.341	22.000	20.000	
E-25	E-26	29	2	2.193	pvc	150	160	1.49	29.155	0.2168	0.612	980.000	983.000	990.341	990.124	10.341	7.124	20.000	17.000	
E-26	E-27	40	2	2.193	pvc	150	160	1.49	40.000	0.2974	0.612	983.000	983.000	990.124	989.827	7.124	6.826	17.000	17.000	
E-27	E-28	69	2	2.193	pvc	150	160	1.49	71.063	0.5283	0.612	983.000	966.000	989.827	989.298	6.826	23.298	17.000	34.000	
E-28	E-29	79	2	2.193	pvc	150	160	1.49	79.057	0.5878	0.612	966.000	969.000	989.298	988.710	23.298	19.710	34.000	31.000	
E-29	E-30	81	2	2.193	pvc	150	160	1.49	82.377	0.6124	0.612	969.000	954.000	988.710	988.098	19.710	34.098	31.000	46.000	
E-30	E-31	159	2	2.193	pvc	150	160	1.49	161.276	1.1990	0.612	954.000	981.000	988.098	986.899	34.098	5.899	46.000	19.000	
E-31	E-32	6	2	2.193	pvc	150	160	1.49	6.325	0.0470	0.612	981.000	983.000	986.899	986.852	5.899	3.852	19.000	17.000	
E-32	E-33	28	2	2.193	pvc	150	160	1.49	28.443	0.2115	0.612	983.000	978.000	986.852	986.641	3.852	8.640	17.000	22.000	
E-33	E-34	79	2	2.193	pvc	150	160	1.49	81.492	0.6059	0.612	978.000	958.000	986.641	986.035	8.640	28.035	22.000	42.000	
E-34	E-35	124	2	2.193	pvc	150	160	1.49	126.115	0.9376	0.612	958.000	981.000	986.035	985.097	28.035	4.097	42.000	19.000	
E-35	E-36	154	2	2.193	pvc	150	160	1.49	154.000	1.1449	0.612	981.000	981.000	985.097	983.952	4.097	2.952	19.000	19.000	
E-36	E-37	173	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	175.251	3.8668	0.956	981.000	953.000	983.952	980.085	2.952	27.085	19.000	47.000	383 Tubos C/campana de 2" pvc de 160 psiØ
E-37	E-38	51	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	51.088	1.1272	0.956	953.000	950.000	980.085	978.958	27.085	28.958	47.000	50.000	
E-38	E-39	61	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	61.000	1.3459	0.956	950.000	950.000	978.958	977.612	28.958	27.612	50.000	50.000	
E-39	E-40	63	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	63.071	1.3916	0.956	950.000	947.000	977.612	976.221	27.612	29.221	50.000	53.000	
E-40	E-41	55	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	55.036	1.2144	0.956	947.000	945.000	976.221	975.006	29.221	30.006	53.000	55.000	
E-41	E-42	52	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	52.010	1.1476	0.956	945.000	946.000	975.006	973.859	30.006	27.859	55.000	54.000	
E-42	E-43	71	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	71.000	1.5666	0.956	946.000	946.000	973.859	972.292	27.859	26.292	54.000	54.000	
E-43	E-44	66	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	66.030	1.4569	0.956	946.000	948.000	972.292	970.835	26.292	22.835	54.000	52.000	
E-44	E-45	78	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	78.006	1.7212	0.956	948.000	947.000	970.835	969.114	22.835	22.114	52.000	53.000	
E-45	E-46	114	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	114.018	2.5157	0.956	947.000	949.000	969.114	966.598	22.114	17.598	53.000	51.000	
E-46	E-47	86	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	86.023	1.8981	0.956	949.000	951.000	966.598	964.700	17.598	13.700	51.000	49.000	
E-47	E-48	94	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	94.021	2.0745	0.956	951.000	953.000	964.700	962.626	13.700	9.626	49.000	47.000	
E-48	E-49	141	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	141.014	3.1114	0.956	953.000	951.000	962.626	959.514	9.626	8.514	47.000	49.000	
E-49	E-50	98	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	98.326	2.1695	0.956	951.000	943.000	959.514	957.345	8.514	14.345	49.000	57.000	
E-50	E-51	129	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	129.190	2.8505	0.956	943.000	936.000	957.345	954.494	14.345	18.494	57.000	64.000	
E-51	E-52	121	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	121.202	2.6743	0.956	936.000	929.000	954.494	951.820	18.494	22.820	64.000	71.000	
E-52	E-53	48	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	48.094	1.0612	0.956	929.000	926.000	951.820	950.759	22.820	24.759	71.000	74.000	
E-53	E-54	49	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	49.010	1.0814	0.956	926.000	927.000	950.759	949.677	24.759	22.677	74.000	73.000	

E-54	E-55	76	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	76.322	1.6840	0.956	927.000	920.000	949.677	947.993	22.677	27.993	73.000	80.000	
E-55	E-56	88	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	88.363	1.9497	0.956	920.000	912.000	947.993	946.044	27.993	34.044	80.000	88.000	CRP
E-56	E-57	56	1 1/2	2.193	pvc	150	160	1.49	56.080	0.4169	0.612	912.000	909.000	912.000	911.583	0.000	2.583	0.000	3.000	286 Tubos C/campana de 1 / 1/2" pvc de 160 psi
E-57	E-58	58	1 1/2	2.193	pvc	150	160	1.49	58.856	0.4376	0.612	909.000	899.000	911.583	911.146	2.583	12.146	3.000	13.000	
E-58	E-59	32	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	32.140	0.7092	0.956	899.000	902.000	911.146	910.436	12.146	8.436	13.000	10.000	
E-59	E-60	34	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	37.162	0.8200	0.956	902.000	887.000	910.436	909.616	8.436	22.616	10.000	25.000	
E-60	E-61	47	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	48.508	1.0703	0.956	887.000	899.000	909.616	908.546	22.616	9.546	25.000	13.000	
E-61	E-62	38	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	38.013	0.8387	0.956	899.000	898.000	908.546	907.707	9.546	9.707	13.000	14.000	
E-62	E-63	59	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	59.076	1.3035	0.956	898.000	895.000	907.707	906.404	9.707	11.404	14.000	17.000	
E-63	E-64	49	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	49.010	1.0814	0.956	895.000	894.000	906.404	905.322	11.404	11.322	17.000	18.000	
E-64	E-65	40	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	40.112	0.8851	0.956	894.000	891.000	905.322	904.437	11.322	13.437	18.000	21.000	
E-65	E-66	135	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	135.300	2.9853	0.956	891.000	882.000	904.437	901.452	13.437	19.452	21.000	30.000	137 Tubos C/campana de 1 / 1/2" pvc de 160 psi
E-66	E-67+87	174	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	180.236	3.9768	0.956	882.000	835.000	901.452	897.475	19.452	62.475	30.000	77.000	CRP
E-67+87	E-68	87	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	95.755	2.1128	0.956	835.000	795.000	835.000	832.887	0.000	37.887	0.000	40.000	
E-68	E-69	72	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	74.465	1.6430	0.956	795.000	814.000	832.887	831.244	37.887	17.244	40.000	21.000	
E-69	E-70	24	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	25.000	0.5516	0.956	814.000	807.000	831.244	830.693	17.244	23.693	21.000	28.000	
E-70	E-71	16	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	16.279	0.3592	0.956	807.000	810.000	830.693	830.333	23.693	20.333	28.000	25.000	
E-71	E-72	40	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	41.231	0.9097	0.956	810.000	820.000	830.333	829.424	20.333	9.424	25.000	15.000	
E-72	E-73	136	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	136.528	3.0124	0.956	820.000	808.000	829.424	826.411	9.424	18.411	15.000	27.000	
E-73	E-74	118	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	118.000	2.6036	0.956	808.000	808.000	826.411	823.808	18.411	15.808	27.000	27.000	
E-74	E-75	66	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	66.068	1.4578	0.956	808.000	805.000	823.808	822.350	15.808	17.350	27.000	30.000	
E-75	E-76	55	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	55.326	1.2208	0.956	805.000	811.000	822.350	821.129	17.350	10.129	30.000	24.000	
E-76	E-77	95	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	95.635	2.1101	0.956	811.000	800.000	821.129	819.019	10.129	19.019	24.000	35.000	577.778139054732
E-77	E-78	21	1 1/2	1.754	pvc	150	160	1.49	21.213	0.4681	0.956	800.000	797.000	819.019	818.551	19.019	21.551	35.000	38.000	TANQUE

LÍNEA DE DISTRIBUCION																				
RAMAL CENTRAL																				
E-78	E-79	30.000	2	2.193	pvc	150	160	5.14	32.311	2.3800	2.110	797.000	785.000	797.000	794.620	0.000	9.620	0.000	0.000	
E-79	E-80	164.000	2	2.193	pvc	150	160	5.14	165.339	12.1787	2.110	785.0000	764.0000	794.620	782.441	9.620	18.441	12.000	21.000	
E-80	E-81	117.000	2	2.193	pvc	150	160	5.14	117.000	8.6181	2.110	764.0000	740.0000	782.441	773.823	18.441	33.823	33.000	45.000	
E-81	E-82	96.000	2	2.193	pvc	150	160	5.14	96.000	7.0712	2.110	740.0000	731.0000	773.823	766.752	33.823	35.752	57.000	54.000	52 TUBOSC/CAMPANA PVC 2"
E-82	E-83	99.000	2	2.193	pvc	150	160	5.14	99.000	7.2922	2.110	731.0000	719.0000	766.752	759.460	35.752	40.460	66.000	66.000	1 REDUCIDOR BUSHING DE 2" X 1/2"
E-83	E-84	148.000	1 1/2	1.754	pvc	150	160	5.14	148.000	32.3534	3.298	719.0000	706.0000	759.460	727.106	40.460	21.106	78.000	79.000	C.R.P. + 33 TUBOS C/CAMPANA PVC DE 1 1/2"
RAMAL 1																				
E-84	E-85	29.000	1	1.195	pvc	150	160	0.60	34.132	0.9055	0.829	706.00000	688.000	706.000	705.095	0.000	17.095	0.000	18.000	
E-85	E-86	55.000	1	1.195	pvc	150	160	0.60	55.579	1.4745	0.829	688.0000	680.000	705.095	703.620	17.095	23.620	18.000	26.000	
E-86	E-87	68.000	1	1.195	pvc	150	160	0.60	68.066	1.8058	0.829	680.0000	677.000	703.620	701.814	23.620	24.814	26.000	29.000	
E-87	E-88	160.000	1	1.195	pvc	150	160	0.60	160.153	4.2488	0.829	677.0000	670.000	701.814	697.565	24.814	27.565	29.000	36.000	
E-88	E-89	125.000	1	1.195	pvc	150	160	0.60	125.399	3.3268	0.829	670.0000	680.000	697.565	694.239	27.565	14.239	36.000	26.000	74 TUBOS C/CAMPANA PVC 1"
RAMAL2																				
E-84	E-90	29.000	1 1/2	1.754	pvc	150	160	2.13	32.202	1.3772	1.367	706.0000	692.000	727.106	725.729	21.106	33.729	0.000	14.000	
E-90	E-91	55.000	1 1/2	1.754	pvc	150	160	2.13	55.009	2.3526	1.367	692.0000	691.000	725.729	723.377	33.729	32.377	14.000	15.000	
E-91	E-92	68.000	1 1/2	1.754	pvc	150	160	2.13	68.000	2.9082	1.367	691.0000	686.000	723.377	720.468	32.377	34.468	15.000	20.000	26 TUBOS C/CAMPANA PVC 1 1/2"
RAMAL 3																				
E-92	E-93	160.000	3/4	0.926	pvc	150	160	0.56	160.702	12.9911	1.289	686.000	671.000	720.468	707.477	34.468	36.477	20.000	35.000	3 REDUCIDOR BUSHING DE 1 1/2" X 3/4"
E-93	E-94	125.000	1/2	0.710	pvc	150	160	0.56	126.289	37.2187	2.193	671.0000	653.000	707.477	670.259	36.477	17.259	35.000	53.000	TEE PVC DE 1 1/2"
RAMAL 4																				
E-92	E-95	332.000	1	1.195	pvc	150	160	0.78	332.182	14.3262	1.078	686.000	675.000	720.468	706.142	34.468	31.142	20.000	31.000	26 TUBOS C/CAMPANA PVC 3/4"
E-95	E-96	37.000	1	1.195	pvc	150	160	0.78	37.014	1.5963	1.078	675.000	676.000	706.142	704.546	31.142	28.546	31.000	30.000	21 TUBOS C/CAMPANA PVC 1/2"
E-96	E-97	53.000	1	1.195	pvc	150	160	0.78	53.151	2.2923	1.078	676.000	672.000	704.546	702.254	28.546	30.254	30.000	34.000	1 REDUCIDOR BUSHING DE 3/4" X 1/2"
																				26 TUBOS C/CAMPANA PVC 1"

ANEXO 1  
PLANOS, PRESUPUESTOS, CRONOGRAMAS DE  
EJECUCION Y HOJA DE DISEÑO DEL SISTEMA LA  
DON POLO

PRESUPUESTO PRELIMINAR POR RENGLONES DE TRABAJO							
Oferente:	Servicios Para El Desarrollo				Fecha de Oferta:	05/05/08	
Proyecto:	Ampliación y Mejoramiento del Sistema "Don Polo"				Programa:	SER	
Elaboro:	Fernando Jesús Canastuj I						
ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO		SUB-TOTAL	TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>							
1	<b>TRAZO Y REPLANTEO</b>						
1.1	Conducción	Km.	6.358	Q	575.00	Q 3,655.85	
1.2	Distribución	Km.	3.85	Q	575.00	Q 2,213.75	Q 5,869.60
2	<b>MURO DE PROTECCION</b>						
2.1	Cemento	sacos	40	Q	54.00	Q 2,160.00	
2.2	Arena	m3	7.8	Q	225.00	Q 1,755.00	
2.3	Piedra Bola	m3	11.52	Q	200.00	Q 2,304.00	
2.4	Piedrín Triturado de 3/4"	m3	6.72	Q	225.00	Q 1,512.00	
2.5	Pintura de agua	Galón	2	Q	75.00	Q 150.00	
2.6	MANO DE OBRA GLOBAL					Q 1,800.00	Q 9,681.00
3	<b>Conducción</b>						
3.1	Tubo C/campana PVC de 3"	unidad	40	Q	328.90	Q 13,156.00	
3.2	Tubo C/campana PVC de 2"	unidad	30	Q	89.49	Q 2,684.70	
3.3	Tubo C/campana PVC de 1 1/2"	unidad	25	Q	53.48	Q 1,337.00	
3.4	Tubo C/campana PVC de 1 1/4"	unidad	56	Q	48.75	Q 2,730.00	
3.5	Tubo C/campana PVC de 1"	unidad	25	Q	43.50	Q 1,087.50	
3.6	Tubo C/campana de 1/2"	unidad	25	Q	22.40	Q 560.00	
3.7	Cemento solvente	galón	4.0	Q	334.34	Q 1,337.36	
3.8	Thinner	galón	4.0	Q	45.00	Q 180.00	
3.9	wipe	lbs.	20.0	Q	15.00	Q 300.00	
3.10	MANO DE OBRA GLOBAL					Q 2,000.00	Q 25,372.56
4	<b>DISTRIBUCION</b>						
4.1	Tubo C/campana PVC de 1"	unidad	40	Q	34.80	Q 1,392.00	
4.2	Tubo C/campana de 1/2"	unidad	50	Q	19.25	Q 962.50	
4.3	Cemento solvente	galón	0.5	Q	334.34	Q 167.17	
4.4	Thinner	galón	1.5	Q	75.00	Q 112.50	
4.5	wipe	lbs.	10.0	Q	15.00	Q 150.00	Q 2,784.17
5	<b>CAJAS ROMPE PRESION</b>						
5.1	Cemento	sacos	2.0	Q	54.00	Q 108.00	
5.2	Arena de Rio	M3	0.6	Q	225.00	Q 140.63	
5.3	Piedrín	M3	0.6	Q	225.00	Q 140.63	
5.4	Piedra de Bola	M3	0.6	Q	200.00	Q 125.00	
5.5	Tablas	Doc.	0.6	Q	325.00	Q 203.13	
5.6	Clavo de 3"	lbs.	3.0	Q	5.00	Q 15.00	
5.7	Alambre de Amarre	lbs.	2.5	Q	5.00	Q 12.50	
5.8	Hierro de 1/2"	varillas	1.0	Q	40.00	Q 40.00	
5.9	Hierro de 3/8"	Varillas	2.0	Q	28.00	Q 56.00	
5.10	Válvula de compuerta de 1 1/2"	unidad	1.0	Q	60.00	Q 60.00	
5.11	Adaptador Macho PVC 1 1/2"	unidad	1.0	Q	6.00	Q 6.00	
5.12	Codos de PVC de 1 1/2 90o	unidad	1.0	Q	6.00	Q 6.00	
5.13	Tubería de PVC de 2" para drenaje	tubo	0.1	Q	100.00	Q 12.50	
5.14	Flotador de 1 1/2"	unidad	1.0	Q	360.00	Q 360.00	

5.15	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	unidad	1.0	Q	4.50	Q	4.50	
5.16	codo de 2" PVC	unidad	1.0	Q	6.00	Q	6.00	
5.17	Candado de 50 mm.	unidad	1.00	Q	75.00	Q	75.00	
5.18	MANO DE OBRA GLOBAL	unidad	1.0			Q	4,400.00	Q 5,770.88
6	<b>TANQUE DE DISTRIBUCION</b>	<b>M3</b>	<b>22.0</b>					
6.1	Cemento	sacos	67.0	Q	54.00	Q	3,618.00	
6.2	Arena de río	M3	6.0	Q	225.00	Q	1,350.00	
6.3	Piedrín Triturado de 3/4"	M3	5.0	Q	225.00	Q	1,125.00	
6.4	Piedra bola	M3	11.0	Q	225.00	Q	2,475.00	
6.5	Tablas	Doc.	5.0	Q	320.00	Q	1,600.00	
6.6	Párales	Doc.	3.5	Q	180.00	Q	630.00	
6.7	Clavo de 3"	Lbs.	25.0	Q	5.00	Q	125.00	
6.8	Alambre de amarre	lbs.	14.0	Q	5.00	Q	70.00	
6.9	Hierro No. 4	qq	1.6	Q	470.00	Q	752.00	
6.1	Hierro No. 5	qq	1.0	Q	470.00	Q	470.00	
6.11	Hierro No. 3	qq	4.0	Q	470.00	Q	1,880.00	
6.12	Hierro 2	qq	1.0	Q	470.00	Q	470.00	
6.13	Tubería de PVC de 2" para drenaje	Unidad	1.0	Q	128.44	Q	128.44	
6.14	Válvula de compuerta de 1 1/2"	Unidad	1.0	Q	198.37	Q	198.37	
6.15	Adaptador Macho PVC 1 1/2"	Unidad	2.0	Q	4.50	Q	9.00	
6.16	Adaptados Macho de 1"	Unidad	2.0	Q	4.00	Q	8.00	
6.17	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	Unidad	2.0	Q	1.75	Q	3.50	
6.18	<b>Tee</b> PVC de 2"	Unidad	1.0	Q	17.40	Q	17.40	
6.19	Pichacha Plástica de 2"	Unidad	2.0	Q	35.75	Q	71.50	
6.2	Pintura anticorrosiva	1/4 galón	1.0	Q	52.30	Q	52.30	
6.21	Sifón a seguir de 2"	unidad	1.0	Q	72.40	Q	72.40	
6.22	Candado de 50 mm.	unidad	1.0	Q	75.00	Q	75.00	
6.23	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	8,875.00	Q 24,075.91
7	<b>CAJA REUNIDORA DE CAUDALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>1</b>					
7.1	Cemento gris tipo UGC 4,000 psi	Sacos	12	Q	54.00	Q	648.00	
7.2	Arena de río	M3	2	Q	225.00	Q	450.00	
7.3	Piedrín	M3	2	Q	225.00	Q	450.00	
7.4	Piedra bola	M3	0.5	Q	225.00	Q	112.50	
7.5	Tablas	Doc.	1	Q	325.00	Q	325.00	
7.6	Clavo de 3"	Lbs.	8	Q	5.00	Q	40.00	
7.7	Alambre de Amarre	Lbs.	8	Q	5.00	Q	40.00	
7.8	Hierro de 1/2"	Varillas	2	Q	40.00	Q	80.00	
7.9	Hierro de 3/8"	Varillas	4	Q	28.00	Q	112.00	
7.10	Válvula de compuerta de 1"	unidad	2	Q	112.00	Q	224.00	
7.11	Válvula de compuerta de 3"	unidad	1	Q	275.00	Q	275.00	
7.12	Tubería PVC de 2"	unidad	1	Q	91.50	Q	91.50	
7.13	Codo PVC de 90o	unidad	4	Q	15.25	Q	61.00	
7.14	Válvula de pila de Bronce de 2"	unidad	2	Q	75.00	Q	150.00	
7.15	Adaptador Macho de 1"	unidad	3	Q	6.00	Q	18.00	
7.16	Adaptado Macho de 3"	unidad	12	Q	10.25	Q	123.00	
7.17	Candado de 50mm.	unidad	2	Q	75.00	Q	150.00	
7.18	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	1,200.00	Q 4,550.00
8	<b>VALCULAS DE AIRE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>10</b>					

8.1	Alambre de amarre	lbs.	80	Q	5.00	Q	400.00	
8.2	Arena de rio	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
8.3	Cemento gris tipo UGC 4,000 psi	sacos	200	Q	49.00	Q	9,800.00	
8.4	Candados intemperie 1" whale 50 mm.	unidad	40	Q	112.00	Q	4,480.00	
8.5	Clavo de 2 1/2"	lbs.	40	Q	5.00	Q	200.00	
8.6	Clavo de 4"	lbs.	40	Q	5.75	Q	230.00	
8.7	Codo pvc a 90 grados de 2"	unidad	10	Q	15.20	Q	152.00	
8.8	Hierro corrugado legitimo de 1/2"	varillas	10	Q	40.00	Q	400.00	
8.9	Hierro corrugado legitimo de 3/8"	varillas	80	Q	28.00	Q	2,240.00	
8.10	Hierro liso de 1/4"	varillas	60	Q	8.00	Q	480.00	
8.11	Piedra bola	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
8.12	Piedrin triturado de 3/4"	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
8.13	Regla de 2" x 4" x 9'	Doc.	20	Q	180.00	Q	3,600.00	
8.14	Tabla de 12" x 1" x 9'	Doc.	20	Q	320.00	Q	6,400.00	
8.15	Válvula de aire de 1 1/4 "	Unidad	1	Q	475.00	Q	475.00	
8.16	Válvula de aire de 1"	Unidad	2	Q	475.00	Q	950.00	
8.17	Válvula de aire de 3"	Unidad	5	Q	500.00	Q	2,500.00	
8.18	Válvula de aire de 2"	Unidad	2	Q	500.00	Q	1,000.00	
8.19	Tubo c/campana pvc 2" 160 psi	unidad	5	Q	96.00	Q	480.00	
8.20	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	6,000.00	Q 53,287.00
9	<b>VALCULAS DE LIMPIEZA</b>	<b>unidad</b>	<b>10</b>					
9.1	alambre de amarre	lbs.	80	Q	5.00	Q	400.00	
9.2	arena de rio	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
9.3	cemento gris tipo UGC 4,000 psi	sacos	200	Q	54.00	Q	10,800.00	
9.4	Candados intemperie 1" whale 50 mm.	unidad	40	Q	112.00	Q	4,480.00	
9.5	clavo de 2 1/2"	lbs.	40	Q	5.00	Q	200.00	
9.6	clavo de 4"	lbs.	40	Q	5.75	Q	230.00	
9.7	codo pvc a 90 grados de 2"	unidad	10	Q	15.20	Q	152.00	
9.8	hierro corrugado legitimo de 1/2"	varillas	10	Q	40.00	Q	400.00	
9.9	hierro corrugado legitimo de 3/8"	varillas	80	Q	28.00	Q	2,240.00	
9.10	hierro liso de 1/4"	varillas	60	Q	8.00	Q	480.00	
9.11	piedra bola	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
9.12	piedrin triturado de 3/4"	m3	20	Q	225.00	Q	4,500.00	
9.13	regla de 2" x 4" x 9'	Doc.	20	Q	180.00	Q	3,600.00	
9.14	tabla de 12" x 1" x 9'	Doc.	20	Q	320.00	Q	6,400.00	
9.15	Válvula de aire de 1"	unidad	2	Q	75.00	Q	150.00	
9.16	Válvula de aire de 3"	unidad	5	Q	90.00	Q	450.00	
9.17	Válvula de aire de 2"	unidad	3	Q	80.00	Q	240.00	
9.18	tubo c/campana pvc 2" 160 psi	unidad	5	Q	96.00	Q	480.00	
9.19	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	6,000.00	Q 50,202.00
10	<b>PASOS AEREOS 50m.</b>	<b>unidad</b>	<b>2</b>					
10.1	Cemento	sacos	21	Q	54.00	Q	1,134.00	
10.2	Arena de Rio	M3	3	Q	225.00	Q	675.00	
10.3	Piedrin	M3	3	Q	225.00	Q	675.00	
10.4	Tabla	Doc.	2	Q	320.00	Q	640.00	
10.5	Párales	Doc.	2	Q	180.00	Q	360.00	
10.6	Tendales	Doc.	1.5	Q	180.00	Q	270.00	
10.7	Clavo de 3"	Lbs.	15	Q	5.00	Q	75.00	

10.8	Alambre de amarre	Lbs.	15	Q	5.00	Q	75.00	
10.9	Hierro de 3/8"	Varillas	7.8	Q	28.00	Q	218.40	
10.10	tubería de HG liviano de 3"	unidad	3	Q	328.60	Q	985.80	
10.11	Unión Universal	unidad	2	Q	25.60	Q	51.20	
10.12	Adaptador Hembra de 3"	unidad	1	Q	32.35	Q	32.35	
10.13	Permatex 50 gms.	unidad	1	Q	55.00	Q	55.00	
10.14	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	1,800.00	Q 14,093.50
11	<b>PASO AEREO DE 150 M</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>1</b>					
11.1	alambre de amarre	lbs.	30	Q	4.00	Q	120.00	
11.2	arena de rio	m3	5	Q	175.00	Q	875.00	
11.3	cemento gris tipo UGC 4,000 psi	sacos	25	Q	54.00	Q	1,350.00	
11.4	clavo de 2"	lbs.	5	Q	4.50	Q	22.50	
11.5	clavo de 2 1/2"	lbs.	5	Q	4.50	Q	22.50	
11.6	clavo de 4"	lbs.	5	Q	4.50	Q	22.50	
11.7	hierro corrugado legitimo de 1/2"	varillas	12	Q	67.00	Q	804.00	
11.8	hierro corrugado legitimo de 3/8"	varillas	20	Q	36.15	Q	723.00	
11.9	hierro liso de 1/4"	varillas	12	Q	14.68	Q	176.16	
11.10	pedra bola	m3	1	Q	200.00	Q	200.00	
11.12	pedrin triturado de 3/4"	m3	5	Q	225.00	Q	1,125.00	
11.13	regla de 2" x 4" x 9'	Doc.	1	Q	300.00	Q	150.00	
11.14	tabla de 12" x 1" x 9'	Doc.	5	Q	300.00	Q	1,500.00	
11.15	cable acerado de 3/8"	Mts.	300	Q	22.00	Q	6,600.00	
11.16	cable acerado de 1/4"	Mts.	225	Q	14.00	Q	3,150.00	
11.17	mordazas de 1/2"	unidad	8	Q	7.00	Q	56.00	
11.18	mordazas de 1/4"	unidad	50	Q	6.00	Q	300.00	
11.19	tensores de 1/2"	unidad	2	Q	6.00	Q	12.00	
11.2	anclajes prefabricados de 5/8"	unidad	3	Q	75.00	Q	225.00	
11.21	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	5,800.00	Q 23,233.66
12	<b>HIPOCLORADOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>1</b>					
12.1	Kit + reactivo	unidad	1	Q	57.00	Q	57.00	
12.2	hierro 3/8"	Varillas	4	Q	36.15	Q	144.60	
12.3	Árena de rio	M3	2	Q	225.00	Q	337.50	
12.4	Piedrin	M3	2	Q	225.00	Q	450.00	
12.5	Cemento	sacos	4	Q	54.00	Q	216.00	
12.6	Madera	Doc.	2	Q	320.00	Q	480.00	
12.7	Tambo de hipoclorito al 70 %	unidad	1	Q	550.00	Q	550.00	
12.8	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	1,000.00	Q 3,235.10
13	<b>CONTADORES</b>	<b>Unidad</b>	<b>80</b>					
13.1	Caja prefabricada	Unidad	80	Q	70.00	Q	5,600.00	
13.2	Contador y accesorios	Unidad	80	Q	180.00	Q	14,400.00	
13.3	Adaptador Macho PVC de 1/2"	unidad	160	Q	35.00	Q	5,600.00	
13.4	Válvula de Globo de 1/2"	unidad	80	Q	2.00	Q	160.00	
13.5	MANO DE OBRA GLOBAL					Q	4,800.00	Q 30,560.00
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>							<b>Q 252,715.38</b>
14	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>							
14.1	ADMINISTRACION	GLOBAL			14%	Q	35,380.15	

14.2	SUPERVISION	GLOBAL		15%	Q 37,907.31	Q 73,287.46
15	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 326,002.83</b>

CONTENIDO	CRONOGRAMA DE EJECUCION POR RENGLONES DE TRABAJO
PROYECTO	AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE "DON POLO"
UBICACIÓN	CACERIO VISTA HERMOSA
MUNICIPIO	SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ
DEPARTAMENTO	SAN MARCOS
UNIDAD FORMULADORA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CRONOGRAMA					TIEMPO (meses)				% Inversión	
	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL	1	2	3		4
TOPOGRAFIA+REPLANTEO	10.21	Km.	Q 575.00	Q 5,870.75	■	■	■			2.32
MURO DE PROTECCION	1	UNIDAD	Q 9,681.00	Q 9,681.00	■	■	■			3.83
LÍNEA DE CONDUCCION	6.36	Km.	Q 3,989.40	Q 25,372.58		■	■	■		10.04
LÍNEA DE DISTRIBUCION	3.85	Km.	Q 723.16	Q 2,784.17			■	■		1.10
CAJA ROMPE PRESION	1	UNIDAD	Q 5,770.88	Q 5,770.88			■	■		2.28
CAJA REUNIDORA DE CAUDALES	1	UNIDAD	Q 4,550.00	Q 4,550.00			■	■		1.80
VALVULAS DE AIRE	10	UNIDAD	Q 5,328.70	Q 53,287.00			■	■	■	21.09
VALVULAS DE LIMPIEZA	10	UNIDAD	Q 5,020.20	Q 50,202.00			■	■	■	19.87
PASO AEREO (50M)	1	UNIDAD	Q 14,093.50	Q 14,093.50				■	■	5.58
PASO AEREO (150M)	1	UNIDAD	Q 23,233.66	Q 23,233.66					■	9.19
TANQUE DE DISTRIBUCION DE 22 M3	1	UNIDAD	Q 24,075.00	Q 24,075.00					■	9.53
HIPOCLORADOR	1	UNIDAD	Q 3,235.10	Q 3,235.10					■	1.28
CONTADORES	80	UNIDAD	Q 382.00	Q 30,560.00			■	■	■	12.09
<b>INVERSIÓN POR MES</b>					6.16%	11.14%	50.61%	32.09%		<b>100.00</b>
<b>INVERSIÓN ACUMULADA</b>					6.16%	17.30%	67.91%	100.00%		<b>100.00</b>

## DISEÑO DE UN MURO DEL TANQUE DE DISTRIBUCION DE 22 m<sup>3</sup>

### DISEÑO DE LA LOSA

#### 1. Espesor de la Losa

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} =$$

Se toma como espesor de la losa =

#### 2. Integración de Cargas

**Carga muerta:** es el peso propio de la losa

$$CM = W_{\text{losa}} = \gamma_{\text{concreto}} * t = (2400 \text{ kg/ m}^3) (0.01\text{m}) = 240 \text{ kg/m}^2$$

**Sobrecarga:** Para este diseño de tomo 90 Kg/m<sup>2</sup>

$$CM = 240 \text{ kg/m}^2 + 90 \text{ Kg/m}^2 = 330 \text{ kg/m}^2$$

**Carga viva (CV):** Estas representan las cargas eventuales que podría tener la losa

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

**Cargas ultimas:** Es la suma de las cargas muertas y vivas afectadas por los factores de seguridad, según el ACI 318-2002, El factor de carga muerta es un 40% mas, y el factor de carga viva es un 70% mas.

$$CM_u = 1.4 CM = (1.4)( 330 \text{ kg/m}^2) = 462 \text{ kg/m}^2$$

$$Cv_u = 1.7 CV = (1.7) (100 \text{ kg/m}^2) = 170 \text{ kg/m}^2$$

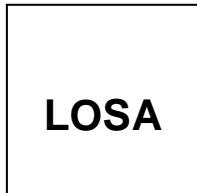
$$CU = 462 \text{ kg/m}^2 + 170 \text{ kg/m}^2 = 632 \text{ kg/m}^2$$

### 3. Calculo de Momentos

Para determinar los momentos positivos y negativos en los puntos críticos de la losa, se empleara las formulas especificas por el ACI, método 3.

#### Figura 1 caso de la losa

##### Caso 1



#### Momentos negativos ( $M_a^-$ )

$$(M_a^-) = C_a^- (CU)(a^2) =$$

#### Momentos Positivos ( $M_a^+$ ):

$$M_a^+ = c_a^+ M = c_b^+ M = c_a^+ V = \#$$

$$M_a = c_a^+ M \times C M_u \times a^2 + c_a^+ V \times C V_u \times a^2$$

Como la losa es cuadrada el momento es el mismo para el lado b

$$M_a^+ = M_b^+ = 191.33 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

#### Momentos a los apoyos ( $M^-$ ):

$$M^- = \frac{M_a^+}{3} = \frac{191.33 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{3} = 63.77 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Calculando el área de acero necesaria por la siguiente fórmula:

$$M = \theta A_s \cdot f_y \left( d - \frac{A_s \cdot f_y}{1.7 f_c \cdot b} \right)$$

Teniendo como datos los siguientes:

$$M(+)= 191.33 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M(-) = 63.77 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (G 40)}$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (concreto clase 3000)}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 7.5 \text{ cm}$$

Introduciendo datos obtenemos el área de acero:

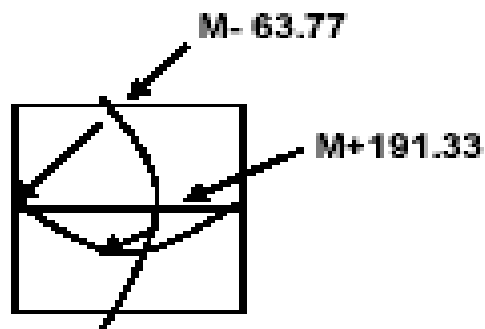
$$A_s(+)= 1.02 \text{ cm}^2$$

$$A_s(-) = 0.34 \text{ cm}^2$$

#### 4. Diagrama de momentos

Es una forma gráfica de ver los momentos actuantes y su distribución en la losa.

Figura 2. Diagrama de momentos



#### 5. Peralte efectivo de losa (d):

$$d = t - r = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ cm}$$

#### 6. Acero mínimo ( $A_s \text{ min}$ ):

$$A_{s\text{mín}} = 0.4 \left( \frac{14.1}{f_y} \right) * bd$$

Donde:  $f_y$  = módulo de fluencia del acero =  $2810 \text{ kg/cm}^2$  (grado 40)

$b$  = banda de 1 m = 100 cm de ancho

$d$  = peralte de la losa = 7.5 cm

$$A_{s\text{mín}} = 0.4 \left( \frac{14.1}{2810} \right) * (100)(7.5) = 1.51 \text{ cm}^2$$

Con los resultados obtenidos del área del momento a flexión, este resulta ser menor que el área de acero mínimo; por tanto, se utiliza para el diseño el área de acero mínimo ( $A_s < A_{s\text{mín}}$ )

## 7. Espaciamiento

Propuesta: Usando refuerzo No. 3

ÁREA cm <sup>2</sup>	Separación cm
1.51	100
0.71	S

$$S = (0.71) (100) / (1.51) = 47.02 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta que el espaciamiento máximo entre varillas es:

$$S_{\text{máx}} = 3t = 3(10 \text{ cm}) = 30 \text{ cm, entonces usar No 3 @ 30 cm}$$

Calculando el acero mínimo para esta separación:

**Área cm<sup>2</sup> Separación cm**

<b>A<sub>s</sub>mín</b>	100
0.71	30

$$A_{s\text{mín}} = 2.37 \text{ cm}^2$$

## 8. Momento resistente del acero mínimo

$$M_{A_{s\text{mín}}} = \phi \left( A_{s\text{mín}} * f_y \left( d - \frac{A_{s\text{mín}} * f_y}{1.7 f_c * b} \right) \right)$$

$$M_{\text{Asmín}} = 0.9 \left( (2.37)(2810) \left( 7.5 - \left( \frac{(2.37)(2810)}{1.7(210)(100)} \right) \right) \right)$$

$$M_{\text{Asmín}} = 438.35 \text{ kg-m}$$

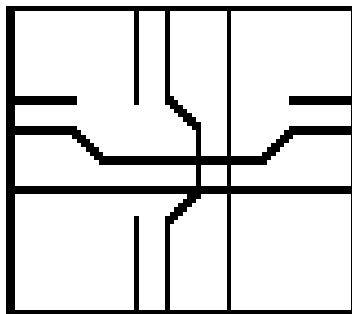
$F'_c = 210 \text{ KG/CM}^2$  (CONCRETO CLASE 3000)

Como no hay ningún momento que sea mayor que éste, entonces se utiliza el Área de acero mínimo.

El refuerzo será colocar No. 3 @ 30 cm, en ambos sentidos

### Figura 3. Diagrama de refuerzo

No 3 @ 0.30 en ambos sentidos



### Diseño del Muro del tanque

El muro se construirá de concreto ciclópeo, ya que la piedra es un elemento de construcción predominante en la comunidad. El diseño del tanque consiste en verificar que las presiones que se ejercen sobre las paredes del tanque y sobre el suelo, no afectarán la estabilidad del tanque.

### Altura del tanque

Para determinar la altura del agua en el tanque se utiliza la siguiente expresión:

Volumen = Base X Altura x longitud

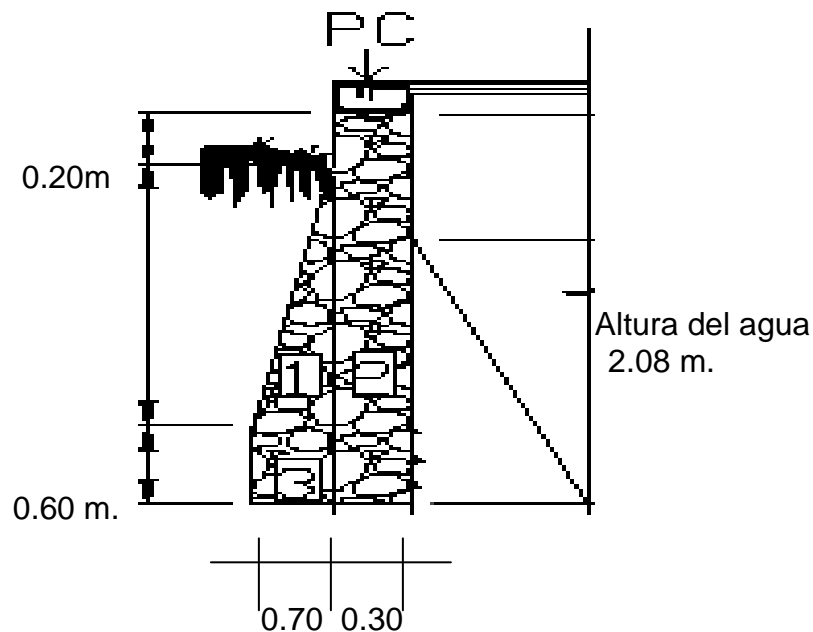
$$\text{Altura} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Base X longitud}}$$

$$\text{Altura} = \frac{22 \text{ m}^3}{(3.25 \text{ m} \times 3.25 \text{ m})} = 2.08 \text{ m Altura}$$

La altura del agua en el tanque alcanzará 2.08 m.

Para una mejor visualización se presenta un corte transversal del muro.

**Figura 4. Dimensiones del muro**



**Datos a utilizar en los cálculos del muro**

Yagua Peso específico del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Yc Peso específico del concreto = 2400 kg/m<sup>3</sup> = 2.4 ton/m<sup>3</sup>

Ycpeo Peso específico del concreto ciclópeo=2250 kg/m<sup>3</sup>=2.25 ton/m<sup>3</sup>

Ys Peso específico del suelo = 1500 kg/m<sup>3</sup> = 1.5 ton/m<sup>3</sup>

Vs Valor soporte del suelo = 15000 kg/m<sup>2</sup> = 15 ton/m<sup>2</sup>

Ø Ángulo de fricción del suelo = 28°

**Calculando carga de la losa y solera de corona**

( W<sub>l+v</sub> = W<sub>l</sub>+ W<sub>v</sub> ):

Carga de la losa W<sub>l</sub> = 2400 kg/m<sup>3</sup> (0.10 m) = 240 kg/m

Carga de la viga  $W_v = \gamma_c \cdot b \cdot h = 2400(0.20)(0.15) = 72 \text{ kg/m}$

$W_{l+v} = 240 + 72 = 312 \text{ kg/m}$

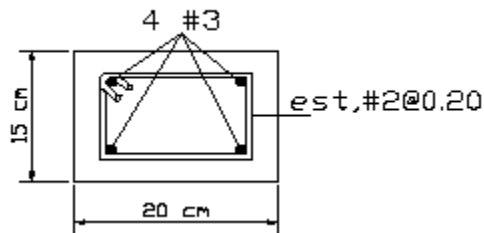
Considerando a  $W_{l+v}$  como **carga puntual (Pc)**:

$P_c = 312 \text{ Kg/m} \cdot (1\text{m}) = 312 \text{ kg}$

**Figura 5. Dimensiones de la solera de corona y su refuerzo**

Solera de corona

Ref: 4 no. 3 + est no. 2 @ 0.20



La presión que ejerce el agua es llamada **presión activa (P<sub>a</sub>)**:

$$P_a = \gamma_{\text{agua}} \left( \frac{1}{2} b \times h \right)$$

$$P_a = (1000 \text{ Kg./m}^3)(0.5)(1.6)(2.1) = 1,920 \text{ Kg/m}$$

Momento de volteo que ejerce el agua, **momento activo (M<sub>act</sub>)**:

$$M_{\text{act}} = P_a \left( \frac{H}{3} \right)$$

$$M_{\text{act}} = 1,920 \left( \frac{2.4}{3} \right) = 1,536 \text{ Kg.} \cdot \text{m.}$$

La presión que ejerce el suelo es llamada **presión pasiva (P<sub>p</sub>)**:

Usando la teoría de Ranking:

$$P_p = \gamma_s \cdot \frac{h^2}{2} \cdot k_p$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} = \frac{1 - \text{sen } (28^\circ)}{1 + \text{sen } (28^\circ)} = 0.361$$

$$K_p = \frac{1}{k_a} = (1 / 0.361) = 2.77$$

$$P_p = \frac{Y_s * h^2}{2} * k_p = \frac{(1500 \text{ Kg/m}^3)(0.6)^2(2.77)}{2} = 747.90 \text{ Kg/m}$$

Momento de volteo que ejerce el suelo, **momento pasivo (M<sub>p</sub>)**:

$$M_p = P_p * \frac{h}{3} = \frac{(747.90)(0.6)}{3} = 149.58$$

**Cálculo del momento que se produce en el punto cero.**

FIGURAS	CARGA		
	KG.	BRAZO (M.)	MOMENTO (KG*M.)
TRIANGULO	1890	0.469	886.41
REC. MAYOR	2025	0.85	1721.25
REC.MENOR	945	0.35	330.75
C. PUNTUAL	312	0.85	265.2
P. PASIVA	747.853073	0.2	149.57
RESULTADOS	5919.85307		3353.18
P. ACTIVA	1920		

**Verificaciones de estabilidad:**

**a) Verificación de estabilidad contra volteo F<sub>sv</sub> >1.5**

$$FSV = \frac{M_{act}}{MR} = \frac{3,353.18 \text{ Kg/m}}{1,536 \text{ Kg/m}} = 2.18 > 1.5 \text{ OK}$$

**Verificación de estabilidad contra deslizamiento F<sub>sd</sub> >1.5**

Coeficiente de fricción (C<sub>f</sub>):

$$C_{fs} = 0.9 \tan \phi = 0.9 \tan 28^\circ = 0.478$$

$$\text{Fuerza de Fricción } F_{fr} = C_{fs} * R = 0.90 (5,919.85) = 4841.87\text{kg}$$

$$Fsd = \frac{F_{fr}}{P_a} = \frac{4841.87\text{kg}}{1,920} = 2.18 > 1.5 \quad \text{OK}$$

### Verificación de presión máxima y mínima sobre el suelo

**P<sub>máx</sub> < V<sub>s</sub>**

**P<sub>mín</sub> > 0**

Coordenadas de la resultante:

$$x = \frac{MR - Mact}{R} = \frac{3,353.18 - 1,536}{5,919.85} = 0.31$$

Excentricidad: 0.31

$$e = \frac{\text{Base}}{2} - X = \frac{1 - 0.31}{2} = 0.19\text{m.}$$

**P<sub>máx</sub> y mín =**

$$\frac{R}{B} \pm \frac{6 R X e}{B}$$

**factorizando B, se obtiene**

$$P_{\text{max y min}} = \frac{R}{B} \left( 1 \pm \frac{6 e}{B} \right)$$

$$= \frac{5,919.85}{1} \pm \left( 1 \pm \frac{6 \times 0.19}{1} \right) = \begin{matrix} P_{\text{max}} = 12,776.33 < 15,000 \\ P_{\text{min}} = 936.63 > 0 \end{matrix}$$

## DISEÑO DEL PASO AÉREO DE 30 METROS

El diseño de un paso aéreo de 30 metros de luz se realizará con base a los datos siguientes:

Diámetro de tubería= 2"

Longitud= 30 metros =98.42 pies

Cargas verticales: Carga muerta (CM´):

CM´= Peso de tubería + peso de agua

W tubería Ø 2" = 1.79lb/pie + accesorios =2.31 lb/pie

Peso del agua:

Vol=  $\pi (1 \text{ plg})^2 \times 12 \text{ plg} = 37.70 \text{ plg}$

W<sub>agua</sub> = 10.37 lb/pie.

CM´ = 2.31 Lb/pie + 10.37 Lb/pie = 12.68 Lb/pie

### Carga viva (CV)

Aunque se recomienda proteger la tubería con alambre espigado, se asumirá que ésta podría ser utilizada por alguna persona para pasar de un extremo a otro, por lo que se distribuirá el peso promedio de una persona a lo largo de cada tubo.

CV = 150 Lb / (20 pies) =7.5 Lb/pie

La carga horizontal crítica en este tipo de estructuras, es la provocada por el viento. Para esto, se asumirá una velocidad de viento crítico de 70 Kg/H, la cual desarrollará una presión de 20 Lb/pie<sup>2</sup>

$$W_{\text{viento}} = \phi_{\text{tubería}} * \text{presión}_{\text{viento}}$$

$$W_{\text{viento}} = 2" \left( \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ ''}} \right) \left( \frac{20 \text{ lb.}}{1 \text{ pie}^2} \right) = 2.083 \text{ lb. / pie}$$

**Integración de cargas:** Según el reglamento de la ACI 318-02, cuando existen cargas de viento, la carga última está dada por:

$$U' = 0.75 (1.4CM' + 1.7CV + 1.7 W_{\text{viento}})$$

$$U' = 0.75 (1.4 \times 12.68 \text{ Lb/pie} + 1.7 \times 7.5 \text{ Lb/pie} + 1.7 \times 2.083 \text{ lb. / pie}) =$$

$$= \mathbf{25.53 \text{ lb/pie}}$$

La  $U'$  no debe ser menor de  $U'' = 1.4 \text{ CM}' + 1.7 \text{ CV}$

$$U'' = (1.4)(12.68) + (1.7)(7.5) = 30.50 \text{ lb/pie}$$

Debido a que no cumple, se contemplará la carga mas crítica para  $U'$  entonces:

$$U' = 30.50 \text{ lb/pie}$$

### **Tensión del cable**

De acuerdo con el Wire Rope Hand Book 1963, sección 3:

$$TH = \frac{(U'L^2)}{8d} = \text{Tensión horizontal}$$

$$T = TH \sqrt{1 + \frac{16d^2}{L^2}} = \text{Tensión - máxima}$$

$$TV = \sqrt{T^2 + TH^2} = \text{Tensión - vertical}$$

Donde

$U'$  = Carga última

$L$  = Luz

$D$  = Flecha

Para determinar la flecha ( $d$ ) en pasos aéreos y puentes colgantes, el Dr. D.B. Steinman recomienda una relación económica entre flecha y luz, de  $L/19$  a  $L/12$ ; sin embargo, en pasos aéreos, regularmente da como resultado columnas (torres de

soporte) muy esbeltas, por lo que se determinará la flecha cumpliendo con las condiciones de esbeltez  $2Lu/r < 22$ , según lo estableció en el reglamento de la A.C.I 398-02.

Partiendo de  $d = L/12 = 30/12 = 2.5$  mts.

Y luego modificando d se obtienen las relaciones para calcular la flecha en paso aéreo de 30 metros.

<b>U</b>	<b>L.</b>	<b>D.</b>	<b>D.</b>	<b>TH</b>	<b>T</b>	<b>TV</b>
<b>(Lb/pie)</b>	<b>(pies)</b>	<b>(metros)</b>	<b>(pies)</b>	<b>(Lb)</b>	<b>(Lb)</b>	<b>(Lb)</b>
30.5	98.4	2.5	8.2	4501.8	4745.3	1500.6
30.5	98.4	2.72	8.92	4138.43	4402.1	1500.6
30.5	98.4	3	9.84	3751.5	4040.5	1500.6
30.5	98.4	3.33	10.92	3380.47	3698.6	1500.6
30.5	98.4	3.33	10.92	3380.47	3698.6	1500.6

El cable a utilizar es de ½" que resiste 17, 171 lbs de tensión, cuyo peso es de 0.43 lbs/pie, al integrar el peso del cable a la carga muerta se obtiene:

$$CM = CM' + W_{\text{cable}} = 12.68 + 0.43 = 13.11 \text{ lb/pie}$$

Mientras que la carga última será:

$$U = 1.4(13.11) + 1.7(7.5) = 31.1 \text{ lb./pie}$$

$$TH = \frac{31.1 (98.4)^2}{8 (8.92)} = 4,219.84 \text{ lb}$$

$$T = 4,219.84 * \sqrt{1 + ((16 * 8.92^2) / (98.43^2))} = 4,774.66 \text{ lb.}$$

$$TV = \sqrt{((4,774.66)^2 - (4,219.84)^2)} = 2,233.90 \text{ lb.}$$

**Péndolas.** La carga de tensión (Q), soportada por cada péndola está dada por:

$$Q = U * S, \text{ donde:}$$

U = carga última y S: separación entre péndolas, entonces:

$$Q = 31.1 \text{ lb./pie (9.84 pies)} = 306.024 \text{ Lb.}$$

Para las péndolas se utilizará cable de ¼" de diámetro.

De acuerdo con el Wire Rope Hand Book, sección 3, la longitud de péndolas se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{UX(L - X)}{2TH}$$

Donde:

U = Carga última kg/m

X= Separación de la péndola, respecto de la torre de soporte más cercana, m.

L= Luz del paso aéreo, m.

TH= Tensión horizontal, kg.

$$U = (31.1 \text{ lb/pie})(1 \text{ Kg./2.2 lb})(1 \text{ pie} / 0.3048 \text{ m}) = 46.38 \text{ Kg/m}$$

$$X = 1.50 \text{ m}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$TH = 4,219.84 \text{ lb.} \times \frac{1 \text{ Kg.}}{2.2 \text{ lb}} = 1,918.11 \text{ Kg.}$$

$$Y = \frac{(46.38)(1.50)(30 - 1.5)}{2(1,918.11)} = 0.17 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud de péndola } (1.5 - 0.17) = 1.33$$

A esta longitud se le debe agregar un 15% por ataduras y dobleces, la longitud final será de 1.53 m, por dimensionamiento se utiliza 1.55 m.

**Torres de soporte.** Dimensiones de columna:

$$b = 0.4 \text{ m}$$

$$h = 0.6 \text{ m}$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \text{Momento de inercia} \quad \frac{bh^3}{12} = \frac{(0.4)(0.63)^3}{12} = 0.0072 \text{ m.}$$

$$\sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \text{radio de giro} = \sqrt{(0.0072) / (0.4)(0.6)} = 0.1732 \text{ m.}$$

$$Lu = \text{longitud libre de columna} = 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total de columna} = 1.75 + 1 = 2.75 \text{ m}$$

### Verificación de esbeltez

$$\frac{2Lu}{r} \leq 22$$

$$= \frac{2(1.75)}{0.1732} = 20.21 < 22 \quad \text{OK entonces se trabaja como columna corta}$$

**Carga crítica.** Para encontrar la carga crítica en una columna con un extremo empotrado y el otro libre, se utiliza la siguiente expresión dada por Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(2Lu)^2}$$

Donde:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Y } E = 15100 \sqrt{f'_c}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (15100) \sqrt{(210) \left( \frac{(40860)^3}{12} \right)}}{(2(1.75))^2} = 12693539.76 \text{ kg} * \left( \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \right)$$

$$= 12693.54 \text{ ton.}$$

**Refuerzo de columna.** Considerando que la columna únicamente trabajará a compresión, bajo carga axial muy pequeña ( $T_V = 2,233.90 \text{ lb.} = 1.12 \text{ ton}$ ), comparada con lo que la columna puede soportar, se usará el criterio de la sección 10.8.4 del reglamento ACI 318-02, que indica que cuando el elemento sujeto a compresión, tiene una sección transversal mayor que la requerida para las condiciones de carga, se puede emplear con el fin de determinar el refuerzo

mínimo, el área efectiva reducida  $A_g$  no menor que  $\frac{1}{2}$  del área total, por lo tanto:

$$A_{smin} = 0.01 \left( \frac{A_g}{2} \right) = 0.01 \left( \frac{(40)(60)}{2} \right) = 12 \text{ cm}^2$$

Se reparte el área de acero en 4 varillas, entonces:

$$4 \text{ No. 6} = 4 (1.91) = 7.64 \text{ cm}^2$$

La carga última que puede resistir el  $A_s = 7.64 \text{ cm}^2$  es:

$$P_u = \phi(F'_c)(A_g - A_s) + A_s(F_y)$$

$$P_u = 0.85(210)(40)(60) - 7.64 + 7.64(2810) = 450307.76 \text{ kg} = 450.30 \text{ ton}$$

$$P_{cr} > P_u \Rightarrow 12693.54 > 450.30 \text{ ton OK}$$

El refuerzo transversal en la columna será No. 3 @ 15 cm.

**Zapata.** Debido a que la carga que soporta la zapata es pequeña, se asumirá el peralte mínimo recomendado por A.C.I.

Peralte mínimo encima del refuerzo interior = 15 cm.

Recubrimiento mínimo del refuerzo = 7.5 cm

$$t = 15 + 7.5 = 22.5 \text{ entonces } t = 23 \text{ cm.}$$

$$V_s = \text{Valor soporte del suelo} = 15000 \text{ kg/m}^2 = 15 \text{ ton/m}^2$$

$$Y_s = \text{Peso específico del suelo} = 1500 \text{ kg/m}^3 = 1.5 \text{ ton/m}^3$$

$$Y_c = \text{Peso específico del concreto ciclópeo} = 2250 \text{ kg/m}^3$$

$$Y_{cpeo} = \text{Peso específico del concreto ciclópeo} = 2250 \text{ kg/m}^3 = 2.5 \text{ ton/m}^3$$

**Calculando la carga última**

$$F_{cu} = \frac{U}{CM + CV} = \frac{17.062}{3.08 + 7.5} = 1.61$$

**Integración de cargas que soporta la zapata:**

$$\text{Tensión vertical} = 0.77 \text{ ton}$$

Peso de columna =  $2.4(2.75)(0.4)(0.6) = 1.58$  ton

Peso del suelo =  $1.5(1)(1)-(0.4)(0.6) = 1.14$  ton

Peso del concreto ciclópeo =  $2.5((1)(1)(0.2)) = 0.50$  ton

Peso propio de la zapata =  $2.4 ((1)(1)(0.23)) = 0.55$  ton

$P_z = 4.54$  ton

$$\frac{P_z}{A_z} \leq V_s \quad \frac{4.54}{1} \leq 15 \quad \frac{4.54 \text{ ton}}{\text{m}^2} \leq \frac{15 \text{ ton}}{\text{m}^2} \quad \text{OK}$$

Carga última que soporta la zapata:

$$W_{uz} = F_{cu} (P_z) = 1.61 (4.54) = 7.30$$

### Verificación por corte simple

$$D = t - \text{Rec} - \phi / 2 = 0.23 - 0.075 - 0.0127/2 = 0.149 \text{ m}$$

$V_a < V_r$  donde:  $V_a$  = corte actuante y  $V_r$  = corte resistente

$$V_a = \left( \frac{1}{2} - \left( \frac{0.6}{2} + 0.149 \right) \right) (1)(7.30) = 0.37 \text{ ton.}$$

$$V_r = \frac{0.85(0.53) \sqrt{210(100)}(14.9)}{1000} = 9.73 \text{ ton. Entonces } 0.37 < 9.73 \text{ ton ok}$$

### Verificación por corte punzonante

$$V_a = W_{uz}(A_z - A_p) = 7.30(1 - (0.6 + 0.149)^2) = 3.21 \text{ ton}$$

$$V_r = \frac{0.85 (1.06) \sqrt{210(4(60+14.9))}(14.9)}{1000} = 58.29 \text{ ton entonces } 3.21 < 58.29 \text{ ton}$$

OK

### Verificación por flexión

$$M_u = \frac{W_{uz} L^2}{2} \frac{7.30 \left( \frac{1}{2} - \frac{0.60}{2} \right)}{2} = 0.15 \text{ ton*m} = 150 \text{ Kg*m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 14.9 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Luego se encuentra el área de acero:

$$A_s = 0.40 \text{ cm}^2$$

$$P_c = A_s/bd = 0.40/((100)(14.9)) = 0.00027$$

$$P_{\min} = 0.4 \left( \frac{14.1}{F_y} \right) * b * d = 0.4 \left( \frac{14.1}{2810} \right) (100)(14.9) = 3.0$$

$P_c < P_{\min}$  entonces  $0.00027 < 3$  entonces se usa  $A_{s\min}$

$$A_{s\min} = 0.002(b)(d) = 0.002(100)(14.9) = 2.98 \text{ cm}^2$$

Por seguridad se usará No. 4 @ 0.20 en ambos sentidos.

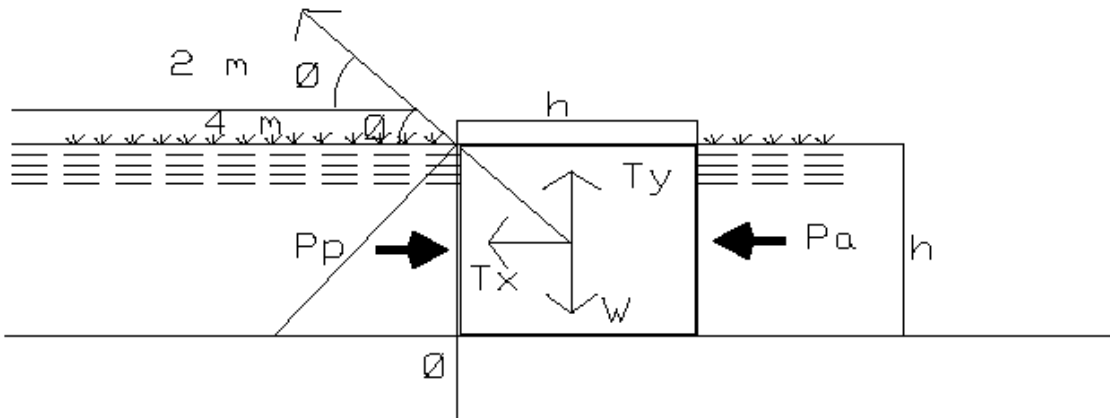
**Anclaje (de concreto ciclópeo).** Sobre estos elementos actúan tres tipos de cargas; la tensión del cable, el empuje del suelo y su propio peso.

La tensión del cable, a su vez se descompone en dos fuerzas: Una vertical hacia arriba que es contrarrestada por el peso propio del anclaje, si éste es del tipo externo o descubierto, y por el peso propio y el peso del suelo sobre el mismo, si es del tipo enterrado. Otra horizontal que es contrarrestada por la fricción y el empuje del suelo, si es anclaje externo, y por la fricción y el empuje del suelo si es enterrado.

La verificación contra volteo, se simplifica debido a que:

1. El anclaje tiene forma de cubo, con longitud  $h$ , en metros
2. El factor de seguridad debe ser mayor que 1.5, se asumirá 1.6
3. Se aplica la ecuación  $\sum MR = 1.6 \sum MA$ , para hallar  $h$ .

**Figura 6. Anclaje**



Datos:

$$\varnothing = \tan^{-1}(2/4) = 26.47^\circ$$

$$T = 2623.55 \text{ lb} = 1192.52 \text{ kg} = 1.31 \text{ ton}$$

$$T_x = 1.31 \cos(26.57^\circ) = 1.19 \text{ ton}$$

$$T_y = 1.31 \sin(26.57^\circ) = 0.53 \text{ ton}$$

$$K_p = 2.77, K_a = 0.361$$

Ycpeo Peso específico, del concreto ciclópeo = 2250 kg/m<sup>3</sup> = 2.25 ton/m<sup>3</sup>

Ys Peso específico del suelo = 1500 kg/m<sup>3</sup> = 1.5 ton/m<sup>3</sup>

$$P_p = K_a * Y_s * \frac{h^3}{2} = \frac{2.77 (1.5) h^2}{2} = 2.08 h^3$$

$$P_a = K_a * Y_s * \frac{h^3}{2} = \frac{0.36 (1.5) h^3}{2} = 0.27 h^3$$

$$W = h^3 Y_{cpeo} = 2.25 h^3$$

$$M_p = P_p * h/3 = \frac{(2.08 h^3)h}{3} = 0.69 h^4$$

$$M_{act.} = P_a * h/3 = \frac{(0.27 h^3)h}{3} = 0.09 h^4$$

### Verificación contra volteo

$\sum$  Momentos resistentes > 1.8  $\sum$  momentos actuantes

$$\sum MR = 1.8 \sum MA$$

$$M_p + W \frac{h}{2} = 1.8 \left( \left( \frac{T_y(h)}{2} \right) + \frac{T_x(h)}{2} + M_{act} \right)$$

$$0.69 h^4 + 2.25 h^3 \left( \frac{h}{2} \right) = 1.8 \left( \left( \frac{0.53(h)}{2} \right) + \frac{1.19 (h)}{2} + 0.09 h^4 \right)$$

$$0.69h^4 + 1.13h^4 = 0.47h + 1.07h + 0.16h^4$$

$$1.66h^4 = 1.1h$$

$$h = 0.92 \text{ m}$$

### Verificación contra deslizamiento

$$\frac{\sum F_{HR}}{\sum F_{Hact}} > 1.5 \Rightarrow \frac{Cfs(W - Ty) + Pp}{Tx + Pa} > 1.5$$

$$Cfs = 0.9 \tan \phi = 0.9 \tan 28^\circ = 0.479$$

$$W = h^3 \gamma_{cpeo} = 2.25 h^3 = 2.25 (0.92)^3 = 1.75 \text{ ton}$$

$$Pp = 2.08 h^3 = 2.08 (0.92)^3 = 1.62 \text{ ton}$$

$$Pa = 0.27 h^3 = 0.27 (0.92)^3 = 0.21 \text{ ton}$$

$$\frac{0.479(1.75 - 0.53) + 1.62}{1.19 + 0.21} > 1.5 \text{ entonces } 1.57 \text{ Ok}$$

Por seguridad se construirá el anclaje con base, altura y espesor = 1 m.

Paso de zanjón de 12 metros.

En la línea de distribución en las estaciones E-15 y E-16.