



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE, PARA EL CASERÍO CERRO GORDO, DEL MUNICIPIO DE  
MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

**David Ricardo Palma Villanueva**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2006



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE, PARA EL CASERÍO CERRO GORDO, DEL  
MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL  
PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DAVID RICARDO PALMA VILLANUEVA**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA  
OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA EL CASERÍO CERRO GORDO, DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 24 de mayo de 2004.

**David Ricardo Palma Villanueva**



Guatemala, 17 de abril de 2006  
Ref. EPS. C. 162.04.06

Ing. Angel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **DAVID RICARDO PALMA VILLANUEVA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CERRO GORDO DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del **Municipio de Morazán**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Asesor – Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

MAAO/jm



Guatemala, 17 de abril de 2006  
Ref. EPS. C. 162.04.06

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Escobar Álvarez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO CERRO GORDO DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **DAVID RICARDO PALMA VILLANUEVA**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

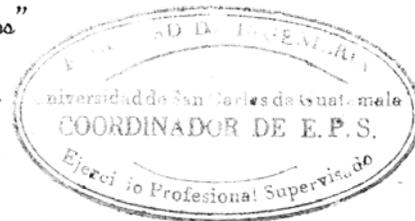
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de coordinador apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS



ARSG/jm

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por haberme dado paciencia, sabiduría y amor para alcanzar esta grandiosa meta.
- Mi madre** Gloria Esperanza, por darme ese apoyo incondicional, el amor y esperanza para alcanzar mis sueños e ideales.
- Mi padre** Sori Haniel, por darme apoyo incondicional, y enseñarme esa razón de cambio positiva, que me impulsa a ser una mejor persona cada día.
- Mis hermanos** Heri Vinicio (Q.E.P.D.), Sori Haniel, Vivian Azucena, en especial a Jerson Aniel y Allan Dennis, por ser personas excepcionales y únicas.
- Mis familiares** Con los que comparto este triunfo y orgullo.
- Mis amigos** Alfonso Alburez, Adrián Barillas, Juan Carlos Estrada, Manuel Uribio, Edwin de la Cruz, Ernesto Téllez, Henri Juárez, William Monzón, por haberme acompañado y exhortado a salir adelante en mi carrera profesional.
- Mi asesor** Ing. Manuel Arrivillaga Ochaeta, por su gran apoyo y consejo, en la elaboración de este trabajo.

**Morazán**

A la gente buena y de corazón que habita sus bellas tierras;  
Al señor Alcalde Rigoberto Salazar, la Corporación Municipal y empleados municipales, por haberme brindado su apoyo y amistad durante mi estancia.

**O.P.M.**

A los miembros de la Oficina de Planificación Municipal de Morazán: Otto, Neto, Neffy y Quincho, por permitirme su amistad, comprensión y apoyo incondicional durante la realización de mi E.P.S.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. MONOGRAFÍAS Y GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Localización geográfica	1
1.1.1. Organización administrativa	1
1.1.2. Servicios públicos	1
1.1.3. Servicios básicos carentes	2
1.1.4. Demografía del caserío	2
1.1.5. Producción de la comunidad	2
1.1.6. Ingresos económicos adicionales	3
1.1.7. Factores climatológicos	3
1.2 Características y análisis de la situación actual de la infraestructura del lugar	4
1.2.1 Vías de acceso	4
1.2.2 Saneamiento ambiental	5
1.2.3 Tipología de la vivienda	5

<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
2.1 Evaluación de la situación actual del servicio de agua potable de la población	7
2.2 Proyecto a desarrollar	8
<b>3. CONSIDERACIONES PRELIMINARES</b>	<b>9</b>
3.1 Fuentes de agua	9
3.2 Aforo de las fuentes de agua	9
3.3 Estudio de la calidad del agua y sus normas	10
3.3.1 Examen bacteriológico	11
3.3.2 Examen físico	12
3.3.3 Examen químico	14
3.3.4 Presentación de la muestra	16
3.3.5 Potabilización	17
3.3.5.1 Hipoclorador hidráulico tipo EMPAGUA	18
3.4 Estudio del diseño hidráulico	20
3.4.1 Período de diseño	20
3.4.2 Crecimiento de la población.	21
3.4.2.1 Método aritmético	21
3.4.2.2 Método geométrico	21
3.4.3 Densidad y distribución de la población	22
3.4.4 Dotación de agua	22
3.4.5 Factores de consumo	23
3.4.5.1 Consumo medio diario	24
3.4.5.2 Consumo máximo diario	25
3.4.5.3 Consumo máximo horario	26
3.4.5.4 Factor de gasto	27
3.4.6 Sistemas de captación	27
3.4.7 Caja rompe-presión	28

3.4.8	Línea de conducción	29
3.4.8.1	Cálculo de la línea piezométrica	32
3.4.8.2	Cálculo de presiones	32
3.4.9	Caja distribuidora de caudales	33
3.4.10	Tanques de distribución	33
3.4.10.1	Función de los tanques de distribución	34
3.4.10.2	Configuración y posición de los tanques respecto a las redes de distribución	36
3.4.10.3	Necesidades de sanidad y desinfección	36
3.4.11	Válvulas	38
3.4.11.1	Válvulas de compuerta	38
3.4.11.2	Válvulas de paso	38
3.4.11.3	Válvulas liberadoras de aire	39
3.4.11.4	Válvulas de limpieza	39
3.4.12	Redes de distribución	39
3.4.12.1	Red abierta. Métodos de cálculo	39
3.4.12.2	Red cerrada. Métodos de cálculo	40
3.4.13	Tipos de tubería	43
3.5	Topografía	45
3.5.1	Planimetría	47
3.5.2	Altimetría	47
3.5.3	Métodos y cálculos	47
<b>4.</b>	<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>49</b>
4.1	Fuentes de agua disponibles	49
4.2	Aforo de las fuentes	50
4.3	Calidad del agua	52
4.4	Condición de los terrenos. Derechos de paso	53
4.5	Levantamiento topográfico	55

4.5.1	Planimetría	55
4.5.2	Altimetría	55
4.5.3	Medición de distancias horizontales	55
4.5.4	Dibujo topográfico	55
4.6	Diseño hidráulico	56
4.6.1	Período de diseño	56
4.6.2	Crecimiento de la población	56
4.6.3	Dotación de agua	58
4.6.4	Caudales de diseño	58
4.6.4.1	Caudal medio diario	58
4.6.4.2	Caudal máximo diario	59
4.6.4.3	Caudal máximo horario	60
4.6.4.4	Factor de gasto	60
4.7	Obras de captación	61
4.8	Líneas de conducción	62
4.9	Caja distribuidora de caudales	67
4.10	Tanques de distribución	68
4.10.1	Determinación de volúmenes	68
4.10.2	Diseño estructural de los tanques	68
4.11	Sistemas de desinfección	73
4.12	Líneas de distribución	75
4.13	Diseño de red	75
4.14	Obras de arte	79
4.14.1	Cajas rompe-presión	79
4.14.2	Válvulas liberadoras de aire	79
4.14.3	Válvulas de limpieza	79
4.15	Conexiones domiciliarias	79
4.16	Tipo de tubería y recomendaciones	80
4.17	Programa de operación y mantenimiento del sistema	80

4.17.1	Operación y mantenimiento de las captaciones de las fuentes de agua	80
4.17.2	Operación y mantenimiento de la caja reunidora de caudales para la fuente 1	82
4.17.3	Operación y mantenimiento de las líneas de conducción de agua	82
4.17.4	Operación y mantenimiento del tanque de almacenamiento y del hipoclorador tipo EMPAGUA	84
4.17.5	Operación y mantenimiento de la red de distribución de agua	85
4.18	Propuesta de tarifa para sostenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable	86
4.18.1	Concepto y parámetros para determinar la tarifa	86
4.18.2	Cálculo de tarifa para el sistema de agua potable del caserío Cerro Gordo	90
<b>5.</b>	<b>RIESGO Y VULNERALIDAD</b>	<b>95</b>
5.1	Concepto de riesgo	95
5.2	Concepto de vulnerabilidad	95
5.3	Aplicación al sistema de abastecimiento de agua potable	97
<b>6.</b>	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>101</b>
6.1	Impacto ambiental en sistemas de agua potable	101
<b>7.</b>	<b>INTEGRACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO</b>	<b>109</b>
7.1	Análisis de costos	109
7.1.1	Cuantificación de materiales	109

7.1.2 Cuantificación de mano de obra	115
7.1.3 Integración de presupuesto	121
<b>CONCLUSIONES</b>	123
<b>RECOMENDACIONES</b>	125
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	127
<b>ANEXO A</b>	129
<b>ANEXO B</b>	139

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Figura de vertedero triangular.	67
2.	Distribución de pesos para el muro del tanque de distribución.	69

## TABLAS

I	Demografía del caserío Cerro Gordo.	2
II	Tipología de vivienda.	5
III	Períodos de diseño.	20
IV	Dotaciones rurales.	23
V	Dotaciones urbanas.	23
VI	Factores de día máximo.	25
VII	Factores de día máximo (UNEPAR).	25
VIII	Factores horarios máximo.	26
IX	Factores horarios máximo (UNEPAR).	26
X	Poblaciones anuales caserío Cerro Gordo, Morazán, El Progreso.	57
XI	Conducción 1.	66
XII	Conducción 2.	66
XIII	Distribución 1.	77
XIV	Distribución 2A.	78
XV	Distribución 2B.	78
XVI	Resumen final del cálculo de la tarifa.	94

<b>XVII</b>	Efectos de los desastres naturales en sistemas de abastecimiento de agua potable	100
<b>XVIII</b>	Medidas de mitigación de impactos ambientales.	105

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>C</b>	Coeficiente de fricción; coeficiente de la capacidad hidráulica de tubería (adimensional)
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>D</b>	Diámetro
<b>E</b>	Estación
<b>E.P.S.</b>	Ejercicio Profesional Supervisado
<b>FDM</b>	Factor de día máximo (adimensional)
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo (adimensional)
<b>GPM</b>	Galones por minuto
<b>H</b>	Altura o carga disponible
<b>H<sub>f</sub></b>	Pérdida de carga expresada en metros
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>L</b>	Litros
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>L/s/viv</b>	Litros por segundo por vivienda (caudal de vivienda)
<b>L/hab/día</b>	Litro por habitante por día (dotación)
<b>Lb/pul<sup>2</sup></b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo (caudal)
<b>mg/L</b>	Miligramos por litro
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua

<b>O.P.M.</b>	Oficina de Planificación Municipal
<b>P</b>	Presión
<b>P.S.I.</b>	Libras por pulgada cuadrada (Lb/pul <sup>2</sup> )
<b>P.U.</b>	Precio unitario en Quetzales
<b>Q</b>	Caudal
<b>t</b>	Tiempo (segundos)
<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales

## **GLOSARIO**

<b>ACUEDUCTO</b>	Conducto artificial para conducir agua, que tiene por objeto suministrarla a una o varias poblaciones.
<b>AFORO</b>	Operación que consiste en medir un caudal de agua. Es la producción de una fuente expresada en L/seg, o g.p.m.
<b>AGUA POTABLE</b>	Es el agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>ALDEA</b>	Pueblo pequeño de escaso vecindario, que por lo general no tiene autoridad para gobernar y juzgar.
<b>AZIMUT</b>	Es el ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
<b>BACTERIA</b>	Organismo microscópico sin clorofila, de varias especies y algunas patógenas.
<b>CAPTACIÓN</b>	Estructura que permite recolectar las aguas de la fuente abastecedora.

<b>CARGA ESTÁTICA</b>	También llamada presión estática. Es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento a la caja rompe presión o tanque de distribución; el punto de descarga libre se mide en metros-columna de agua (m.c.a.)
<b>CARGA DINÁMICA</b>	También llamada hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría en agua un tubo piezométrico a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.
<b>CASERÍO</b>	Cantidad de viviendas menor a una aldea, y que por lo general no tiene autoridad para gobernar y juzgar.
<b>CAUDAL</b>	Cantidad de agua que corre por una tubería en cada unidad de tiempo.
<b>CENSO</b>	Proporciona información sobre el número, distribución y composición de la población, en un momento determinado, facilita una exacta descripción de los cambios ocurridos con el correr del tiempo.
<b>COMUNIDAD</b>	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.

<b>COTA DE TERRENO</b>	Altura de un punto de terreno, referido a un nivel determinado.
<b>COTA PIEZOMÉTRICA</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución, es decir, que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro.
<b>CLIMA</b>	Conjunto de condiciones atmosféricas consideradas durante tiempos muy prolongados, que definen a una región.
<b>DOTACIÓN</b>	Es el volumen de agua consumido por una persona en un día.
<b>NIVELACIÓN</b>	Término general que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos altimétricos, por medio de los cuales, se determinan elevaciones o niveles de puntos determinados.
<b>POLIGONAL</b>	Nombre genérico de cualquier figura plana que consta de más de cuatro lados.
<b>SALUD</b>	Es el estado de bienestar físico, mental y social.



## RESUMEN

Dentro del presente documento se encuentra el proceso teórico y técnico, del ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA EL CASERÍO CERRO GORDO, DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO. En la actualidad, la población del caserío Cerro Gordo, posee un servicio de agua potable pobre o casi nulo entre la mayoría de la población, sin conocer las condiciones bacteriológicas o físico-químicas del mismo.

Las visitas preliminares de campo, aforos a las fuentes de agua, análisis de laboratorio de agua, determinación y selección de una ruta para las líneas de conducción, el levantamiento topográfico, etc., fueron determinantes para el diseño. Con los factores anteriores, se determinó que sería un sistema de agua potable por gravedad. Un factor importante y que determinó la configuración del sistema, fue que la cantidad de agua que las fuentes producían no era suficiente para abastecer a toda la población actual y futura.

Por tanto, se tomaron en consideración dos fuentes distintas y dividir la población en dos partes: la fuente ubicada en la parte más alta y retirada cubrirá las necesidades de la población que se encuentra en la parte alta del caserío; y la fuente ubicada en la parte baja y cercana llenará las necesidades de la población que se encuentra en la parte baja del caserío. Para el sistema de distribución y debido a la dispersión de las viviendas, será un sistema de red abierta. Por último, se presentan planos detallados y el presupuesto para la ejecución del proyecto.



# OBJETIVOS

## General

- A través de la realización del estudio del sistema de abastecimiento de agua potable, mejorar la calidad de vida de los habitantes del caserío Cerro Gordo.

## Específicos

1. Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil, en problemas reales que afectan negativamente los niveles de vida de los habitantes de comunidades con grandes necesidades, a través del programa de E.P.S. de la Facultad de Ingeniería.
2. Desarrollar un proyecto que satisfaga los parámetros de funcionalidad y factibilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable, satisfaga las necesidades de la población del caserío Cerro Gordo y se ajuste al presupuesto de la institución municipal.



# INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación es el resultado de la consolidación de factores que resultan del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Como objetivo primordial se encuentra el desarrollo de un ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA EL CASERÍO CERRO GORDO, DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.

El caserío Cerro Gordo posee 180 habitantes, de los cuales ninguno posee un servicio de agua potable que satisfaga sus necesidades. Se encuentra a 20 kilómetros de la cabecera municipal de Morazán, sobre la ruta a la Verapaces. En años anteriores se contrataron camiones cisternas que transportaban el vital líquido, pero debido a la situación económica y el recorte de presupuesto, la municipalidad ya no continuó. Además, según datos del Centro de Salud de Morazán, existieron casos de enfermedades gastrointestinales por consumo de esta agua, y casos de dengue debido al largo plazo que el líquido permanecía almacenado, causando el medio perfecto para la crianza de zancudo.

Debido a lo anterior, es de urgencia introducir al caserío un sistema de abastecimiento de agua potable, y cuyo diseño estaría implementado al programa de E.P.S. de la Facultad de Ingeniería, con apoyo de la O.M.P. de la municipalidad de Morazán, El Progreso y con la colaboración del comité del caserío Cerro Gordo, cuyo interés e insistencia ha sido constante.



# **1. MONOGRAFÍAS Y GENERALIDADES**

## **1.1 Localización geográfica**

El caserío Cerro Gordo representa uno de los 45 caseríos que forman parte del municipio de Morazán, El Progreso. El caserío Cerro Gordo, es uno de los lugares que colindan con el departamento de Baja Verapaz, por tanto se localiza con una latitud Norte de 14°55'56" y una longitud oeste de 90°08'36"; su altura sobre el nivel del mar es de 997.45 m.s.n.m.

### **1.1.1 Organización administrativa**

El caserío Cerro Gordo posee una administración a través de un COCODE (Consejo Comunitario de Desarrollo). Que está integrado por personas que habitan en la comunidad y que tiene a cargo los proyectos que por parte de la municipalidad se le asigna y de llevar a cabo un control sobre dichos proyectos.

### **1.1.2. Servicios públicos**

El caserío no posee alguna dependencia pública que sea municipal o gubernamental.

### **1.1.3. Servicios básicos carentes**

En la actualidad el caserío no posee los servicios de un Centro de Salud y de un sistema de abastecimiento de agua potable, cuyo objetivo principal de este trabajo de graduación es el diseño del mismo. El caserío posee servicios básicos como lo es la electrificación, proyecto que fue inaugurado en 1998; posee servicios de pequeños comercios que venden productos de la canasta básica; posee los servicios de teléfonos comunitarios que permiten la comunicación de la población en una forma rápida; poseen un buen servicio de transporte, ya que debido a su ubicación tiene acceso directo al transporte colectivo que proviene desde Alta y Baja Verapaz, y el transporte que parte desde la cabecera municipal hacia Baja Verapaz.

### **1.1.4 Demografía del caserío**

El caserío Cerro Gordo posee 180 habitantes, y se distribuyen en porcentajes según la tabla presentada a continuación:

**Tabla I. Demografía del caserío Cerro Gordo.**

<b>Sexo</b>	<b>Porcentaje</b>
Masculino	52 %
Femenino	48 %

**Fuente: Censo realizado al caserío Cerro Gordo por la O.M.P. (Oficina Municipal de Planificación), Abril 2004.**

### **1.1.5 Producción de la comunidad**

La comunidad posee producción de autoconsumo, ya que el volumen de producción es bajo. Dentro de su producción se destaca el maíz, tomate, chile, café y jitomate. Durante un período en Cerro Gordo, fue explotado el

mármol verde por una empresa con capital privado, pero en la actualidad el banco de este mineral se encuentra agotado y por tanto la empresa retiró su maquinaria y presencia en el lugar. Debido a la ubicación y topografía del lugar, se tienen condiciones ideales para el crecimiento de bosques de pino, cuya explotación ha sido muy baja debido al control que la municipalidad de Morazán en conjunto con el INAB (Instituto Nacional de Bosques) han ejercido sobre los mismos, pero que a través de licencias de tala, puede la comunidad sacar provecho de los mismos.

#### **1.1.6 Ingresos económicos adicionales**

Muchos de los habitantes de este caserío al cumplir la mayoría de edad viajan hacia los Estados Unidos en busca de oportunidades de trabajo, mejorar su nivel económico y de esta forma ayudar a sus familiares. Debido a este fenómeno social, el caserío recibe ingresos por los envíos o giros de personas que residen y trabajan en el extranjero, representando un buen porcentaje del ingreso que obtiene el caserío.

#### **1.1.7 Factores climatológicos**

El casco urbano del municipio de Morazán presenta un clima cálido, pero existen comunidades se encuentran entre los 700 y 1500 m.s.n.m. que presentan temperaturas relativamente frías y húmedas, entre ellas se encuentra el caserío Cerro Gordo. La temperatura promedio del municipio es de 28°C, con una temperatura mínima de 20°C y una temperatura máxima de 40°C.

Debido a su ubicación y topografía, y a la existencia de bosques de pino, el clima en el caserío es templado; además se encuentra al límite entre

Morazán, El Progreso y Baja Verapaz, siendo entonces relativamente fresco respecto de su cabecera municipal.

La precipitación media anual para el municipio es de 470 mm/año, con 44 días de lluvia irregular en el mes de mayo hasta el mes de noviembre y con una humedad relativa del 67%. Las lluvias son frecuentes en el caserío Cerro Gordo en época de invierno, pero en la actualidad la frecuencia de las mismas ha disminuido debido a los cambios climáticos a nivel global, afectando proporcionalmente a las fuentes que producen agua, siendo cada vez menores los caudales que generan.

## **1.2 Características y análisis de la situación actual de la infraestructura del Lugar**

### **1.2.1 Vías de acceso**

El caserío Cerro Gordo posee grandes ventajas respecto a otras comunidades pertenecientes al Municipio de Morazán, esto se debe a que su ubicación le permite tener acceso a servicios y productos de una manera eficiente. La única vía de acceso que posee es la más importante de todas, ya que todo el caserío se ubica a lo largo de la ruta a las Verapaces a no más de 400 metros de longitud de la misma. Pero a pesar de esta ventaja, no ha logrado un rápido desarrollo, debido a que no posee mayor cantidad de habitantes, y que se encuentra a 20 kilómetros de la cabecera municipal, por lo que la administración de recursos por parte de la municipalidad hacia el caserío ha sido menor respecto a otras comunidades que se encuentran con necesidades urgentes debido a la ubicación geográfica de las mismas.

### 1.2.2 Saneamiento ambiental

En el caserío Cerro Gordo no existe un tren de aseo, el manejo de los desechos como la basura es realizada por cada uno de las viviendas en depósitos que poseen en el lugar; además no posee un sistema de drenajes para transportar los desechos sólidos o de aguas residuales; los desechos sólidos se manejan a través de letrinas que tienen cada una de las viviendas.

### 1.2.3 Tipología de la vivienda

El tipo de vivienda que predomina en el caserío es muy sencilla. Pero la mayoría de ellas están construidas sobre plataformas que sus habitantes realizan con materiales propios del lugar: piedras y material de corte de suelo, esto debido a que la topografía del lugar presenta pendientes. La cantidad total de viviendas es de 58 unidades y las características de las viviendas y materiales utilizados en las mismas, se presentan en la siguiente tabla en porcentajes:

**Tabla II. Tipología de Vivienda.**

<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Material</b>	<b>Porcentaje</b>
Unifamiliar	Block, concreto y lámina	55%
Unifamiliar	Adobe y teja de barro cocido	35%
Unifamiliar	Madera y teja de barro cocido	10%
	TOTAL	100%

Como se observa en los datos presentados anteriormente, el porcentaje de viviendas construidas con block, concreto y lámina representa un porcentaje mayor y son viviendas de reciente construcción. Todas las viviendas poseen acceso al servicio eléctrico.



## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 Evaluación de la situación actual del servicio de agua potable de la población**

La dependencia obligatoria del hombre con el agua ha sido por años, lo que puede determinar el desarrollo o atraso para el mismo. Por ello todo ser humano tiene derecho a un acceso al vital líquido, y es en mi opinión una justificación válida. Los miembros del caserío Cerro Gordo han estado en una lucha constante por un período de 3 años, para que se les proporcione un sistema que abastezca con eficiencia a toda la población, ya que el sistema a través de cisterna dejó de funcionar desde hace 5 años, y la población aumenta, y proporcionalmente a ésta, su necesidad.

La población ha aumentado y a pesar de su acceso directo al comercio, al transporte, etc., no ha logrado obtener un desarrollo completo debido a la necesidad del vital líquido. Por ello con la planificación, diseño y desarrollo de un proyecto de abastecimiento de agua potable, se le permitirá vivir de una manera digna y humana.

Si el sistema se desarrolla, tendrá beneficio sobre la actual población de 180 habitantes y en un futuro próximo de más habitantes, todo esto en función de la cantidad de años para el cual sea diseñado.

Además, las fuentes que darán servicio a la población tienen el caudal suficiente para abastecer a la población, la topografía del lugar permite que el sistema funcione según criterios o parámetros de diseño y la población está dispuesta a colaborar con el desarrollo de este proyecto.

## **2.2 Proyecto a desarrollar**

Debido a la dispersión de los habitantes del caserío el proyecto consiste en el diseño de dos sistemas de agua potable; el primer sistema llamado sistema 1, proporcionará servicio a los habitantes que se encuentren en la parte más alta del caserío; el segundo sistema llamado sistema 2, proporcionará servicio a los habitantes que se encuentran en la parte más baja del caserío y a un porcentaje de habitantes que se encuentran a una distancia considerable de la fuente.

Este criterio fue tomado en base a dos consideraciones: la fuente 1 no proporciona la cantidad de agua suficiente para toda la población, por lo que se buscó y encontró una segunda fuente llamada fuente 2, y como se explicó anteriormente la distribución de las viviendas en función de la topografía del lugar. Por tanto, la fuente 1 y sistema 1 proporcionará servicio a la población que se encuentra en la parte más alta del caserío, y la fuente 2 y sistema 2, proporcionará servicio a la población que se encuentra en la parte más baja del caserío.

## 3. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

### 3.1 Fuentes de agua

Se define como fuente de agua, al lugar capaz de suministrar un caudal mínimo, igual o mayor al consumo máximo diario, en cualquier época del año. La fuente será adecuada para el consumo humano, siempre que el agua sea de calidad aceptable y en las cantidades requeridas.

Las fuentes de aguas naturales disponibles en el medio ambiente, pueden clasificarse en:

**a) Aguas meteóricas:**

Proceden directamente de la atmósfera, en forma de lluvia. Se captan al llegar a la superficie terrestre, por medio de áreas expuestas a la precipitación pluvial, para luego almacenarlas en cisternas apropiadas.

**b) Aguas superficiales:**

Están constituidas por ríos, riachuelos, lagos, lagunas, embalses, etc.

**c) Aguas subterráneas:**

Son las que se infiltran en el terreno y afloran en forma de manantiales. Se localizan en una zona de cavidades conectadas entre sí. Esta zona comprende zona de saturación y zona de aireación, que quedan separados por el nivel freático.

### 3.2 Aforo de las fuentes de agua

Es la determinación del caudal de una fuente, mediante cualquiera de los siguientes métodos:

*Velocidad y área:* molinete, pitot y flotadores.

*De descarga directa:* gravimétrico, volumétrico, vertederos, reducción de área y mecánico.

Por lo económico y lo fácil en aplicar, el procedimiento del método volumétrico, lo hace el más utilizado en aforos de corrientes pequeñas y manantiales. Los pasos a seguir son:

- a)** Recibir el agua en un recipiente de volumen conocido.
- b)** Tomar el tiempo, en segundos, que tarda el recipiente en llenarse totalmente.
- c)** Cálculo:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde: Q, es el caudal en m<sup>3</sup>/s; V, es el volumen determinado de agua en m<sup>3</sup>; y t es el tiempo en segundos que tarde en recaudar ese volumen.

### **3.3 Estudio de la calidad del agua y sus normas**

Según la Organización Mundial para la Salud, casi la cuarta parte de las camas disponibles de los hospitales del mundo, están ocupadas por enfermos, cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua. Esto indica que el agua, así como es fuente de vida, también puede ser la causa de enfermedades y de muerte, si ésta se contamina.

El término “calidad del agua”, está estrechamente relacionado con aquellas características químicas, físicas y bacteriológicas por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el consumo humano, o sea, si el agua es potable o no.

Tres son los tipos de análisis que se realizan para determinar la calidad del agua, y son: análisis bacteriológico, físico y químico.

### **3.3.1 Examen bacteriológico**

El examen bacteriológico tiene como principal propósito, indicar el nivel de contaminación bacteriana y principalmente con materia fecal, que presenta la fuente de agua.

El agua debe estar exenta, de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario. La determinación de organismos entéricos normales, mostrarán el nivel de contaminación fecal del suministro de agua.

Los indicadores más utilizados para determinar el nivel de contaminación, son los organismos coliformes totales o simplemente “coliformes”. Por experimentos se ha comprobado, que estos presentan ciertas limitaciones, para considerarlos indicadores de organismos exclusivamente de origen fecal, ya que en países con altas temperaturas, los de origen no fecal pueden abundar.

El grupo coliforme lo forma los bacilos *Escherichia Coli* de los animales de sangre caliente. El *Aerobacter Aerógenos* además de encontrarse en las heces, es frecuente encontrarlo en raíces de vegetales y algunas semillas.

Por razones de simplicidad, la metodología microbiológica para el agua de pequeñas comunidades, se ha limitado al grupo coliforme solamente, dado que este grupo es mejor conocido y además relativamente fácil de identificar.

La toma de muestra para el examen bacteriológico, puede hacerse de la manera siguiente:

**a)** Si la muestra se toma de un tubo o de un grifo, primero debe flamearse la boca del tubo o de la llave, para eliminar los gérmenes que contenga. Se deja escurrir el agua libremente por algún tiempo, luego se llena el frasco sin pegarlo a la llave.

**b)** Si la muestra se toma de una corriente, debe sumergirse el frasco hasta una profundidad mínima de 15 cm. con la boca puesta en dirección contraria a la corriente, para evitar la entrada del agua, que ha estado en contacto con las manos.

### **3.3.2 Examen físico**

Este análisis está relacionado con los sentidos y es de mucha utilidad e importancia, para determinar la potabilidad del agua, ya que ésta además de ser sanitariamente segura, deberá ser agradable a los sentidos, en caso contrario causaría rechazo por parte del consumidor.

**a) Turbiedad:** la turbiedad puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal, hasta partículas microscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. Cualquier turbiedad que exceda los límites normales, causa en el consumidor, pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.

**b) Olor:** los olores del agua son debidos a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles. Algunos de estos compuestos se producen, cuando se descompone la materia

orgánica proveniente de escurrimientos superficiales y por el plancton de las algas principalmente. El olor es una medida de la aceptación, por el consumidor de un abastecimiento, porque el agua se debe entregar al usuario desprovista de olores rechazables.

**c) Color:** es ocasionado, generalmente, por la extracción de materia colorante del humus de los bosques o de la materia vegetal de los pantanos y áreas de pequeña o poca profundidad. Además la presencia de sales minerales en disolución y materias coloidales; también influye en la coloración, las algas microscópicas, tierras arcillosas, residuos industriales y descomposición de materias orgánicas.

Las aguas que contienen colores, debido a materia en descomposición no son consideradas tóxicas, normalmente la coloración que adquiere el agua es amarillo pardo y el usuario tiene aversión natural a usarla, lo cual es debido a las comparaciones antiestéticas a las que se les asocia.

**d) Temperatura:** es un factor que afecta la vida bacteriana, las bajas temperaturas y las escasas concentraciones de alimentos disponibles en las aguas naturales, son perjudiciales al crecimiento de las bacterias parásitas y patógenas. No obstante, cuanto más baja sea la temperatura, más tiempo logran sobrevivir estos organismos.

**e) Sabor:** El sabor del agua, por lo general, está íntimamente relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones. Sin embargo, la materia mineral disuelta puede dar sabor, pero no olores al agua.

Las sales metálicas como las del cobre, cinc y hierro pueden causar sabores metálicos. Los cloruros y los sulfatos, en concentraciones mayores de 259 mg/L, hacen que el agua tenga sabor salado.

### **3.3.3 Examen químico**

Son los análisis que determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afectan su calidad, proporcionando datos acerca de contaminación. Las principales determinaciones que se realizan son las siguientes:

**a) Fluoruros:** los fluoruros se hallan, generalmente en cantidades mayores, en agua del subsuelo que en las aguas superficiales. Se considera que los fluoruros son componentes normales del agua potable, sobre todo para prevenir la caries dental. Cuando en algunas fuentes de abastecimiento son deficientes éstos, se añade fluoruro hasta obtener la concentración deseable. Cuando la concentración es mayor de la deseable, puede producir fluorosis dental o dientes moteados en algunos niños. La concentración óptima varía con la temperatura del lugar.

**b) Cloruros:** los cloruros en proporciones razonables no son dañinos para la salud, su concentración excesiva en el agua, podría indicar contaminación por excretas humanas, particularmente la orina, que contiene cloruros aproximadamente igual a la consumida en la alimentación, además sirve para conocer posibles contaminaciones por agua residual contaminada.

**c) Nitrógeno total:** el análisis del nitrógeno, en sus diversas formas, es necesario efectuarlo en aguas potables y aguas contaminadas, desde que el hombre descubrió, que el agua era un vehículo para transmisión de diversas enfermedades. El nitrógeno en aguas negras y aguas recientemente contaminadas, se ha demostrado que se encuentran originalmente en forma de nitrógeno orgánico (*a. albuminoideo*) y nitrógeno no proveniente del amoníaco. Las aguas que contienen nitrógeno albuminoideo y nitrógeno de amoníaco, son consideradas como recientemente contaminadas y de un peligro potencial mayor.

**d) Hierro total:** no se conocen efectos perjudiciales a la salud por tomar agua que contiene hierro; al agua que lo contiene en forma excesiva, al entrar en contacto con el aire y absorber oxígeno, se vuelve también inaceptable desde el punto de vista estético, debido a la oxidación del hierro que forma precipitados coloidales.

**e) Dureza:** el agua es un solvente universal y disuelve cantidad variable de las diversas sustancias minerales. La

dureza es la concentración total de iones de calcio y magnesio, expresados en carbonatos de calcio. La presencia de este ion en el agua no afecta la calidad sanitaria de la misma, sino que tiene importancia en el uso doméstico por ejemplo: en el lavado de ropa, pues precipita el jabón en forma de compuestos orgánicos, aumentando su consumo, dificulta la cocción de verduras y provoca formación de incrustaciones en utensilios de cocina.

La muestra para examen físico-químico, puede tomarse en cualquier envase de vidrio o plástico de cuatro litros de capacidad, asegurándose que este es escrupulosamente limpio. El tapón se cubre con papel celofán, antes de colocarlo, para evitar que entre en contacto directo con el agua.

Antes de tomar la muestra, el envase se enjuaga varias veces con el agua que se va a analizar. Al tomar la muestra se lleva a la mayor brevedad posible al laboratorio.

#### **3.3.4 Presentación de la muestra**

Al frasco con la muestra a examinar (Bacteriológico o Físico-Químico), se le coloca una etiqueta con los datos siguientes: fecha, localidad, sitio donde se tomó la muestra, naturaleza de la fuente, nombre de la persona que tomó la muestra y temperatura del agua y del ambiente.

### 3.3.5 Potabilización

La potabilización del agua, se logra mediante procesos o tratamientos que se aplican a las aguas, para que éstas sean aptas para el consumo humano.

De estos procesos se pueden mencionar:

**a) Sedimentación:** es un proceso dinámico de separación de partículas sólidas, suspendidas en el agua. Estas partículas siendo más pesadas que el agua, tienden a caer hacia el fondo, verificándose así la separación mencionada.

**b) Filtración:** en este proceso el agua atraviesa capas porosas capaces de retener impurezas. El material poroso comúnmente empleado como medio filtrante, es la arena. Los filtros de arena, lentos y rápidos, son los que generalmente se utilizan en los sistemas públicos de abastecimiento de agua.

**c) Desinfección:** es la destrucción de los organismos transmisores de las enfermedades (patógenas), existentes en el agua. Para fines de abastecimiento, este proceso constituye una medida, que con carácter correctivo, debe ser obligatoriamente adoptada en todos los sistemas públicos. El producto más generalizado por ser económico, efectivo y de fácil control, es el cloro. El cloro es un elemento químico, gaseoso en las condiciones ambientales, de olor fuerte y penetrante, de color amarillo-verdoso y cerca de una vez,

más pesado que el aire. Como derivado del cloro se tiene el hipoclorito, su uso se ha generalizado para el medio rural, dado que la dosificación de cloro gas, no se adapta a los sistemas rurales, por razones de mercado, operación y mantenimiento. Bajo el nombre de hipoclorito, son englobados tres productos manufacturados a partir de la fijación del cloro por hidróxidos de sodio y calcio. Estos son: cal clorada, hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio. La mezcla se aplica a través de un hipoclorador hidráulico con flotador. El sistema consiste en un recipiente con flotador que soporta un elemento de toma para la captación de la solución; seguidamente mediante un elemento flexible, dotado de un dispositivo de control, se entrega el hipoclorito en solución, gota a gota, al tanque de distribución.

#### **3.3.5.1 Hipoclorador hidráulico tipo EMPAGUA**

Este modelo de hipoclorador, funciona a gravedad y con carga constante. Su diseño y construcción así como los materiales empleados son sencillos y de fácil adquisición en el mercado local, así como sus costos son bajos. Su nombre se debe a que el primer hipoclorador de este tipo fue desarrollado y construido en EMPAGUA (Empresa Municipal de Agua de Guatemala) por el señor José Román.

El diseño consiste en un flotador que soporta un elemento de toma para la captación de la solución. Seguidamente, a través de un elemento flexible dotado de un dispositivo de control, se suministra el hipoclorito en solución al punto de

aplicación. El conjunto va situado en el interior de un recipiente inmune al cloro, cuyo objetivo es el almacenamiento de la solución. El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

1. *Mezcla y alimentación de la solución:* consiste en un recipiente cilíndrico fabricado con material resistente al cloro y cuya capacidad de almacenaje sea de 600 a 1100 litros (tinaco Rotoplast o similar) y cuya función será la de mezclar y almacenar la solución a aplicar.
2. *Dosificador:* el dosificador es el sistema que tomará la mezcla del depósito o tinaco y lo conducirá a través de una manguera flexible hasta el tanque de almacenamiento.
3. *Flotador:* el flotador consiste en un elemento que permitirá al dosificador mantenerse cercano a la superficie del agua y evitar obstrucciones al dosificador por sedimentos inertes, producto del cloro.

Para la mezcla, el hipoclorito recomendado y más utilizado en el medio es el hipoclorito de calcio. En el capítulo 4 sección 4.11, se explicará con detalle la mezcla, dosificación y componentes para el sistema de abastecimiento del caserío Cerro Gordo.

## 3.4 Estudio del diseño hidráulico

### 3.4.1 Período de diseño

El período de diseño de un sistema de abastecimiento de agua o de sus componentes, es el tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en el que su uso sobrepase las condiciones establecidas en el diseño, por falta de capacidad del sistema para prestar un buen servicio.

Los acueductos se calculan para un período de 15 a 20 años. En acueductos rurales, este período resulta ser más corto de lo esperado, ya que en el aspecto de capacidad, para prestar un buen servicio, intervienen una serie de factores, principalmente de origen socio-económico, que determinan el aumento de la población, cambio de las necesidades y exigencias de la misma hacia el acueducto, aumento de la demanda, etc. A continuación, en la tabla III, se presentan los períodos de diseño para diferentes sistemas de agua potable:

**Tabla III. Períodos de diseño.**

<b>Elemento</b>	<b>Años</b>
Fuentes de abastecimiento	20
Líneas de conducción	20
Tanque de almacenamiento	20 mínimo
Líneas y redes de distribución	20 mínimo
Estaciones de bombeo	5
Plantas purificadoras	20 mínimo

### 3.4.2 Crecimiento de la población.

Los factores de origen socio-económicos, influyen en los elementos que determinan el crecimiento de población. La población crece por nacimiento, decrece por muertes, crece o decrece por migración y aumenta por anexión. Para calcular el crecimiento de una población, se usan generalmente métodos de crecimiento, siendo los más utilizados, los siguientes:

#### 3.3.5.2 Método aritmético

$$P_f = T_L + (T_L - T_E) * \frac{t_m - t_l}{t_l - t_e}$$

Donde:  $P_f$  es la población futura;  $T_L$  es la población dada por el último censo de población;  $T_E$ , es la población dada por el penúltimo censo de población;  $t_m$ , es la fecha de estimación futura;  $t_l$  es la fecha del último censo; y  $t_e$  es la fecha del penúltimo censo.

#### 3.4.2.2 Método geométrico

Para calcular la tasa de crecimiento ( $r$ ), se usa la fórmula siguiente:

$$r = \left[ \frac{P_2}{P_1} \right]^{\left[ \frac{1}{T_2 - T_1} \right]}$$

Donde:  $P_1$  es la población inicial;  $P_2$  es la población final;  $T_1$  es el año inicial y  $T_2$  es el año final;  $r$  está dado en un porcentaje.

Para el cálculo de la población futura se tiene la siguiente fórmula:

$$P_f = P_a * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde,  $P_a$  la población inicial;  $P_f$  es la población futura y  $n$  es el período de diseño en años.

### **3.4.3 Densidad y distribución de la población**

La densidad de población se expresa generalmente con el número de habitantes por kilómetro cuadrado. En un área determinada, la densidad de la población, la naturaleza de los ocupantes y el uso de las áreas componentes, son determinantes en la distribución del agua para dicha área.

### **3.4.4 Dotación de agua**

Término utilizado para designar la cantidad de agua por día, que una persona necesita para satisfacer sus necesidades. Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante que se haya establecido dentro del diseño del proyecto. Se expresa en litros por habitante al día. Los factores que se consideran y que determinan en la dotación es el clima, nivel de vida, calidad y cantidad de agua disponible.

Las dotaciones más utilizadas en el área rural del país son:

**Tabla IV. Dotaciones rurales.**

<b>Sistema de Abastecimiento</b>	<b>Dotación (Lts/hab./día)</b>
Llena cántaros	30 - 60
Llena cántaros y conexiones prediales	60 - 90
Conexiones Prediales	60 - 120
Conexión intradomiciliar	90 - 170
Pozo excavado	15 Mínimo

Fuente: Datos proporcionados por el banco de datos de la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

Las dotaciones más utilizadas en el área urbana del país son:

**Tabla V. Dotaciones urbanas.**

<b>Sistema de Abastecimiento</b>	<b>Dotación (Lts/hab./día)</b>
Cabeceras Departamentales	150 Mínimo
Cabeceras Municipales	100 Mínimo

Fuente: Datos proporcionados por el banco de datos de la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

### **3.4.5 Factores de consumo**

Es un sistema público de abastecimiento de agua, la cantidad de agua consumida, varía continuamente en función del tiempo, de las condiciones climáticas, costumbres de la población, condiciones económicas, importancia de la comunidad, etc.

En general la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua, es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente y satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo. Para lograr tales objetivos, es necesario que

cada una de las partes que constituyen el acueducto, esté satisfactoriamente diseñada y funcionalmente adaptada al conjunto, esto implica conocer el funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones del consumo de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el período de diseño previsto.

Los consumos de agua en una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función del caudal medio ( $Q_m$ ). Es bien sabido que en época de lluvia demandan menores cantidades de agua que en época de verano. Así mismo durante una semana cualquiera se observa que en forma cíclica ocurren días de máximos consumos y días de mínimos consumos.

#### **3.4.5.1 Consumo medio diario**

Es la cantidad de agua consumida por la población durante un día, la cual se obtiene como el promedio de los consumos diarios en el período de un año. Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{P_f * Dotación}{86,400}$$

Donde:  $Q_m$  es el consumo medio diario en L/s; el valor 86,400 representa la cantidad de segundos en un día.

### 3.4.5.2 Consumo máximo diario

Es el consumo máximo durante 24 horas, observado en el período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendio. Se utiliza para el diseño de la línea de conducción.

$$Q_{md} = FDM * Q_m$$

Donde:  $Q_{md}$  es el consumo máximo diario o caudal de conducción en L/s.

El factor de día máximo (FDM), depende de la población que se esté estudiando. Podrá estar entre los siguientes rangos:

**Tabla VI. Factores de día máximo.**

Área	FDM
Rural	1.2 - 1.8
Urbana	2

El FDM puede ser utilizado también en base al siguiente criterio propuesto por la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales):

**Tabla VII. Factores de día máximo.**

Área	FDM
Población $\leq$ 1000	1.2 - 1.5
Población $>$ 1000	2

Fuente: Datos proporcionados por el banco de datos de la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

### 3.4.5.3 Consumo máximo horario

Es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año. Se utiliza para el diseño de la línea de distribución.

$$Q_{mh} = FHM * Q_m$$

Donde:  $Q_{mh}$  es el consumo máximo horario o caudal de distribución en L/s.

El factor horario máximo (FHM), dependerá de la población que se esté estudiando. Podrá estar entre los siguientes rangos:

**Tabla VIII. Factores horarios máximos.**

Área	FHM
Rural	1.8 – 2.5
Urbana	2.5 – 3.5

El FHM puede ser utilizado también en base al criterio propuesto por la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales):

**Tabla IX. Factores horarios máximo.**

Área	FHM
Población $\leq$ 1000	2.0 – 3.0
Población > 1000	2

Fuente: Datos proporcionados por el banco de datos de la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

#### 3.4.5.4 Factor de gasto

Es el consumo de agua por vivienda. Con base a este factor, el caudal de hora máxima, podrá distribuirse en los tramos de tuberías que componen la línea de distribución, en base al número de viviendas comprendidas en dichos tramos. Se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$FG = \frac{Q_{mh}}{\text{Número de viviendas}}$$

#### 3.4.6 Sistemas de captación

Es toda estructura, que se construye con fines de coleccionar el agua de las fuentes. El fin básico, es asegurar bajo cualquier condición de flujo y durante todo el año, la captación de la cantidad de agua necesaria, para el suministro de la población.

El tipo de obra a emplear, será en función de las características de la fuente, de la calidad físico-química y bacteriológica del agua. Dependiendo del tipo de fuente disponible o seleccionada, se pueden clasificar las captaciones de la siguiente manera:

##### **a) Captación de manantial de ladera concentrado:**

Es la captación de una fuente subterránea con afloramiento horizontal del agua, en uno o varios puntos definidos.

**b) Captación de manantial de fondo concentrado:**

Es la captación de una fuente subterránea con afloramiento vertical, en un punto definido.

**c) Captación de manantial de fondo difuso**

Es la captación de una fuente subterránea con afloramientos verticales en zona extensa.

**d) Galerías filtrantes**

Son empleadas en: 1) captación directa de aguas subterráneas, 2) para la intersección bajo ciertas condiciones, de las aguas provenientes de manantiales y 3) para la captación indirecta de las aguas de cursos superficiales.

**e) Pozos excavados**

Se emplean en fuentes subterráneas o para la captación indirecta de aguas superficiales, cuando la contaminación y la turbiedad están por encima de los límites aceptados.

**g) Captación de aguas superficiales**

Es la captación de las aguas que proceden en su mayor parte de la lluvia, son una mezcla del agua que corre por el suelo y de la que brota de la tierra (ríos, lagos y embalses, y los pequeños arroyos de montaña).

**3.4.7 Caja rompe-presión**

Su función principal es la de romper la presión del agua, para evitar así el rompimiento de la tubería. Deben estar provistas de sus respectivas

válvulas de entrada y salida. La salida del agua deberá estar por lo menos a 10 cm sobre el fondo de la caja.

Estas cajas se recomienda colocarlas en puntos de la línea de conducción donde la presión estática sea mayor de 90 m.c.a.; y en puntos de la línea de distribución donde la presión estática sea mayor de 60 m.c.a.

### **3.4.8 Línea de conducción**

Es un conjunto de tuberías forzadas o a presión, que viene desde las obras de captación al tanque de almacenamiento. De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, las conducciones pueden ser por bombeo o por gravedad.

El diseño de una línea de conducción por gravedad, deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a)** La capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.
- b)** La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear, deberá ajustarse a la máxima economía.
- c)** La línea de conducción deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para la tubería, a su protección y mantenimiento.

Para el diseño puede ser aplicada la fórmula de **Hazen-Williams**, ya que sus límites de aplicación son los más amplios, en el uso de tuberías de agua. El conjunto de fórmulas que se presentan a continuación complementan la teoría descrita:

$$H_f = K * Q^{1.85}$$

$$K = \frac{K' * L}{1000}$$

$$K' = \frac{1,743,811}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

Donde:  $H_f$  es la pérdida de carga expresada en metros; Q es el caudal expresado en L/s; L la longitud expresada en metros; D es el diámetro en pulgadas; y C el coeficiente de rugosidad, que representa un valor de fricción que tiene el agua con las paredes de las tuberías utilizadas, en pocas palabras representa la “calidad” de la misma.

Para que el cálculo de la pérdida de carga ( $H_f$ ) se realice de una forma eficiente y sin necesidad de realizar conversiones entre distintos sistemas de medidas, se tiene la siguiente fórmula:

$$H_f = \frac{1743.81141 \quad L \quad Q^{1.85}}{D^{4.87} \quad C^{1.85}}$$

Donde:  $H_f$ , está dada en metros; L está expresada en metros; Q, dado en Lts/seg; D en pulgadas; y C el valor que se hizo mención anteriormente.

Si en algún tramo existente de la línea de conducción es necesario el uso de dos distintos diámetros de tubería, se puede calcular su longitud a través de las siguientes fórmulas, definiendo cuidadosamente cada uno de los

diámetros, la pérdida de carga que existe o que se desea obtener entre los dos puntos que definen el uso de los dos diámetros, que será llamada H y la longitud total entre los dos puntos que será llamada  $L_T$ :

$$H = Cota_2 - Cota_1$$

Luego se calcula a través de las siguientes fórmulas las pérdidas que generarían, tanto el  $D_1$  como  $D_2$ , si se utilizaran en la longitud total del tramo  $L_T$ :

$$h_{f'1} = \frac{1743.81141 L_T Q^{1.85}}{D_1^{4.87} C^{1.85}}$$

$$h_{f'2} = \frac{1743.81141 L_T Q^{1.85}}{D_2^{4.87} C^{1.85}}$$

Se establece la longitud necesaria de cada uno de los diámetros para obtener la pérdida deseada en este tramo:

$$L_2 = \frac{H - h_{f'1}}{h_{f'2} - h_{f'1}} L_T$$

$$L_1 = L_T - L_2$$

Por último, se calcula la velocidad con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1.974 Q}{D^2}$$

Donde Q es el caudal de diseño y D el diámetro interno seleccionado, y cuyas dimensiones están en m/s; además, debe cumplir con el parámetro de velocidad para PVC de  $0.3 \text{ m/s} \leq V \leq 3.0 \text{ m/s}$ .

### **3.4.8.1 Cálculo de la línea piezométrica**

La línea piezométrica corresponde a las alturas a las que el agua subiría, en piezómetros instalados a lo largo de la misma: es la línea de presiones.

La cota piezométrica en el punto B es igual a la cota piezométrica del punto A menos la pérdida de carga ( $H_f$ ) del tramo de tubería del punto A al punto B.

### **3.4.8.2 Cálculo de presiones**

La presión en un punto A, es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota de terreno, de ese mismo punto. Existe la presión estática que corresponde a la presión que ejerce el agua dentro de la tubería, cuando se acumula el agua y no circula debido al cierre de llaves o cuando no existe ningún consumo dentro de la población; esta presión para el sistema de conducción no debe ser mayor de 90 m.c.a. y para el sistema de distribución no debe ser mayor de 60 m.c.a.

Ahora bien, existe otro tipo de presión llamada presión dinámica, y esta ocurre cuando el agua circula dentro del sistema; esta presión para el sistema de conducción no debe ser menor de 40 m.c.a. y para el sistema de distribución no debe ser menor de 10 m.c.a.

### **3.4.9 Caja distribuidora de caudales**

Tiene como función distribuir dos o más caudales, por medio de vertederos (fórmula de Thomson), cuya capacidad está en función del número de derivaciones y de la magnitud de los caudales a derivar.

Generalmente se construyen con tres cámaras: una estabilizadora, la siguiente está dividida por una pantalla con vertederos para distribuir el caudal y una tercera cámara que contiene los tubos de succión o conducción. La salida deberá estar como mínimo 10 centímetros sobre el fondo.

### **3.4.10 Tanques de distribución**

Para el diseño del tanque de almacenamiento o tanque de distribución, es necesario conocer algunos parámetros o criterios establecidos, tanto por las funciones a desempeñar del tanque, como por su configuración y posición respecto a la red de distribución, y por las exigencias sanitarias.

Juegan un papel muy importante para el sistema de distribución, cumple con tres propósitos fundamentales:

- a)** Compensar variaciones horarias, que se produzcan durante el día.
  
- b)** Tener almacenamiento para casos de emergencia.
  
- c)** Garantizar presiones de servicio adecuadas.

Además para su diseño se toman en cuenta tres parámetros:

a) Capacidad (generalmente el volumen es de un 25% a un 30% del caudal medio). El Volumen (en m<sup>3</sup>) se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{(25\% - 30\%)(1m^3)(1/86400)Q_m}{1000}$$

$$V = \frac{(25\% - 30\%)(Dotación)(P_f)}{1000}$$

b) Lugar de ubicación.

c) Tipo en su forma de ejecución.

### 3.4.10.1 Función de los tanques de distribución

Se pueden considerar tres que son las principales:

1. Suplir las demandas máximas horarias esperadas en la línea de distribución. El volumen necesario para compensar la variación de consumo, puede ser establecido mediante una curva de variaciones horarias, de una población de características iguales a la localidad estudiada.
2. Almacenar un volumen determinado, como reserva, para los casos de interrupción de las líneas o fuentes de abastecimiento. Este volumen depende, principalmente, de la fuente de abastecimiento de agua y de las características de las instalaciones, entre la fuente y el tanque de distribución.

3. Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios. La previsión de gastos de incendios para localidades pequeñas, no se justifica en la mayoría de los casos, por consiguiente este volumen es cero.

Con base a los puntos antes enunciados y al carecer de una curva de variaciones horarias, adaptable a la localidad estudiada, el volumen total del tanque de distribución puede ser:

**a)** Poblaciones menores de 1000 habitantes, de 25% al 35% del consumo medio diario ( $Q_m$ ) de la población. No se considera reservas para eventualidades.

**b)** Población entre 1000 y 5000 habitantes, 35% del consumo medio diario ( $Q_m$ ) de la población, más un 10% para eventualidades.

**c)** Poblaciones mayores de 5000 habitantes, el 40% del consumo medio diario ( $Q_m$ ), más un 10% para eventualidades.

**d)** En el caso de sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser la de un día de consumo medio.

### **3.4.10.2 Configuración y posición de los tanques respecto a las redes de distribución**

Dependiendo de la configuración y de la posición, éstos pueden ser clasificados en tanques enterrados, semienterrados, apoyados sobre el suelo y elevados.

El área donde se localice, deberá aislarse para evitar la entrada de personas, animales o ser usada para disposición de desechos. También debe localizarse a una altura y distancia conveniente, de cualquier posible foco de contaminación, ya que aguas de infiltración, arrastran las bacterias hasta tres metros de profundidad, y si así alcanzan la superficie libre del manto freático, puede recorrer hasta 15 metros en el sentido del desplazamiento del agua subterránea, por tanto la distancia mínima horizontal a cualquier fuente de contaminación, será de 30 metros.

### **3.4.10.3 Necesidades de sanidad y desinfección.**

En el diseño de un tanque de almacenamiento, también se debe tomar en cuenta requisitos sanitarios como:

1. Cubierta hermética que impida la penetración, desde el exterior, de agua, polvo, aves, etc.
2. No dejar penetrar luz solar o similar, para evitar el crecimiento de algas.

3. La tubería de ventilación, que evacúa el aire durante el llenado, debe tener la abertura exterior hacia abajo y provista de rejilla, que impida la entrada de insectos y polvo.
4. Existencia solo de las aberturas de llegada, salida, vacío y aliviadero, convenientemente diseñados.
5. Escotilla de visita para inspección de limpieza.
6. La tubería de entrada al tanque, estará situada cerca del acceso, para facilitar el aforo del caudal en cualquier momento.
7. El diámetro mínimo de la tubería de rebalse será el de la tubería de entrada al tanque ( $Q_{\text{entrada}}=Q_{\text{salida}}$ ).
8. Tubo de salida, preferiblemente colocado al lado opuesto, con respecto al tubo de entrada, para que haya circulación de agua en el tanque.
9. Tubo de rebalse con capacidad igual a la máxima de entrada.
10. Escaleras interiores y exteriores para los casos en que el tanque exceda de 1.2 metros de alto.

11. La superficie del terreno alrededor del tanque, debe tener una pendiente que permita drenar hacia fuera el agua superficial.
12. El fondo del tanque, debe estar siempre por encima del nivel freático.
13. Las paredes de los tanques enterrados, deben sobresalir por lo menos 30 cm de la superficie del terreno, para evitar la entrada de aguas superficiales o de lluvia.

### **3.4.11 Válvulas**

Estos mecanismos brindan una protección a las líneas de conducción y líneas de distribución, ya que cada una de ellas posee una función esencial dentro de las mismas. A continuación se presenta una breve descripción de las más importantes de ellas:

#### **3.4.11.1 Válvulas de compuerta**

Son válvulas que funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta, que regula el paso del agua. Este tipo de válvulas deben estar completamente abiertas o completamente cerradas.

#### **3.4.11.2 Válvulas de paso**

Funcionan mediante un cono horadado, que al girar permite o cierra el paso del agua. Las válvulas de paso se instalarán, al inicio de

cada conexión predial o llena cántaros, en el lugar que se indique en planos.

#### **3.4.11.3 Válvulas liberadoras de aire**

Son válvulas cuya función es permitir el escape del aire, que se acumula en las tuberías. Si en un sistema no se permite la liberación del aire acumulado, creará una obstrucción al libre flujo del caudal.

#### **3.4.11.3 Válvulas de limpieza**

Sirven para extraer los sedimentos, que se pudieran depositar en las partes bajas de las tuberías. Estos sedimentos pueden representar un factor de importancia en el funcionamiento eficiente del sistema, ya que estos sedimentos obstruyen con el correr del tiempo de forma permanente, por lo que la apertura de estas válvulas debe ser periódica.

#### **3.4.12 Redes de distribución**

La red de distribución es un sistema de tuberías utilizado para hacer llegar el agua proveniente del tanque de distribución, al consumidor. Desde el punto de vista hidráulico, pueden distinguirse dos tipos de redes de distribución.

##### **3.4.12.1 Red abierta. Métodos de cálculo**

Es la que se construye en forma de árbol. Se recomienda su utilización, en aquellos casos en que la población es muy dispersa.

Las fórmulas que se utilizan para el diseño de este tipo de red, se presentan a continuación:

$$Q_{viv} = \frac{Q_{mh}}{\text{No. Viviendas}}$$

$$= \frac{Q_{dis}}{\text{No. Viviendas}}$$

$$Q_{inst} = K \sqrt{n - 1}$$

Donde n, es el número de viviendas; y K es la constante que va en función de la cantidad de viviendas que se encuentran en el tramo en diseño: K=0.15 si n>100 y K=0.25 si n≤100.

Luego para el diseño se utiliza el caudal mayor entre  $Q_{viv}$  y  $Q_{inst}$ .

### 3.4.12.2 Red cerrada. Métodos de cálculo

Las tuberías forman circuitos y están intercomunicadas. Desde el punto de vista técnico funciona mejor que la anterior. Este método elimina los extremos muertos y permite la circulación del agua. Este sistema utiliza el método de Hardy-Cross, el cual es un método de aproximaciones sucesivas por el cual se aplican sistemáticas correcciones a los flujos originalmente asumidos hasta que la red esté balanceada, y por tanto las pérdidas en los nodos de la red son los mismos, si estas pérdidas no son iguales, se continúa con las iteraciones.

La fórmula a utilizar para el método de Hardy-Cross se deduce de las siguientes:

$$Q'_1 = (Q_1 + \Delta) \quad Q'_2 = (Q_2 - \Delta)$$

y como se mencionó anteriormente las pérdidas en cada nodo deben ser iguales:

$$h_{f1} = h_{f2}$$
$$\frac{1743 \cdot 0.811 LQ_1'^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}} = \frac{1743 \cdot 0.811 LQ_2'^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}}$$

Desarrollando la igualdad anterior, se determina la fórmula que permite el cálculo de la corrección ( $\Delta$ ):

$$\Delta = - \frac{\Sigma h_f}{1.85 \Sigma \left( \frac{h_f}{Q} \right)}$$

Se tendrá como aceptado, cuando la corrección ( $\Delta$ ) sea de 1% de diferencia entre el caudal de una iteración y otra, para cada uno de los circuitos que componen la red.

Además se deben tomar en cuenta los siguientes criterios para verificar las redes de distribución cerradas:

- a) El caudal que entra es igual al caudal que sale, en cada nodo.
- b) Los caudales y las pérdidas de carga, llevan el signo según su dirección.

Para el cálculo de la línea piezométrica y el cálculo de presiones, el procedimiento a seguir, es el mismo que se indicó en la sección de línea de conducción.

En el diseño de la red de distribución de una comunidad, se deben seguir los siguientes criterios:

- a)** El diseño se hará para el máximo consumo horario, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, para el período de diseño.
- b)** Se deberá dotar de accesorios y obras de arte necesarias, a las redes de distribución, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas a tal efecto y facilitar su mantenimiento.
- c)** La distribución de caudales, debe hacerse mediante criterios, que estén acordes con el consumo real de la localidad, durante el período de diseño.
- d)** La función sanitaria del acueducto, se cumple a cabalidad, únicamente si el servicio es en forma continua, de calidad aceptable y en cantidad suficiente.

Al igual que la línea de conducción, una red de distribución abierta puede ser diseñada utilizando la fórmula de Hazen-Williams. Para una red de distribución cerrada, la fórmula mencionada es

utilizada para el cálculo de K, K' y H, pero luego éstas, son verificadas por el método de Hardy-Cross.

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido, para ver si ésta se encuentra dentro de los límites recomendados. Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua, los límites propuestos para la comparación de velocidades, son los siguientes:

$$0.30 \leq V \leq 3.00$$

Donde V está en m/s.

### **3.4.13 Tipos de tubería**

En los sistemas de acueductos intervienen las tuberías como elemento principal, por ello su selección debe hacerse atendiendo a diversos factores que permitan lograr el mejor diseño.

Toda tubería posee tres importantes características:

1. Diámetro: para el diseño de sistemas de agua potable el diámetro juega un papel importante y esencial que determina la eficiencia del mismo. Para ello se utiliza el diámetro interno de la tubería que se propone utilizar, además de tomar en consideración la calidad de la misma, determinada por el coeficiente C. Además el diámetro de tubería va en función de la presión a la que se someta y según condiciones del sistema.
2. Tipo o material: existen varios tipos de tubería, su uso va en función de varios factores, entre ellos la economía del proyecto,

el tipo de terreno en que se desarrollará el proyecto y la eficiencia que se desee del proyecto. Se mencionan a continuación los distintos tipos de tubería que se encuentran en el mercado y el coeficiente de fricción C que corresponde a cada una de ellas:

**HG:** es una tubería de costo relativamente elevado, pero posee la ventaja que puede instalarse en terrenos rocosos y por tanto puede instalarse sobre el terreno en forma expuesta, además este tipo de tubería soporta presiones hidráulicas de trabajo superiores a las tuberías de PVC. Su coeficiente de fricción C es igual a 100.

**HF:** las características de esta tubería son similares a las de la tubería HG. Su coeficiente de fricción C es igual a 100.

**PVC:** (Cloruro de Polivinilo) este tipo de tubería es la de común uso en los sistemas de agua potable, ya que presentan ventajas que las tuberías fabricadas a base de acero (HG y HF) no poseen: la economía relativa que posee, el fácil manejo e instalación y la poca fricción que provocan sus paredes internas. Lamentablemente su instalación debe ser subterránea, es decir que debe colocarse dentro de un zanjado, ya que si se dejase expuesta los elementos, en especial el sol, cristalizan sus componentes perdiendo entonces su resistencia a

presiones hidráulicas a las cuales fueron diseñadas. Su coeficiente de fricción C es igual a 150.

Un diseño ventajoso es aquel que logra la utilización del material apropiado, aprovechando al máximo sus características. Esta condición de diseño económico-funcional, puede lograrse si se utiliza la tubería correcta para cada condición de trabajo, pues puede soportar presiones internas, por lo que es conveniente conocer y clasificar las distintas clases de tubería en función de la presión de trabajo. Por lo que es conveniente conocer y clasificar las distintas clases de tubería en función de la presión de trabajo, los costos de las tuberías de un mismo material se incrementan en función de la clase como consecuencia del mayor espesor, esto induce a seleccionar cada clase aprovechando al máximo la capacidad de trabajo utilizando diversas clases, cuando las condiciones de funcionamiento hidráulico del sistema de agua, imponga presiones diferentes a lo largo del mismo. Los coeficientes de fricción C presentados anteriormente, son aplicables cuando se usa la fórmula de Hazen-Williams, de lo contrario usar su equivalente en otras fórmulas.

### **3.5 Topografía**

Esta disciplina se ha definido, tradicionalmente, como la ciencia y el arte de determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de la misma, o de situar tales puntos. Existen variedad de métodos utilizados para reunir y procesar información, acerca de partes físicas de la tierra y sus alrededores, entre los cuales, los sistemas ordinarios de medición sobre el terreno, son los de uso más frecuente. Con los datos tomados sobre el terreno y aplicando procedimientos matemáticos, se calculan: distancias, áreas o volúmenes, según lo requerido en cada caso.

En general, el trabajo de topografía puede dividirse en cinco partes:

**a) Toma de decisiones.** Selección del método de levantamiento, del instrumental, de la ubicación más probable de vértices, etc.

**b) Trabajo de campo o adquisición de datos.** Realización de mediciones y registro de datos en el campo.

**c) Cálculo o procesamiento de los datos obtenidos.** Elaboración de cálculos, con base a datos registrados, para determinar ubicaciones, áreas, volúmenes, etc.

**d) Elaboración de planos o mapas.** Es la representación gráfica de los datos. Dibujo o representación de las medidas para obtener un plano, un mapa o un gráfico, etc.

**e) Señalamiento.** Colocación de señales (mojones y estacas) para delinear o marcar linderos, o bien, guiar trabajos de construcción.

El equipo de topografía necesario para realizar el levantamiento de un proyecto de agua potable es el siguiente:

- Teodolito
- Trípode
- Estadía
- Jalones
- Plomadas de bronce
- Cinta métrica (metálica)

La topografía puede dividirse en dos grandes ramas que son: planimetría y altimetría, los cuales se describen a continuación.

### **3.5.1 Planimetría**

En esta rama, excepto en lo que respecta a nivelación, se supone que la base de referencia para el trabajo de campo y los cálculos es una superficie plana horizontal, por tanto su finalidad es la de proporcionar información de la localización de diferentes puntos en un plano cartesiano.

### **3.5.2 Altimetría**

Son procedimientos utilizados para determinar elevaciones o niveles de puntos, o bien, diferencia de elevación o desniveles, es una operación vital para obtener los datos necesarios, en la elaboración de mapas o planos de configuración, y en proyectos de obras de ingeniería y de construcción.

### **3.5.3 Métodos y cálculos**

Para los levantamientos topográficos que fundamentan un proyecto de agua potable, se consideran ciertos métodos de campo como también los cálculos que en gabinete deben realizarse para finalizar con los planos de configuración. A continuación se presentan los métodos utilizados para este tipo de trabajos así como los cálculos necesarios al caso:

***Nivelación taquimétrica:*** se realiza utilizando un teodolito y una estadía. Este método permite obtener grandes distancias y alturas, dado que existe un movimiento vertical y no en el diferencial, es menos exacto que el

diferencial, por ser un método que se calcula por relación de triángulos. Las fórmulas utilizadas en este método se presentan a continuación:

$$DA = C * L * \text{Sen}^2 \beta$$

Donde: DA, es la diferencia de altura en metros; C es una constante igual a 100; L, es la diferencia de hilos; y  $\beta$  es el ángulo vertical proporcionado por el aparato.

**Métodos de medición de distancias:** existen dos métodos de medición, a través de cinta y a través de estadia. Este último es el de uso común, y es llamado método taquimétrico, el cual utiliza una estadia y un teodolito o nivel que sirven para observar los tres hilos que enfoca el lente del aparato utilizado. La distancia se determina por una relación de triángulos semejantes y utilizando la siguiente fórmula:

$$dH = C * L * \text{Cos}^2 \beta$$

Donde: dH, es la distancia horizontal en metros; C es una constante igual a 100; L, es la diferencia de hilos, cuyos valores se determinan a través de la lectura con el aparato de la estadia; y  $\beta$  es el ángulo vertical proporcionado por el aparato.

## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

En base a lo expuesto en los capítulos anteriores en donde se enumeraron las diferentes fases a cubrir durante el desarrollo del proyecto; se presenta a continuación el trabajo realizado para llevar a cabo el mismo.

### 4.1 Fuentes de agua disponibles

El caserío Cerro Gordo posee pocas fuentes de agua disponible para el servicio de la población, por lo que las fuentes que se tomarán en cuenta para el desarrollo del proyecto serán dos. Estas fuentes en la actualidad son pequeñas, pero poseen la característica que el caudal en época de verano no disminuye, es decir, que se ha tenido un flujo constante durante los años en la época en mención; al contrario en época de invierno, donde el caudal aumenta considerablemente.

Una de las fuentes disponibles, que será llamada **fuentes 1**, se encuentra a 2 kilómetros del caserío. Ésta fuente se encuentra dentro de una finca privada y que ha sido cedida para su captación. Actualmente un pequeño porcentaje del total del caudal es aprovechado solamente para el riego de una plantación de tomate, perteneciente al guardián de la finca, el resto del caudal se desperdicia. La fuente posee una cantidad de vegetación que permite que la misma esté protegida, además no existe contacto de la fuente con animales de granja o similares y no existen viviendas cerca que contaminen la fuente.

La decisión que se tomó al escoger esta fuente, se basó en que existe un porcentaje de la población que se encuentra a un nivel topográfico más alto respecto al resto del mismo; además la última vivienda que será beneficiada se encuentra a una distancia considerable, por tanto la fuente 1 cumple con los niveles topográficos necesarios y el caudal que servirá para un porcentaje del total de las viviendas que se encuentran a niveles topográficos más altos respecto a otras viviendas.

Otra fuente que será tomada, será llamada **fuentes 2**. Esta fuente se encuentra más cercana a la comunidad, aproximadamente 500 metros de la misma. Esta fuente a pesar de la cercanía con la comunidad, se encuentra dentro de un terreno privado. La fuente posee abundante vegetación que permite la protección a la misma. Además el caudal que produce cumple con las necesidades que la comunidad posee. Una de estas necesidades es que el otro porcentaje del total de las viviendas se encuentra en niveles topográficos más bajos de la comunidad, y además, que el caudal que produce la fuente 1 no es suficiente para toda la comunidad, por lo que la misma suplirá la necesidad de las viviendas con niveles topográficos bajos.

## **4.2 Aforo de las fuentes**

El aforo fue realizado en compañía del técnico de la O.P.M. de la municipalidad de Morazán, El Progreso. Los datos obtenidos se presentan a continuación.

La visita a la **fuentes 1** de Cerro Gordo fue hecha el día 9 de marzo de 2004; se procedió a realizar dos aforos para determinar un caudal promedio entre los dos aforos, los resultados de los aforos son los siguientes:

### Aforo 1.

AFORO NO. 1		Hora 11:30 AM	
LUGAR: fuente 1 montaña Cerro Gordo.			
<b>Volumen</b>		<b>Tiempo (s)</b>	
Recipiente de 5 GAL, o 18.9 L.		60	
		56	
		55	
Tiempo promedio (segundos)		57	
Caudal promedio (L/s)		<b>0.34</b>	
Caudal promedio (GPM)		<b>5.40</b>	

### Aforo 2.

AFORO NO. 2		Hora 12:00 AM	
LUGAR: fuente 1 montaña Cerro Gordo			
<b>Volumen</b>		<b>Tiempo (s)</b>	
Recipiente de 5 GAL, o 18.9 L.		55	
		55	
		55	
Tiempo promedio (segundos)		55	
Caudal promedio (L/s)		<b>0.35</b>	
Caudal promedio (GPM)		<b>5.56</b>	

Por tanto se tiene entre los dos aforos un caudal promedio de **0.345 L/s.**

El aforo a la **fuentes 2**, fue realizado el día 16 de marzo de 2004; los resultados fueron los siguientes:

### Aforo 1.

AFORO NO. 1	Hora 3:50 PM
LUGAR: fuente 2, Cerro Gordo.	

Volumen	Tiempo (s)
Recipiente de 5 gal, o 18.9 L.	34
	35
	35
Tiempo promedio (segundos)	34.67
Caudal promedio (L/s)	<b>0.55</b>
Caudal promedio (GPM)	<b>8.74</b>

El caudal es de **0.55 L/s**.

Los resultados proporcionados dan un porcentaje de confiabilidad alto, debido a la época en que fueron realizados.

### 4.3 Calidad del agua

Los exámenes que se practicaron a las fuentes estuvieron a cargo del centro de salud del municipio de Morazán, las cuales fueron solicitadas a inicio del mes de abril y cuyos resultados son presentados en el anexo A. Se presenta a continuación la reseña de los resultados de los exámenes:

#### **Fuente 1:**

- Color: claro
- Aspecto: incoloro
- Investigación del grupo coliformes: número de coliformes: 0; número de coliformes por cada 100 mL: 0; tiempo de Incubación: 24 horas.
- Observaciones: agua al momento de su análisis sin cloro residual.

- Conclusiones: agua apta para el consumo humano.
- Recomendaciones: mantener vigilado el sistema de agua, y realizar desinfecciones cada tres meses; educar a la población para que utilice correctamente el agua para su consumo.

***Fuente 2:***

- Color: claro.
- Aspecto: incoloro.
- Investigación del grupo coliformes: número de coliformes: 16; número de coliformes por cada 100 mL: 16; tiempo de incubación: 24 horas.
- Observaciones: agua al momento de su análisis sin cloro residual.
- Conclusiones: agua apta para el consumo humano.
- Recomendaciones: educar a la población para que hierva o clore el agua para el consumo humano; mantener vigilado el sistema de agua, y realizar desinfecciones cada tres meses.

#### **4.4 Condición de los terrenos. Derechos de paso**

Los derechos de paso obtenidos para que el todo el sistema de agua potable están ya acordados entre la comunidad y los dueños correspondientes de los terrenos por los cuales atravesará el mismo. Son dos los dueños que permitieron el paso del sistema, el primero corresponde a la propietaria de la finca Vista Hermosa que permite que la **línea de conducción 1** llegue hasta el terreno del segundo propietario; además la Fuente 1 se encuentra dentro de la finca, que fue cedida por la propietaria. El segundo propietario corresponde al terreno que se encuentra más cercano al Caserío, y es el último terreno por el cual la línea atravesará hasta llegar al **tanque de distribución 1** y luego al

caserío. Además es en el terreno del segundo propietario donde se encuentra la **fuerza 2**, iniciará la **línea de conducción 2** y donde se construirá el **tanque de distribución 2**. Por tanto todo el sistema cuenta con los permisos por escrito correspondientes y que permitirán el paso sin ningún tipo de conflictos futuros de las líneas de conducción.

## **4.5 Levantamiento topográfico**

Debido a que las viviendas del caserío se encuentran dispersas, a la topografía del terreno y por tratarse de un estudio para un acueducto rural, fue necesario realizar el levantamiento topográfico por poligonal abierta.

### **4.5.1 Planimetría**

Debido a que el terreno lo permite, se pudieron cubrir grandes distancias con pocos puntos o estacionamientos. Los ángulos y direcciones horizontales fueron medidos a través del método de conservación de azimut.

### **4.5.2 Altimetría**

Para la medición de niveles se utilizó la lectura de hilos y estadal. Y realizando los cálculos con los datos obtenidos se puede determinar los niveles de cada punto observado.

### **4.5.3 Medición de distancias horizontales**

Para la medición de las distancias horizontales se utilizó el método taquimétrico que se realiza a través de la observación de los hilos del teodolito

y de las marcas del estadal y la aplicación de una fórmula matemática que relaciona todos los datos obtenidos con las lecturas.

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- 1 teodolito.
- 1 trípode.
- 1 estadal de 4 metros.
- 1 cinta métrica metálica de 50 metros.
- 2 plomadas de bronce.

#### **4.5.4 Dibujo topográfico**

Con la información obtenida en el campo, las notas tomadas durante el levantamiento y los métodos empleados en el levantamiento topográfico, se procedió a ordenar y calcular dicha información a través de una hoja de cálculo programada en el paquete de computadora Excel, tomando en cuenta las fórmulas topográficas necesarias al caso. En esta hoja de cálculo se tomó en cuenta relacionar toda la información de modo que trabajara como un conjunto, colocando independencias de valores que permitan cálculos rápidos y que de ser necesarios los cambios en los valores permita que la relación de valores se mantenga.

Posteriormente a los cálculos realizados se procedió al dibujo topográfico para todo el proyecto. El resumen de la libreta topográfica, los cálculos topográficos y planos correspondientes se presentan en el anexo A de este trabajo de graduación.

## **4.6 Diseño hidráulico**

A continuación se presentan los parámetros y criterios aplicados en el diseño, describiendo cada uno de ellos.

### **4.6.1 Período de diseño**

Instituciones como la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales) y dependencias del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, recomiendan un período de diseño de 20 años; pero además es importante tomar en cuenta factores como el acceso de la población, el crecimiento poblacional, el financiamiento, economía, calidad de instalaciones o la posibilidad de ampliación. Por tanto, para este proyecto se aplicará el criterio de un período de 20 años.

### **4.6.2 Crecimiento de la población**

La información sobre el crecimiento poblacional del caserío Cerro Gordo en la Oficina de Planificación Municipal fue determinada a través de dos fuentes, un banco de datos proporcionados por un censo realizado por el MINEDUC (Ministerio de Educación) el 31 de octubre del año 2002, un censo realizado por los miembros de la O.P.M. en el año 2003 y un último censo realizado en el año 2004.

El censo realizado por el MINEDUC (Ministerio de Educación) el 31 de octubre de 2002 con una cantidad de 138 habitantes; el censo realizado por la Oficina de Planificación Municipal fue realizada en junio del año 2003 dando como resultado una cantidad de 149 habitantes; y por último el censo realizado en febrero del año 2004 como parte del proceso de solicitud de la

población para el sistema de agua potable, el cual dio como resultado un total de 180 habitantes.

**Tabla X. Poblaciones anuales caserío Cerro Gordo, Morazán, El Progreso.**

<b>Año</b>	<b>Cantidad</b>
2002	138
2003	149
2004	180

Fuente: Censo MINEDUC (Ministerio de Educación).

Con los datos que se tienen de estos censos se procedió a calcular la tasa de crecimiento poblacional (r):

$$r_1 = \left[ \frac{P_2}{P_1} \right]^{\left[ \frac{1}{T_2 - T_1} \right]}$$

$$= \left[ \frac{149}{138} \right]^{\left[ \frac{1}{2003 - 2002} \right]}$$

$$r_1 = 1.08\%$$

$$r_2 = \left[ \frac{P_2}{P_1} \right]^{\left[ \frac{1}{T_2 - T_1} \right]}$$

$$= \left[ \frac{180}{149} \right]^{\left[ \frac{1}{2004 - 2003} \right]}$$

$$r_1 = 1.20\%$$

Realizando un promedio entre  $r_1$  y  $r_2$ , se obtiene un  $r$  de 1.14%, que será el porcentaje que se utilizará para el cálculo de la población futura. Debido a que el crecimiento poblacional es constante y sin variaciones y a que las estadísticas para el caserío Cerro Gordo presentan una población mayor de ladinos, se decidió utilizar el método geométrico. El método geométrico se aplica a poblaciones en vías de desarrollo. Por tanto, para calcular la población futura ( $P_f$ ) se utilizará el método geométrico:

$$P_f = P_a * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

$$P_f = 180 * \left(1 + \frac{1.14}{100}\right)^{20}$$

$$P_f = 225 \text{ Hab.}$$

Por tanto y en base a los datos obtenidos se estima que la población será de 225 habitantes en el año 2024.

#### **4.6.3 Dotación de agua**

Dadas las condiciones socio-económicas, culturales y ambientales que presenta el caserío, se consideró como adecuada la dotación de 90 L/hab/día.

#### **4.6.4 Caudales de diseño**

##### **4.6.4.1 Caudal medio diario**

$$Q_m = \frac{P_f * \text{Dotación}}{86,400}$$

$$= \frac{225 * 90}{86,400}$$

$$Q_m = 0.23 \text{ L/s}$$

#### 4.6.4.2 Caudal máximo diario

El factor de día máximo que se asumirá será determinado en función del tamaño de la población y a la capacidad de las fuentes de abastecimiento. Se asumirá un factor de 1.40.

$$Q_{md} = \text{FDM} * Q_m$$

$$= 1.40 * 0.23$$

$$Q_{md} = 0.32 \text{ L/s}$$

Este valor se compara con los valores de caudal obtenidos en los aforos realizados en las fuentes, para determinar si los mismos cumplen con la cantidad de agua que la población consumirá.

Comparación con la fuente 1:

$$Q_{md} \leq \text{Aforo}$$

$$0.32 \text{ L / s} \leq 0.35 \text{ L/s}$$

Por tanto la fuente 1 produce la cantidad de agua suficiente (aún en verano), para abastecer a la población.

Comparación con la fuente 2:

$$Q_{md} \leq \text{Aforo}$$
$$0.32 \text{ L/s} \leq 0.55 \text{ L/s}$$

Por tanto la fuente 2 produce la cantidad de agua suficiente, para abastecer a la población.

#### 4.6.4.3 Caudal máximo horario

Para el cálculo del caudal máximo horario se asumirá un factor de hora máxima de 2.2.

$$Q_{mh} = \text{FHM} * Q_m$$
$$= 2.20 * 0.23$$
$$Q_{mh} = 0.51 \text{ L/s}$$

#### 4.6.4.4 Factor de gasto

La fórmula que se utilizará para el cálculo del factor de gasto se presenta a continuación:

$$Q_{viv} = \frac{Q_{mh}}{\text{No. Viviendas}}$$

A este factor se le llamará caudal de vivienda ( $Q_{viv}$ ); este caudal de vivienda será diferente para cada uno de los sistemas, esto debido a que las mismas serán configuradas y adecuadas a la densidad de

vivienda y a los niveles topográficos que cada una de las viviendas tengan.

A continuación se procederá a calcular el caudal de vivienda 1:

$$\begin{aligned} Q_{viv1} &= \frac{Q_{mh}}{\text{No. Viviendas}} \\ &= \frac{0.51}{30} \\ Q_{viv1} &= 0.017 \text{ L/s/viv} \end{aligned}$$

Luego el caudal de vivienda 2:

$$\begin{aligned} Q_{viv2} &= \frac{Q_{mh}}{\text{No. Viviendas}} \\ &= \frac{0.51}{28} \\ Q_{viv2} &= 0.0182 \text{ L/s/viv} \end{aligned}$$

## 4.7 Obras de captación

Se construirán obras de captación, para cada una de las fuentes. Estas captaciones y sus configuraciones se presentan en el juego de planos del proyecto. Se describe a continuación sus constituciones: para la fuente 1 se considerará una captación superficial que permita que los brotes sean conducidos hacia una caja de captación, sea filtrada el agua y luego conducida hacia la línea de conducción 1; para la fuente 2, se considerará un muro, capa filtrante y sello sanitario, de acuerdo con el modelo específico para fuentes de ladera concentrada.

## 4.8 Líneas de conducción

En el diseño y cálculo de la línea de conducción, se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, para conductos circulares a presión. A continuación se presenta la fórmula matemática a utilizar:

$$H_f = \frac{1743.81141 L Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

La longitud de diseño de toda la tubería, se incrementó en un porcentaje variable del 3% al 5%, a la longitud horizontal, considerándolo como un factor de seguridad por la pendiente del terreno y las condiciones de accesibilidad, en el momento de ejecutar el proyecto. Además para ambas líneas de conducción se utilizará tubería de PVC de 160 PSI.

A continuación se presenta un ejemplo de diseño para un tramo en la línea de conducción 1; los resultados de los siguientes tramos, tanto para la línea de conducción 1 y 2, se obtienen de la misma forma que el procedimiento que a continuación se presenta.

### **Tramo E'1 a E0:**

En la E'1 se construirá una caja de captación 1, y continúa la línea de conducción a E0:

$$H_{Disponible} = CT_{Inicio} - CT_{Final}$$

$$H_{Disponible} = 1001.36 - 1000.00$$

$$H_{Disponible} = 1.36m$$

Despejando D (diámetro) de la fórmula de Hazen-Williams y sustituyendo los valores, con longitud L de 30.061 metros y un caudal de diseño (Q) de 0.32 L/s, se obtiene:

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.81141 (30.061)(0.32)^{1.85}}{50.941(150)^{1.85}}}$$

Realizando la operación matemática se obtienen el diámetro equivalente ( $D_{eq}$ ):

$$D_{eq} = 0.85''$$

Comparando el diámetro obtenido con los diámetros comerciales existentes, resulta:

$$D_{comercial\ 2} < 0.85'' < D_{comercial\ 1}$$

$$3/4'' < 0.85'' < 1''$$

Por tanto se utilizará el diámetro de 1" y su correspondiente diámetro interno. Al establecer los diámetros comerciales, se procede a calcular la pérdida que genera según las fórmulas establecidas en el capítulo 3, apartado 3.4.8:

$$h_{f1} = \frac{1743.81141 (30.061)(0.32)^{1.85}}{(150)^{1.85} (1.195)^{4.87}}$$

$$h_{f1} = 0.252 \text{ m}$$

A continuación, se utilizan la fórmula para el cálculo de la velocidad, a la que viajará el agua por la línea de conducción y establecer si la misma se encuentra dentro de los parámetros de velocidad permisibles establecidos en el capítulo 3, apartado 3.4.8:

$$V_1 = \frac{1.974 Q}{D^2}$$

Sustituyendo valores en la fórmula se obtiene:

$$V_1 = \frac{1.974(0.32)}{1.195^2} = 0.442 m/s$$

Las velocidades se encuentran dentro de los parámetros establecidos, por tanto las tuberías con diámetro  $D_1$ , cumplen con los requisitos de diseño. Luego se procede a calcular las cotas piezométricas y las presiones dinámicas y estáticas para el tramo a calcular; esto se lleva a cabo con los criterios establecidos en el Capítulo III apartados 3.4.8.1 y 3.4.8.2.

$$CP_{Entrada} = CT_{Inicio}$$

$$CP_{Entrada} = 1001.36m$$

Luego se calcula la cota piezométrica de salida:

$$CP_{Salida} = CP_{Entrada} - h_{f1}$$

$$CP_{Salida} = 1001.36 - 0.252$$

$$CP_{Salida} = 1001.108m$$

Para el siguiente tramo esta  $CP_{Salida}$ , será la  $CP_{Entrada}$  para ese mismo tramo, y así sucesivamente, es decir:

$$CP_{Entrada 2} = CP_{Salida}$$

Las presiones dinámicas y estáticas se calculan a continuación:

$$P_{Estática} = CT_{Inicio} - CT_{Final}$$

$$P_{Estática} = 1001.36 - 1000.00$$

$$P_{Estática} = 1.36m$$

Para las  $P_{Estática}$  de los siguientes tramos, la  $CT_{Inicio}$  será la misma, mientras que la  $CT_{Final}$ , cambiará según sea el tramo, hasta llegar a una caja rompe presión o el tanque de distribución.

$$P_{Dinámica} = CP_{Salida} - CT_{Final}$$

$$P_{Dinámica} = 1001.108 - 1000.00$$

$$P_{Dinámica} = 1.108m$$

Los siguientes tramos de la línea de conducción 1, y la línea de conducción 2, fue diseñada según estos cálculos y en base a una hoja de cálculo del paquete de software de Excel; se presentan los resultados en la tabla XI y XII, respectivamente.

Para la línea de conducción 1 y 2 se utilizará, en resumen, tubería de diámetro de 1" de PVC de 160 PSI: desde la estación E'1 al tanque de distribución 1, y desde la estación E 0A hasta el tanque de distribución 2.

**Tabla XI. Diseño hidráulico línea de conducción 1.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E'1	E0	1001.36	1000.00	30.06	30.06	0.32	PVC 160	1 "	0.252	1001.11	0.44	1.36	1.93	1.11	1.57
E0	E1	1000.00	999.02	57.29	59.01	0.32	PVC 160	1 "	0.495	1000.61	0.44	2.34	3.32	1.59	2.26
E1	E2	999.02	991.77	79.01	81.38	0.32	PVC 160	1 "	0.682	999.93	0.44	9.59	13.63	8.16	11.60
E2	E3	991.77	990.66	113.80	117.78	0.32	PVC 160	1 "	0.988	998.94	0.44	10.70	15.21	8.28	11.78
E3	E4	990.66	989.16	96.99	101.84	0.32	PVC 160	1 "	0.854	998.09	0.44	12.19	17.34	8.92	12.69
E4	E5	989.16	950.42	156.95	164.80	0.32	PVC 160	1 "	1.382	996.71	0.44	50.94	72.43	46.29	65.81
E5	E6	950.42	911.89	220.36	242.39	0.32	PVC 160	1 "	2.032	948.39	0.44	38.53	54.78	36.50	51.89
E6	E7	911.89	909.44	67.65	69.67	0.32	PVC 160	1 "	0.584	947.80	0.44	40.98	58.27	38.37	54.55
E7	E8	909.44	909.28	32.00	33.12	0.32	PVC 160	1 "	0.278	947.53	0.44	41.14	58.49	38.24	54.37
E8	E9	909.28	908.96	25.28	26.17	0.32	PVC 160	1 "	0.219	947.31	0.44	41.46	58.95	38.35	54.52
E9	E10	908.96	895.87	89.33	92.46	0.32	PVC 160	1 "	0.775	946.53	0.44	54.55	77.56	50.66	72.03
E10	E11	895.87	892.71	107.86	112.17	0.32	PVC 160	1 "	0.940	945.59	0.44	57.71	82.05	52.88	75.19
E11	E12	892.71	899.61	54.20	56.37	0.32	PVC 160	1 "	0.473	945.12	0.44	50.81	72.24	45.51	64.70
E12	E13	899.61	902.49	30.99	32.08	0.32	PVC 160	1 "	0.269	944.85	0.44	47.93	68.15	42.36	60.23
E13	E14	902.49	907.47	74.35	76.95	0.32	PVC 160	1 "	0.645	944.20	0.44	42.95	61.07	36.73	52.23
E14	E15	907.47	907.97	81.50	84.76	0.32	PVC 160	1 "	0.711	943.49	0.44	42.45	60.36	35.52	50.51
E15	E16	907.97	902.74	58.44	60.48	0.32	PVC 160	1 "	0.507	942.99	0.44	47.68	67.79	40.25	57.22
E16	E17	902.74	909.16	62.42	64.61	0.32	PVC 160	1 "	0.542	942.44	0.44	41.26	58.66	33.28	47.32
E17	E18	909.16	901.57	90.87	94.50	0.32	PVC 160	1 "	0.792	941.65	0.44	48.85	69.45	40.08	56.99
E18	E19	901.57	899.59	103.28	107.41	0.32	PVC 160	1 "	0.901	940.75	0.44	50.83	72.27	41.16	58.52
E19	E20	899.59	909.67	40.14	41.75	0.32	PVC 160	1 "	0.350	940.40	0.44	40.75	57.94	30.73	43.69

**Tabla XII. Diseño hidráulico línea de conducción 2.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E0A	E1A	889.40	886.33	42.25	42.25	0.3200	PVC 160	1 "	0.354	889.05	0.44	3.07	4.36	2.72	3.86
E1A	E2A	886.33	883.71	32.85	32.85	0.3200	PVC 160	1 "	0.275	888.77	0.44	5.69	8.09	5.06	7.19

## 4.9 Caja distribuidora de caudales

El proyecto necesita distribuir agua a una residencia privada que se encuentra antes de que la línea de conducción llegue al tanque de distribución 1. Este acuerdo fue realizado entre la municipalidad de Morazán y el propietario del terreno, quien cedió la fuente 2 y un área para la construcción del tanque de distribución 1. Para distribuir equitativamente el caudal se utilizó un vertedero triangular y con ángulo de  $90^\circ$  diseñado con la fórmula de Thomsom

$$Q = 1.41 h^{5/2}$$

Con  $Q=0.32$  L/s, se calcula el  $h$  o tirante de agua que llevará este caudal.

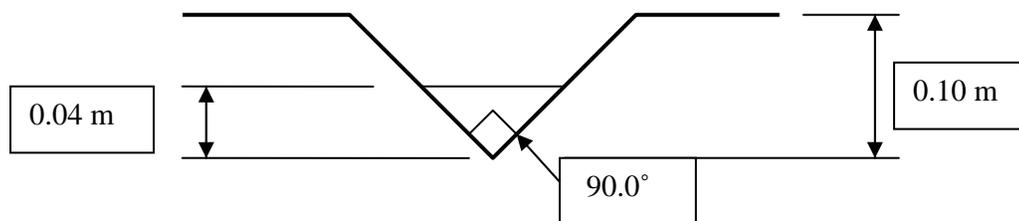
$$h = \left( \frac{Q}{1000} \right)^{2/5}$$

$$h = \left( \frac{0.32}{1000} \right)^{2/5}$$

$$h = 0.04$$

Por tanto se diseñará el vertedero triangular con 0.10 m de tirante máximo.

Figura 1. Diagrama de vertedero triangular: tirante menor de 0.04 m y tirante mayor de 0.10 m



## 4.10 Tanques de distribución

### 4.10.1 Determinación de volúmenes

Los volúmenes de los tanques de distribución se calcularán a través de la fórmula establecida en el capítulo 3, apartado 3.4.9, literal a, fórmula en la que hay que establecer el porcentaje de volumen, para este proyecto se estimó el 27% del caudal medio diario.

$$V = \frac{(0.27)(90)(225)}{1000}$$

$$V = 5.47 \text{ m}^3$$

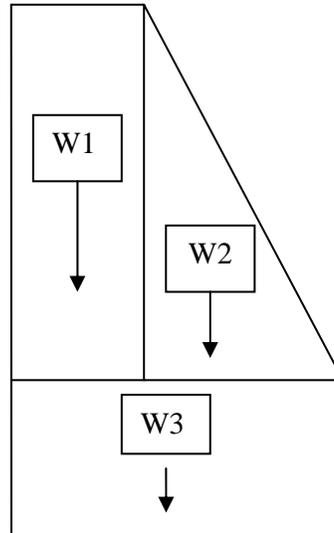
Aproximando el valor  $V$ , y tomando en cuenta que este valor corresponde a un período de vida útil de 20 años, se propone un volumen de tanque de  $10 \text{ m}^3$  de volumen con el fin de que el tanque sea útil después del período de 20 años. Ambos tanques, tanque 1 correspondiente al sistema de agua potable 1 y el tanque 2 correspondiente al sistema de agua potable 2, tendrán la capacidad calculada anteriormente.

### 4.10.2 Diseño estructural de los tanques

Se presenta a continuación el diseño estructural para los tanques de  $10 \text{ m}^3$  para los cuales se asumirán dimensiones preliminares, y se verificará si cumplen con los parámetros estructurales. Se tomaron en cuenta los siguientes datos: peso específico concreto ( $2400 \text{ Kg/m}^3$ ) y peso específico del agua ( $1000 \text{ Kg/m}^3$ ); además  $H$ , es la altura que tendrá el muro del tanque.

- **Cálculo de pesos totales**

Figura 2. Distribución de pesos para el muro del tanque de distribución.



$$W_1 = 1.50(0.60)(2400) = 2160 \text{ kgs}$$

$$W_2 = 0.5(0.6)(1.50)(2400) = 1080 \text{ kgs}$$

$$W_3 = 1.20(0.40)(2400) = 1152 \text{ kgs}$$

$$W_{\text{Losa +VigaP}} = 350 \text{ kgs}$$

$$W_{\text{Total}} = 4742.00 \text{ kgs}$$

- **Fuerza hidrostática.**

$$A = B \left( \frac{H}{2} \right) \quad \text{Donde} \quad B = JH$$

$$A = JH \left( \frac{H}{2} \right)$$

$$A = J \left( \frac{H^2}{2} \right)$$

Donde J es el peso específico del agua:

$$A = F = 1000 \text{ kg} / m^3 \left( \frac{1.50^2}{2} \right)$$

$$A = F = 1125 .00 \text{ Kg}$$

- **Momento estabilizante.**

$$\Sigma M_o = 0 +$$

$$W_{Total} * S = (W_{Losa} + W_1) * l_1 + W_2 * l_2 + W_3 * l_3$$

$$4742 .00 S = (2510 .00)(0.90)$$

$$+ (1080 .00)(0.40)$$

$$+ (1152 .00)(0.60)$$

$$4742 .00 S = 3382 .20$$

$$S = \frac{3382 .20}{4742 .00}$$

$$S = 0.71m$$

- **Momento estabilizante.**

$$M_{Est} = W_{Total} * S$$

$$M_{Est} = 4742 .00 (0.71)$$

$$M_{Est} = 3366 .82 \text{ Kg} - m$$

- **Momento de volteo.**

$$M_{Volteo} = F * \left( \frac{H}{3} + 0.4 \right)$$

$$M_{Volteo} = 1125 .00 \left( \frac{1.50}{3} + 0.4 \right)$$

$$M_{Volteo} = 1012.50 \text{ Kg} - m$$

Según el ACI, el momento de volteo debe aumentar el 20%, por tanto:

$$M_{Volteo} = 1.20(1012.50)$$

$$M_{Volteo} = 1215.00 \text{ kg} - m$$

- **Verificación de valores obtenidos con parámetros.**

Se deben verificar tres parámetros, éstos son los siguientes:

**a) Volteo:**

$$Volteo = \frac{M_{Est}}{M_{Volteo}} > 1.50$$

$$Volteo = \frac{3366.82}{1215.00} > 1.50$$

$$Volteo = 2.77 > 1.50$$

**b) Deslizamiento:**

$$Des = \frac{W_{Total}}{F} > 1.50$$

$$Des = \frac{4742.00}{1125.00} > 1.50$$

$$Des = 4.22 > 1.50$$

**c) Presión:**

$$a = \left( \frac{M_{Est} - M_{Volteo}}{W_{Total}} \right)$$

$$a = \left( \frac{3366.82 - 1215.00}{4742.00} \right)$$

$$a = 0.45 \text{ m}$$

$$\frac{b}{3} = \frac{1.20}{3} < a$$

$$\frac{b}{3} = 0.40 < 0.45$$

Se encuentra dentro del tercio medio.

$$e = \frac{b}{2} - a$$

$$e = \frac{1.20}{2} - 0.45$$

$$e = 0.15 \text{ m}$$

$$P = \left( \frac{W_{Total}}{A} \right) \left( 1 \pm \frac{e}{b} \right)$$

$$P = \left( \frac{4742.00}{1125} \right) \left( 1 \pm \frac{0.15}{1.20} \right)$$

$$P_1 = 4.72 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$P_2 = 3.69 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Estos valores se comparan con el valor soporte:

$$V_{Soporte} = 20 \text{ T} / \text{m}^2$$

$$P_1 < V_{Soporte}$$

$$4.72 < V_{Soporte}$$

El valor se encuentra dentro de los parámetros.

$$P_2 > 0$$

$$3.69 > 0$$

El valor se encuentra dentro de los parámetros.

El muro con altura (H) de 1.50 m y de base (B) de 1.20 m, cumplen con los parámetros estructurales básicos.

## 4.11 Sistemas de desinfección

Según se planteó en el capítulo 3 sección 3.3.5, los sistemas de abastecimiento del caserío Cerro Gordo, tendrán un sistema de desinfección. Este sistema de será relativamente sencillo y funcional; cada uno de los tanques de distribución tendrán su propio hipoclorador tipo EMPAGUA (Empresa Municipal de Agua de Guatemala).

1. **Materiales:** entre los materiales a utilizar estarán, un tinaco Rotoplast de 750 litros de capacidad. El volumen del tinaco fue determinada en función del caudal de conducción calculado para el sistema que fue de 0.32 L/s; para caudales menores a 2 L/s es necesario un tinaco del volumen en mención.

El dosificador está formado por un niple de tubo PVC de 2" de diámetro y de 15 cm de largo. En cada extremo del niple de PVC, se coloca un tapón hembra PVC del mismo diámetro. Al tapón hembra de la parte superior, se le perfora un agujero en el centro de ¼" de diámetro, que es por donde pasará el tornillo de plástico que sujetará el niple con el flotador. Al tapón hembra en la parte inferior, se le abre a un costado una ranura dosificadora de 1 cm de ancho por 2" aproximadamente de largo; así como también se le perfora un agujero en el centro de ¼" de diámetro para colocar y pegar con silicón la manguera flexible para que pase la solución hacia el tanque de distribución. Al niple se le perforan de 2 a 4 agujeros de ¼", de manera que al colocar el tapón hembra con la ranura dosificadora, queden los agujeros al centro de la misma y para que la solución pase sin obstáculos.

Estos agujeros sirven para variar la dosificación a través del caudal que se logre con cada uno de los mismos.

El flotador consiste en un plato hermético de plástico (marca Guateplast) de aproximadamente 24.5 cm de diámetro, al cual se le coloca adentro dos círculos de duroport de ½” de espesor para mayor flotabilidad. Este elemento se adhiere por el centro al dosificador a través de uniones con silicón transparente marca Sista (Henkel), así como también la tapadera del plato hermético.

**2. Preparación de solución:** para cada sistema de abastecimiento se necesitará 55.30 L/día de hipoclorito líquido a un 70%, por tanto la preparación de soluciones de hipoclorito de calcio debe hacerse en forma separada, utilizando para ello un recipiente limpio de 5 galones de capacidad y lleno de agua, se agregan 2 libras de hipoclorito (para un volumen de solución de 600 galones); la mezcla recomendada anteriormente, será de hipoclorito de calcio al 70%. Seguidamente, con una paleta, se procede a remover la solución, con el objeto de que ésta se diluya correctamente. Luego se deja en reposo por espacio de una hora y media, para que sedimente la parte inerte que puede causar obstrucciones. Clorificada la solución, se vacía dentro del tinaco, previamente lleno de agua. La solución debe estar en contacto con el agua de los tanques de distribución, por un período de dos horas antes de que circule por las redes de distribución (este tiempo de espera será únicamente cuando se inicia el proceso de cloración).

**3. Aplicación de solución y ubicación del hipoclorador:** la caída de la solución de hipoclorito al tanque deberá ser normal a la

entrada de agua procedente de la línea de conducción, es decir, que la solución procedente de la manguera flexible del dosificador deberá caer perpendicularmente sobre el chorro de agua para lograr una mezcla en un tiempo relativamente corto. La ubicación del hipoclorador podrá ser encima de la losa del tanque de distribución (por accesibilidad y fácil manejo).

En las figuras del anexo B se presenta en detalle el dosificador y la instalación del hipoclorador sobre el tanque de distribución.

#### **4.12 Líneas de distribución**

El objetivo principal por el cual se diseñaron las líneas de distribución, fue el de abastecer a todos los sectores de la población, desde cada uno de los tanques de distribución. Para este diseño se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, por su facilidad relativa a otros métodos y fórmulas; además, fueron utilizados criterios referentes a instituciones como la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

#### **4.13 Diseño de red**

Para el diseño de las redes de distribución, se tomó el criterio de las redes abiertas, esto debido a que las viviendas y su población se encuentran dispersas por toda el área que corresponde al caserío Cerro Gordo. Los criterios que se utilizarán para el diseño se presentaron en el Capítulo 3, sección 3.4.11.1.

Concluido el diseño se presentan éstos resultados que proporcionan la información sobre las tuberías a utilizar: desde el diámetro, las cotas

piezométricas, las presiones dinámicas y estáticas y velocidades. Al igual que el diseño de las líneas de conducción, las redes de distribución se diseñaron a través de una hoja de cálculo de Excel.

En resumen las tuberías que se utilizarán para la línea de distribución 1 (*Ver tabla XIII*) serán: de la estación E 20 a E 27 tubería de 1" de PVC de 160 PSI; de la estación E 27 a E 29 se utilizará tubería de  $\frac{3}{4}$ " de PVC de 250 PSI; y de la estación E 29 a E 34 se utilizará tubería de  $\frac{1}{2}$ " de PVC de 315 PSI; los ramales correspondientes a las estaciones E 25 a R1, E 28 a E A y E 29 a E 29.3, también serán instaladas tuberías de  $\frac{1}{2}$ " de PVC de 315 PSI.

En resumen las tuberías que se utilizarán para la línea de distribución 2A (*Ver tabla XIV*) serán: de la estación E 2A a E 8A tubería de  $\frac{1}{2}$ " de PVC de 315 PSI; para la línea de distribución 2B (*Ver tabla XV*): de la estación E 2A a E 4B se utilizará tubería de 1" de PVC de 160 PSI; y de la estación E 4B a E 9B se utilizará tubería de  $\frac{3}{4}$ " de PVC de 250 PSI; y de la estación E 9B a E 11B se utilizará tubería de  $\frac{1}{2}$ " de PVC de 315 PSI.

**Tabla XIII. Diseño hidráulico línea de distribución 1. Eje principal**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E20	E21	909.67	890.92	76.55	79.23	0.51	PVC 160	1 "	1.573	908.10	0.70	18.75	26.66	17.18	24.42
E21	E22	890.92	893.39	78.77	81.53	0.46	PVC 160	1 "	1.332	906.76	0.63	16.28	23.15	13.37	19.02
E22	E23	893.39	894.08	59.00	61.07	0.39	PVC 160	1 "	0.742	906.02	0.54	15.59	22.17	11.94	16.98
E23	E24	894.08	895.58	50.09	51.85	0.32	PVC 160	1 "	0.442	905.58	0.45	14.09	20.03	10.00	14.22
E24	E25	895.58	901.27	121.55	125.81	0.32	PVC 160	1 "	1.073	904.51	0.45	8.40	11.94	3.24	4.60
E25	E26	901.27	890.47	106.46	110.18	0.29	PVC 160	1 "	0.765	903.74	0.40	19.20	27.29	13.27	18.86
E26	E27	890.47	896.13	61.65	63.80	0.29	PVC 160	1 "	0.443	903.30	0.40	13.54	19.25	7.17	10.19
E27	E28	896.13	897.12	97.31	100.71	0.26	PVC 250	3/4"	1.921	901.38	0.59	12.55	17.84	4.26	6.05
E28	E29	897.12	895.93	41.77	43.23	0.19	PVC 250	3/4"	0.465	900.91	0.43	13.74	19.54	4.98	7.09
E29	E30	895.93	892.34	69.21	71.64	0.05	PVC 315	1/2 "	0.243	900.67	0.20	17.33	24.64	8.33	11.84
E30	E31	892.34	887.42	97.87	101.30	0.05	PVC 315	1/2 "	0.344	900.33	0.20	22.25	31.64	12.91	18.35
E31	E32	887.42	881.62	87.20	90.26	0.05	PVC 315	1/2 "	0.307	900.02	0.20	28.05	39.88	18.40	26.16
E32	E33	881.62	881.09	117.40	121.51	0.05	PVC 315	1/2 "	0.413	899.61	0.20	28.58	40.64	18.52	26.33
E33	E34	881.09	872.42	70.13	72.58	0.03	PVC 315	1/2 "	0.117	899.49	0.13	37.25	52.96	27.07	38.49

**Tabla XIII (Continuación). Diseño hidráulico línea de distribución 1 (Ramales)**

**Nota: el ramal A comienza en E 25 y termina en R1; el ramal B comienza en E 27 y termina en E A; y el ramal C comienza en E 28 y termina en E 29.3.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E25	E25.1	901.27	890.84	83.03	85.93	0.03	PVC 315	1/2 "	0.138	904.37	0.13	10.43	14.83	13.53	19.24
E25.1	R1	890.34	885.42	34.07	35.27	0.02	PVC 315	1/2 "	0.016	904.35	0.07	15.85	22.54	18.93	26.92
E27	E28	896.13	897.12	97.31	100.71	0.26	PVC 250	3/4"	1.921	901.38	0.59	12.55	17.84	4.26	6.05
E28	EA	897.12	875.54	112.42	116.35	0.19	PVC 315	1/2 "	4.375	897.00	0.72	21.58	30.68	21.46	30.52
E28	E29	897.12	895.93	41.77	43.23	0.19	PVC 250	3/4"	0.465	900.91	0.43	13.74	19.54	4.98	7.09
E29	E29.1	895.93	885.15	46.75	48.39	0.14	PVC 315	1/2 "	1.009	899.90	0.52	10.78	15.33	14.75	20.98
E29.1	E29.2	885.15	862.79	71.97	74.49	0.09	PVC 315	1/2 "	0.651	899.25	0.33	33.14	47.12	36.46	51.84
E29.2	E29.3	862.79	857.08	66.74	69.07	0.09	PVC 315	1/2 "	0.604	898.65	0.33	38.85	55.24	41.57	59.10

**Tabla XIV. Diseño hidráulico línea de distribución 2A. Eje principal.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E2A	E3A	883.71	875.26	86.17	86.17	0.0728	PVC 315	1/2 "	0.566	883.14	0.28	8.45	12.01	7.88	11.21
E3A	E4A	875.26	861.77	219.66	241.63	0.0728	PVC 315	1/2 "	1.586	881.56	0.28	21.94	31.19	19.79	28.13
E4A	E5A	861.77	849.03	181.11	199.22	0.0728	PVC 315	1/2 "	1.308	880.25	0.28	34.68	49.31	31.22	44.39
E5A	E5'	849.03	838.21	95.17	104.69	0.0546	PVC 315	1/2 "	0.404	879.85	0.21	45.50	64.69	41.64	59.20
E5'	E6'	838.21	825.66	81.32	89.45	0.0182	PVC 315	1/2 "	0.045	879.80	0.07	58.05	82.54	54.14	76.98
E6'	R1	825.66	824.15	147.21	161.93	0.0182	PVC 315	1/2 "	0.082	879.72	0.07	51.11	72.67	55.57	79.01
R1	E6A	824.15	804.68	141.27	155.40	0.0182	PVC 315	1/2 "	0.079	879.64	0.07	57.09	81.17	74.96	106.58
E6A	E7A	804.68	802.66	41.76	45.93	0.0182	PVC 315	1/2 "	0.023	879.62	0.07	46.37	65.93	76.96	109.42
E7A	E8A	802.66	758.72	288.92	317.81	0.0182	PVC 315	1/2 "	0.161	879.46	0.07	124.99	177.71	120.74	171.66

**Tabla XV. Diseño hidráulico línea de distribución 2B. Eje principal.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E2A	E1B	883.71	878.50	38.27	39.61	0.4368	PVC 160	1 "	0.591	883.12	0.60	5.21	7.41	4.62	6.57
E1B	E2B	878.50	876.69	53.86	55.75	0.4370	PVC 160	1 "	0.832	882.29	0.60	7.02	9.98	5.60	7.96
E2B	E3B	876.50	879.86	72.59	75.13	0.4370	PVC 160	1 "	1.121	881.17	0.60	3.85	5.47	1.31	1.86
E3B	E4B	879.86	876.55	75.22	77.86	0.4370	PVC 160	1 "	1.162	880.00	0.60	7.16	10.18	3.45	4.91
E4B	E5B	876.55	873.99	70.65	73.12	0.3094	PVC 250	3/4"	1.994	878.01	0.71	9.72	13.82	4.02	5.72
E5B	E6B	873.99	868.71	48.66	50.36	0.3094	PVC 250	3/4"	1.374	876.64	0.71	15.00	21.33	7.93	11.27
E6B	E7B	868.71	868.20	69.29	71.72	0.2184	PVC 250	3/4"	1.027	875.61	0.50	15.51	22.05	7.41	10.53
E7B	E8B	868.20	867.20	60.79	62.92	0.2002	PVC 250	3/4"	0.767	874.84	0.46	16.51	23.47	7.64	10.87
E8B	E9B	867.20	859.88	84.98	87.95	0.1820	PVC 250	3/4"	0.899	873.94	0.42	23.83	33.88	14.06	20.00
E9B	E10B	859.88	855.65	82.29	85.17	0.1456	PVC 315	1/2 "	2.016	871.93	0.56	28.06	39.90	16.28	23.14
E10B	E11B	855.65	850.68	62.88	65.08	0.1456	PVC 315	1/2 "	1.540	870.39	0.56	33.03	46.96	19.71	28.02

**Tabla XV (Continuación) Diseño hidráulico línea de distribución 2B (Ramales).**

**Nota: el ramal D comienza en E 3B y termina en R2.**

TRAMO		Cotas Topog. (metros)		Longitud metros		Caudal (Q)	Clase Tubería	Diámetro Comerc.	Pérdida Carga	Cota Piezom.	v	Presión Estática		Presión Dinámica	
Est.	P.O.	Inicial	Final	Horz.	Diseño	L/s	PSI	Pulg.	metros	metros	m/s	m.c.a.	P.S.I.	m.c.a.	P.S.I.
E3B	E4B	879.86	876.55	75.22	77.86	0.4370	PVC 160	1 "	1.162	880.00	0.60	3.31	4.71	3.45	4.91
E4B	R2	876.55	861.82	60.85	62.98	0.0546	PVC 315	1/2 "	0.243	879.76	0.21	18.05	25.66	17.95	25.52

## **4.14 Obras de arte**

### **4.14.1 Cajas-rompe presión**

Para la línea de conducción 1 se utilizará una caja rompe presión con válvula de flote, en la estación E 5.

### **4.14.2 Válvulas liberadoras de aire**

Para la línea de conducción 1 se instalará una válvula liberadora de aire en la estación E 15; la cual representa la parte más alta de esos tramos de tubería, y punto potencial de acumulación de aire. Para la línea de conducción 2, debido a su pequeña longitud y la topografía, no es necesario instalar válvulas liberadoras de aire.

### **4.14.3 Válvulas de limpieza**

Para la línea de conducción 1 se instalará una válvula de limpieza en la estación E 11; el cual es el punto más bajo de esos tramos de tubería, y punto potencial de acumulación de sedimentos.

## **4.15 Conexiones domiciliarias**

Para las conexiones domiciliarias de cada vivienda se recomienda instalar tubería de diámetro de ½" de PVC de 315 PSI.

## **4.16 Tipo de tubería y recomendaciones**

Los tipos de tubería que se utilizarán serán de PVC de 160, 250 y 315 PSI, Norma ASTM D-2241-74 y según se indicó en las secciones 4.8 y 4.11. Además es importante tomar en cuenta que para que la tubería cumpla con su vida útil, debe protegerse del medio que le rodea. Se recomienda entonces lo siguiente: la zanja donde se colocará la tubería deberá tener como mínimo un ancho de 0.40 m y la profundidad mínima de 0.60 m sobre la corona (nivel superior del tubo); y cuando cualquier parte de la tubería del sistema atraviese terrenos dedicados a la agricultura la profundidad mínima será de de 0.80 m; si la tubería atravesara calles con tránsito liviano la profundidad mínima será de 1.20 m.

## **4.17 Programa de operación y mantenimiento del sistema**

El programa de operación y mantenimiento para el sistema de abastecimiento de agua potable debe tomarse como un elemento vital para el correcto funcionamiento del mismo. De no tomarse en cuenta las recomendaciones para operar y mantener los sistemas, puede conllevar al mal funcionamiento y colapso del mismo. Aunque el sistema pueda funcionar de forma independiente, es necesario tomar en cuenta aspectos y cuidados importantes que en esta sección se presentan.

### **4.17.1 Operación y mantenimiento de captaciones de las fuentes de agua**

Antes de iniciar operaciones del sistema, se debe verificar que la caja de captación no contenga obstrucciones (hojas, ramas, animales, etc.) que puedan impedir el libre flujo del caudal de agua que ingrese a la línea de

conducción, este procedimiento se puede realizar al destapar la tapa del tanque de captación a través de una inspección visual. Debe verificarse que funcione correctamente el rebalse que fue provisto a la caja de captación, esto se realiza al introduciendo una cantidad de agua dentro del tubo de rebalse y verificar que la salida del agua introducida sea libre al final. Para la fuente 1 y las tres captaciones 1 a instalarse, se debe verificar que el agua reunida dentro de la caja de captación circule sin dificultad hacia la caja reunidora de caudal.

El mantenimiento a las captaciones de fuentes de agua, es en realidad una limpieza general de las cajas de captación. Las captaciones son elementos en los cuales se pueden acumular sedimentos y material orgánico provenientes del manantial o de vegetación de los alrededores.

Estos sedimentos deben ser removidos para evitar que ingresen a las líneas de conducción y obstruyan las mismas, para removerlas debe utilizarse una escoba domestica y una pala común, acumularlos en un punto donde no ingrese a la tubería y retirarlos con la pala. El material orgánico que generalmente se puede encontrar dentro de la caja de captación, puede ser desde hojas de vegetación, ramas pequeñas o insectos que puedan ingresar al mismo, para su limpieza debe retirarse todo tipo de material orgánico con la mano protegida con un guante; además con una escoba doméstica nueva puede limpiarse la materia orgánica que se acumula sobre las paredes y fondos de la misma. Al concluir la limpieza debe verificarse que circule correctamente por el rebalse y por la tubería que conduce hacia la línea de conducción y finalmente debe taparse correctamente la caja de captación para evitar el ingreso de materia o insectos dentro de los mismos.

Es recomendable realizar estos procesos de mantenimiento como mínimo una vez por mes en época de verano y una vez por quincena en época de invierno (época en que aumentan los caudales de las fuentes).

#### **4.17.2 Operación y mantenimiento de la caja reunidora de caudales para la fuente 1**

Luego de verificar el correcto funcionamiento de las tres captaciones de la fuente 1 indicadas anteriormente, debe asegurarse que el flujo de agua captada llegue correctamente hasta la caja reunidora de caudales a instalarse para el sistema de abastecimiento 1. Debe verificarse que funcione correctamente el rebalse a instalarse para esta caja, esto se puede realizar, cerrando la llave de compuerta instalada a un costado de la caja reunidora de caudales.

Es importante que, al igual que la caja de captación, deba verificarse que no exista la acumulación de material orgánico o sedimentos dentro de la misma. Para el mantenimiento, deben seguirse los pasos y recomendaciones de este capítulo en la sección 4.17.2, párrafo segundo y tercero.

#### **4.17.3 Operación y mantenimiento de las líneas de conducción de agua**

Luego de revisar las cajas de captación (y la caja reunidora de caudales, para el sistema 1), debe abrirse la llave de compuerta que se encuentra a un costado para que el agua circule por las líneas de conducción de cada sistema. Luego de esa acción se recomienda que un grupo de dos o más personas, recorran el tramo total de las líneas de conducción en busca de anomalías que puedan poner en riesgo, colapso o fuera de servicio al sistema.

Se deben buscar desde deslaves, troncos o árboles caídos, desraizado de árboles, corrientes de agua o peligros potenciales de incendio. Es recomendable que al encontrar cualquiera de estas anomalías, se debe accionar de inmediato ya que puede complicarse y hacer colapsar el sistema.

Debido a que el sistema se encontrará dentro de un área boscosa, los incendios podrían representar un peligro mayor para la integridad del sistema. Para evitar que los incendios dañen el sistema se hizo énfasis en la sección 4.16, sobre las profundidades recomendadas de las zanjas en las cuales deben colocarse las tuberías. Aún así, se recomienda que al realizar los recorridos, se retire toda maleza, troncos secos y materia orgánica seca por encima de la longitud total, para evitar en algún momento que sean fuentes de ignición o material para incrementar la magnitud de un incendio.

En la línea de conducción del sistema 1, existen una serie de obras de arte que durante los recorridos deben revisarse y realizar su mantenimiento. En la línea de conducción 1 se encuentra una caja rompe presión (E 5), la cual debe revisar que la caja se encuentre libre de fisuras o daños, se retira la tapadera y se revisa si existe acumulación de sedimentos, material orgánico o insectos, se retiran para evitar que obstruyan el resto de la línea de conducción. Se debe revisar la tubería de rebalse, asegurando que no existan obstrucciones que eviten su correcto funcionamiento.

Cuando se localice una caja con una válvula de limpieza (E 11), se recomienda revisar que la caja no tenga daños y retirar la tapa, luego se abre la llave de compuerta para liberar el agua con los sedimentos acumulados. Cuando el agua salga clara, es indicio de que ya no hay sedimentos que retirar. Finalmente se cierra la llave y se coloca la tapadera debidamente asegurada.

Al localizar una válvula liberadora de aire en el tramo, se revisa que la caja no presente daños físicos y se retira la tapadera, la válvula liberadora de aire debe realizar su función y se puede determinar su correcto funcionamiento al escuchar un pequeño “silbido” mientras el agua circula por la línea de conducción. Se coloca de nuevo la tapadera, asegurándola correctamente.

Si existiera una fuga o rompimiento de línea de conducción entre los tramos, se debe de inmediato cerrar la llave de compuerta ubicada en la salida de la captación y la llave de compuerta ubicada en la entrada del tanque de almacenamiento, ubicar el punto de colapso del sistema y reparar el daño. Se debe realizar una prueba de presión en el punto de reparación, esta prueba se ejecuta abriendo únicamente la llave de compuerta de la captación (dejando cerrada la llave de entrada al tanque de almacenamiento), con el fin de que exista presión estática dentro de la tubería y puedan detectarse fugas en el punto de reparación. Luego de realizada la prueba se puede abrir la llave de entrada al tanque de almacenamiento.

El procedimiento de mantenimiento debe ejecutarse una vez cada mes para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

#### **4.17.4 Operación y mantenimiento del tanque de almacenamiento de agua y del hipoclorador tipo EMPAGUA**

El tanque de almacenamiento al inicio de operaciones y antes de llenarse en su totalidad, es importante revisar si en su interior se encuentran residuos o sedimentos que deban retirarse, así como también materia orgánica o insectos que hayan ingresado; revisar además si el rebalse funciona adecuadamente, al dejar circular agua por el mismo y asegurarse de que salga al final del rebalse. Verificar que se encuentre cerrada la llave de

compuerta en la salida del tanque, ya que antes de dejar circular el agua por la red de distribución debe potabilizarse con el hipoclorador mencionado en la sección 4.11 de este capítulo.

Para operar el hipoclorador se debe realizar la mezcla que se menciona en este capítulo, en la sección 4.11 numeral 2 y 3 (preparación de solución, aplicación de solución y ubicación del hipoclorador). Luego de preparada la mezcla se deja ingresar el agua al tanque mientras que el hipoclorador comienza a aplicar la mezcla al agua que va ingresando; luego del período mencionado de reposo y mezcla entre el agua y el cloro, se procede a abrir la llave de compuerta en la salida del tanque de almacenamiento, para que el agua pueda circular por las líneas de distribución. Se debe revisar el nivel de solución que el hipoclorador contenga en un período de cuatro días, si el nivel ha disminuido hasta una cuarta parte del volumen total, se debe cerrar la llave de ingreso del hipoclorador hacia el tanque de distribución y preparar una nueva mezcla de cloro. Lista la mezcla dentro del hipoclorador, se debe abrir de nuevo la llave para que ingrese la mezcla dentro del tanque de distribución y esperar que se mezcle correctamente con el agua que ha ingresado.

La llave de salida del tanque de distribución puede cerrarse si existiera una fuga, reparación o conexión domiciliar nueva en cualquier punto de las líneas de distribución.

#### **4.17.5 Operación y mantenimiento de la red de distribución de agua**

Si el agua es distribuida correctamente a cada vivienda, cada una de las mismas debe recibir un servicio constante y suficiente para suplir sus necesidades diarias; esta es la mejor forma para verificar el correcto

funcionamiento de la red de distribución de agua. De lo contrario se debe recorrer y verificar la línea principal y ramales de la red de distribución en busca de fugas o rompimiento de tubería. Si se localiza una anomalía, se debe cerrar la llave de compuerta de salida del tanque de almacenamiento y realizar las reparaciones respectivas.

## **4.18 Propuesta de tarifa para sostenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable**

### **4.18.1 Concepto y parámetros para determinar la tarifa**

La tarifa es una cantidad de dinero que se cobra en forma periódica por un servicio prestado; es la cantidad que se cobrará mensualmente por el servicio de agua potable en la comunidad, por unidad de vivienda.

Esta cantidad de dinero generalmente es única e igual para toda la comunidad, independientemente de la cantidad de agua que se consuma en cada vivienda. Esto debido a la falta de medidores que determinen el volumen de agua consumido.

El concepto de “adopción de tarifa” se refiere al criterio que se debe tomar, en base a una tarifa calculada matemáticamente, para llegar así a la tarifa real, que para efectos prácticos se deberá cobrar mensualmente.

La tarifa que se cobra es calculada de tal manera que debe cubrir todos los gastos en que pueda incurrir el comité: gastos administrativos, operacionales y de servicio al proyecto. Para ello se deben tomar algunos parámetros que deben ser involucrados en el cálculo de la tarifa, entre ellos se encuentran:

- **Administración:** es el conjunto de medidas cuyo fin es organizar y tomar las decisiones necesarias para llevar a cabo un proyecto. Básicamente comprende al cobro por parte de un tesorero asignado (Comité), del 10% por concepto de comisión del total recaudado, así como gastos de oficina y viáticos. La administración se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Administración} = 0.10 * \text{gastos}$$

- **Operación:** es el conjunto de acciones externas que se ejecutan en las instalaciones o equipos para conseguir el buen funcionamiento de un sistema. Debe contratarse a un fontanero que será el encargado de velar por el buen funcionamiento del sistema; esta persona recibirá un salario mensual con las respectivas prestaciones de ley dependiendo de la magnitud del sistema. Para el cálculo se asume que el fontanero podrá cubrir las necesidades que presenten 20 conexiones domiciliarias en un día y podrá caminar tres kilómetros de la línea de conducción en un día, por tanto se calcula el gasto de la siguiente manera:

$$S1 = \frac{L}{3} S_{\min}$$

Donde, S1 es el salario mensual del operador en función de la longitud de la línea de conducción; L la longitud en kilómetros de la línea de conducción; y  $S_{\min}$  es el salario mínimo por un trabajador de campo en un día. Para la línea de distribución se presenta la siguiente fórmula:

$$S2 = C * 0.05 * S_{\min}$$

Donde, S<sub>2</sub> es el salario mensual del operador en función de la magnitud de la red de distribución; C es el número de conexiones domiciliarias presentes; y S<sub>min</sub> es el salario mínimo percibido por un trabajador de campo en un día. Para el cálculo del factor de prestaciones, en el siguiente numeral se presentará en forma desglosada.

- **Mantenimiento:** es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos, para prevenir daños o para la reparación de los mismos, cuando éstos ya se hubieren producido, a fin de conseguir el buen funcionamiento de un sistema. El mantenimiento puede ser preventivo (acciones planificadas y ejecutadas antes de que se produzcan daños al sistema) y el mantenimiento correctivo (reparaciones inmediatas y oportunas de daños ocurridos al sistema). Según la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales) se estima que mensualmente se requerirá un monto equivalente al 0.40% del costo total del proyecto, por lo que se usará este porcentaje para gastos de mantenimiento. Se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{0.004 * CT}{12}$$

Siendo R, los gastos previstos para mantenimiento mensual; CT el costo total del proyecto; y es dividido por 12 por la cantidad de meses en un año.

- **Tratamiento:** son las medidas adoptadas para la desinfección adecuada del agua que sirve para el consumo humano. Para llevar a cabo el tratamiento al agua deberá consumirse material que se debe adquirirse en cantidades mensuales. Para el cálculo del costo

del tratamiento se utilizarán formulas que estén en función del caudal de conducción a tratar.

Para calcular el hipoclorito líquido necesario por día ( $HC_{\text{Diario}}$ ) en función del caudal de conducción ( $Q_{\text{Cond}}$ ) se utiliza la siguiente formula:

$$HC_{\text{Líquido}} = Q_{\text{Cond}} * 0.001 * 86400$$

Para calcular el costo de un gramo de hipoclorito ( $\text{Costo}_{\text{Gramo}}$ ) en polvo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Costo}_{\text{Gramo}} = \frac{\text{Costo}_{\text{Quintal}}}{454 * 100}$$

Donde se debe tener el costo en el mercado por quintal de hipoclorito; los 454 son los gramos que hay en una libra; y 100 por la cantidad de libras que tiene un quintal.

Se debe calcular además la cantidad de hipoclorito en polvo necesaria en función de la concentración que este contenga con la siguiente formula:

$$W_{\text{HC}} = \frac{HC_{\text{Líquido}}}{\text{Conc.}}$$

Donde  $W_{\text{HC}}$  es el peso de hipoclorito en polvo;  $HC_{\text{Líquido}}$  es el hipoclorito líquido en litros por día; y la concentración (conc.) es el porcentaje a utilizar en gramos por litro.

Para calcular el costo mensual por tratamiento ( $\text{Trat}$ ), se utilizan los valores calculados anteriormente en la siguiente fórmula:

$$\text{Trat} = 30 * \text{Costo}_{\text{Gramo}} * W_{\text{HC}}$$

- **Inflación:** es el alza generalizada en los precios, ocasionada por la deficiente economía de una nación. Este parámetro permite que se cuente con una reserva ( $R_v$ ) que permita cubrir aumentos inesperados en el precio de los materiales utilizados para la operación del sistema.

$$R_v = \% \text{ Inflación} * \text{Gastos}$$

#### 4.18.2 Cálculo de tarifa para el sistema de agua potable del caserío Cerro Gordo

A continuación se presentan los cálculos necesarios para la tarifa en base a los conceptos presentados en el inciso anterior. El costo total del proyecto asciende a la cantidad de Q 277,605.90; se tomará en cuenta un solo fontanero para los sistemas.

- **Operación:** se asumirá un salario diario de Q 40.00 para el fontanero; la longitud total para la línea de conducción de ambos sistemas es de 1.83 km; para el sistema de distribución existe un total de 58 viviendas.

$$S1 = \frac{1.83}{3} (40.00)$$

$$S1 = Q 24.40$$

$$S2 = 58 * 0.05 * 40.00$$

$$S2 = Q 116.00$$

Se calculará a continuación el factor de prestaciones. De acuerdo a la legislación laboral:

Vacaciones	20 días
Domingos	52 días
Sábados	26 días
Feridos	9 días

Dando un total de 107 días no trabajados devengando salario. Se calcula la proporción de días no trabajados (DNT), la proporción de aguinaldo (Agui), la proporción de bono 14 (B14) y la proporción de indemnización (PI):

$$DNT = \frac{107}{365 - 107} * 100 = 41.47 \%$$

$$Agui = \frac{30}{365 - 107} * 100 = 11.63 \%$$

$$B14 = \frac{30}{365 - 107} * 100 = 11.63 \%$$

$$PI = \frac{30}{365 - 107} * 100 = 11.63 \%$$

Con un total de 76.35 %, se asumirá un 77% de porcentaje de prestaciones a utilizar, según la ley laboral. Se calcula finalmente el costo de operación del sistema:

$$OPERACIÓN = 1.77 (S1 + S2)$$

$$OPERACIÓN = 1.77 (24.40 + 116.00)$$

$$OPERACIÓN = Q 248.51$$

- **Mantenimiento:**

$$R = \frac{0.004 * CT}{12} = \frac{0.004 (277605 .90)}{12} = Q92.53$$

- **Tratamiento (Trat):** el caudal a utilizar será la suma de los dos caudales de conducción de ambos sistemas (0.64 L/s) y una concentración de 70% de hipoclorito de calcio con un costo por libra de Q16.80 en el mercado nacional y un costo de Q1,680.00 por quintal:

$$HC_{Líquido} = 0.64 * 0.001 * 86400 = 55.30 L / día$$

$$Costo_{Gramo} = \frac{Q1680 .00}{454 * 100} = Q0.037$$

$$W_{HC} = \frac{55.30}{0.70} = 79.00 g$$

$$Trat = 30 * 0.037 * 79$$

$$Trat = Q87.69$$

Se calcula luego el total de gastos, el cual corresponde a la suma de la operación, el mantenimiento y el tratamiento:

$$Gastos = Operación + R + Trat$$

$$Gastos = Q248.51 + Q92.53 + Q87.69$$

$$Gastos = Q428.73$$

- **Administración:**

$$Adm = 0.10 * Gastos$$

$$Adm = 0.10 * 428.73$$

$$Adm = Q42.87$$

- **Reserva:** se calculará la reserva en base al mayor porcentaje de inflación registrado por el Banco de Guatemala. El mayor porcentaje registrado ha sido de 10.29% en el mes de octubre del año 2005.

$$Rv = 0.1029 * Gastos$$

$$Rv = 0.1029 * 428.73$$

$$Rv = Q44.12$$

- **Total a recaudar mensualmente:**

$$Total_{Mensual} = Gastos + Adm + Rv$$

$$Total_{Mensual} = 428.73 + 42.87 + 44.12$$

$$Total_{Mensual} = Q515.72$$

Para calcular la tarifa por vivienda, se divide el Total<sub>Mensual</sub> por 58 viviendas que es el total del caserío.

$$Tarifa = \frac{Total_{Mensual}}{58}$$

$$Tarifa = \frac{515.73}{58}$$

$$Tarifa = Q8.90$$

Este cálculo es la tarifa matemática que en realidad presentaría dificultades al momento de cobrarla en cada vivienda, para ello se aproximará a la tarifa adoptada:

$$Tarifa_{Adoptada} = Q9.00$$

Se presenta a continuación en la tabla XVI, el resumen del cálculo de la tarifa adoptada:

**Tabla XVI. Resumen final del cálculo de la tarifa.**

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad (Quetzales)</b>
Operación	Q 248.51
Mantenimiento	Q 92.53
Tratamiento	Q 87.69
<b>Total de gastos</b>	<b>Q 428.73</b>
Administración	Q 42.87
Reserva	Q 44.12
<b>Total mensual</b>	<b>Q 515.72</b>
Tarifa calculada	Q 8.90
<b>Tarifa adoptada</b>	<b>Q 9.00</b>

## 5. RIESGO Y VULNERABILIDAD

### 5.1 Concepto de riesgo

El riesgo se estima a partir de integrar las amenazas y desastres climáticos que recurrentemente afectan a la capacidad productiva e infraestructura de las poblaciones afectadas, con indicadores que miden la situación alimentaria y nutricional. Las *amenazas naturales* son fenómenos potencialmente peligrosos, como erupciones volcánicas, aludes, marejadas, terremotos, ciclones tropicales y otras tormentas severas, tornados y vientos fuertes, inundaciones en ríos y de zonas costeras, incendios forestales y las humaredas, resultantes, sequías e infestaciones.

### 5.2 Concepto de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere a la inseguridad, y es estimada a partir del análisis del riesgo y de la capacidad de repuesta. La capacidad de respuesta estima la posibilidad de responder de las poblaciones ante los elementos que conforman el riesgo. La fórmula general utilizada para determinar la vulnerabilidad es la siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo} - \text{Capacidad de respuesta}$$

La vulnerabilidad a los desastres es una condición producto de las acciones humanas. Indica el grado en que un sistema está expuesto o

protegido al impacto de las amenazas naturales. Esto depende del estado de los asentamientos humanos y su infraestructura, la manera en que las administraciones públicas y las políticas manejan la gestión del riesgo, y el nivel de información y educación de que dispone una sociedad sobre los riesgos existentes y cómo debe enfrentarlos.

Un *desastre natural* es lo que sucede cuando la ocurrencia de un fenómeno natural afecta a un sistema vulnerable. Los fenómenos naturales en sí no provocan necesariamente desastres. Es sólo su interacción con el sistema y su entorno lo que genera impactos que pueden llegar a tener dimensiones catastróficas, que depende de la vulnerabilidad en la zona. En vista de que la vulnerabilidad a los desastres es el resultado de las acciones humanas, es posible modificarlas para reducir la vulnerabilidad y, con ella, las pérdidas humanas y materiales.

Para la *reducción de desastres naturales*, es necesario tomar el concepto del mismo: la reducción de desastres es la suma de todas las acciones que pueden aplicarse para reducir la vulnerabilidad de un sistema a las amenazas naturales, como por ejemplo la ubicación del proyecto en un área de bajo riesgo de deslizamientos, incendios forestales, etc. y proyectar estos lugares en un mapa de vulnerabilidad y planes de contingencia específicos del sector o los planes de contingencia generales de instituciones a cargo del manejo integral de emergencias.

A través de un mapa de vulnerabilidad, se podrían economizar recursos para responder a emergencias. Asimismo, es necesario elaborar un estudio profundo de las necesidades y prioridades de obras de ingeniería necesarias para reducir la vulnerabilidad de los servicios básicos y carreteras. Asimismo, es necesario remarcar la importancia de contar con perfiles de vulnerabilidad de

infraestructura y servicios básicos de otros lugares, que cuenten con las características del municipio.

### **5.3 Aplicación al sistema de abastecimiento de agua potable**

Todo sistema de abastecimiento de agua potable se encuentra susceptible a riesgos y posee vulnerabilidad, que hacen de un momento a otro que el mismo deje de funcionar si los riesgos dejan de ser riesgos. Por ello es importante determinar tanto los riesgos como las vulnerabilidades.

Las vulnerabilidades para un sistema de abastecimiento de agua potable pueden ser las siguientes: es necesario conocer las vulnerabilidades administrativo-funcionales, en los diferentes niveles, especialmente en aquellos administrativos y operativos, pues son los encargados de garantizar la operación, mantenimiento y administración con un mínimo de ayuda externa.

El esquema organizativo institucional, en el cual se involucran los sistemas rurales de abastecimiento de agua potable es el primer nivel donde la vulnerabilidad puede ser identificada. El segundo nivel corresponde a la forma administrativa local de los sistemas, que puede estar relacionada con el esquema organizativo institucional y ser la misma para todos los sistemas de una región, pero diferente entre regiones. El tercer nivel corresponde a la operatividad del sistema, que es asumida principalmente por un operador, y tiene estrecha relación con el segundo nivel.

Analizada y encontrada la vulnerabilidad para el sistema, es posible encontrar y determinar las medidas de mitigación para aspectos físicos del sistema y para los aspectos administrativos y funcionales. Las medidas de mitigación para la vulnerabilidad física tienden a fortalecer el estado actual del

sistema y sus componentes, así como a mejorar las condiciones de los mismos frente al impacto de una amenaza determinada. Las medidas de mitigación, para la vulnerabilidad administrativa y funcional, tienden a mejorar la organización, gestión local, capacidad de operación, para fortalecer el funcionamiento del sistema en condiciones normales o frente al impacto de una amenaza. El análisis de vulnerabilidad demanda conocer y determinar lo siguiente:

1. Las amenazas, sus características e impactos.
2. La forma de operación de los sistemas rurales.
3. La organización institucional para el abastecimiento rural de agua potable y la administración local.
4. Cada uno de los componentes del sistema y su función.
5. La vulnerabilidad administrativa, funcional y física.

Luego de reconocer que el llevar a cabo las medidas de mitigación establecidas requiere disponibilidad de recursos humanos, materiales y económicos, se necesita por tanto, estimar éstos costos, encontrar la ejecución prioritaria y visualizar la capacidad de respuesta actual de los sistemas. Al obtener todos los datos necesarios se formulan entonces los planes de implementación de las medidas de mitigación. A continuación se determinan los planes de mitigación para un sistema de abastecimiento de agua potable. Las medidas de mitigación deben disminuir la vulnerabilidad física, operativa y administrativa, para reducir el impacto de los desastres.

- **Medida de mitigación (vulnerabilidad física).**

Las medidas de mitigación, por condición desfavorable, consisten en reparar, sustituir o adquirir los elementos o equipos. Las medidas de mitigación para los daños

estimados consisten en ejecutar medidas físicas que fortalezcan el sistema y/o reubicar un componente en el caso de destrucción total o parcial esperada.

- **Medida de mitigación (vulnerabilidad operativa).**

Las medidas de mitigación, para este aspecto, consisten en capacitar al operador si éste no ha recibido el entrenamiento y motivación necesarios, o reemplazarlo si ha demostrado falta de capacidad, así como tomar otras acciones para asegurar la cantidad, continuidad y calidad del agua, y un buen mantenimiento y operación del sistema.

- **Medida de mitigación (vulnerabilidad administrativa).**

Las medidas de mitigación, para este aspecto, consisten en capacitar al personal si esto no ha recibido la capacitación y motivación adecuadas, o reemplazarlo si ha demostrado falta de capacidad para las funciones encomendadas; obtener los recursos materiales y financieros; así como mejorar las deficiencias de la organización institucional y local, para poder implementar las medidas de mitigación físicas, operativas y administrativas.

Se presenta a continuación una tabla de relación desastre-efecto para un sistema de abastecimiento de agua potable.

**Tabla XVII. Efectos de desastres naturales en sistemas de abastecimiento de agua potable.**

<b>Servicio</b>	<b>Efectos Esperados</b>	<b>Terremoto</b>	<b>Huracán</b>	<b>Inundación</b>	<b>Incendio Forestal</b>
Sistema de abast. de agua potable	Daños a las estructuras de Ingeniería Civil.	▲	▲	▲	▲
	Ruptura de cañerías maestras.	▲	●	●	▲
	Interrupciones de electricidad	●	▲	●	□
	Contaminación (química o biológica)	●	▲	▲	▲
	Desorganización del transporte	▲	▲	▲	□
	Escasez de personal administrativo	▲	●	●	●
	Escasez de equipos repuestos y suministros.	▲	▲	▲	●

**Referencias:**

- ▲ Posibilidad grave
- Posibilidad menos grave
- Posibilidad mínima

## 6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### 6.1 Impacto ambiental en sistemas de agua potable.

Un estudio de impacto ambiental es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutara para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos

Para el diseño y construcción se deben identificar los factores que puedan causar impacto en el ambiente en el cual se rodeará. Además se deben identificar por separado qué partes del ambiente está afectando.

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto serán:

**El agua:** debido a que el proyecto consiste en tomar un caudal de agua de una fuente subterránea, ya iniciados los trabajos de construcción puede existir un impacto negativo en la calidad y sanidad del agua. Esto debido a movimientos de suelo y materiales a utilizar para la construcción de la captación; además el movimiento de suelo para el zanjeado puede llegar impactar pequeñas quebradas de agua que se formen en el trayecto del proyecto.

**El suelo:** impactarán negativamente el mismo si no se verifica la etapa del zanjeo, esto se debe a que habrán movimientos de tierra por el mismo, solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

**Salud:** hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto y que pueden afectar principalmente a los trabajadores que construyan el proyecto.

### **Impactos negativos**

Los impactos negativos analizados se presentan principalmente en la etapa de construcción. En la etapa de operación podrá tener impactos negativos sobre el ambiente si existen daños a la tubería que transporte el agua, ya que el líquido podrá entrar en contacto con los elementos y contaminarse. En conclusión los elementos con mayor impacto negativo son:

- El suelo
- El agua
- La Salud

### **Medidas de mitigación**

- Para evitar las polvaredas y voladuras de partículas de suelo, será necesario programar y ejecutar adecuadamente las labores de zanjeo, compactando adecuadamente las mismas para evitar el arrastre de partículas por el viento. Es recomendable utilizar equipo de protección personal; las gafas de seguridad protegen los ojos de partículas de

polvo y voladuras de suelo, las mascarillas respiratorias evitan que el polvo ingrese al organismo de los trabajadores.

- Deberá capacitarse al personal encargado del mantenimiento del sistema, referente al manejo de sistemas de agua potable y reparaciones menores para el sistema.
- Capacitar a la población sobre el adecuado uso del agua y el sistema para evitar desperdicio, uso innecesario o inadecuado del mismo.

### **Plan de contingencia**

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento o derrumbes que puedan afectar cualquier parte del sistema de agua potable del cual se beneficie la comunidad; además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado de materiales o vegetación.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargara de darle mantenimiento al sistema especialmente sobre aspectos de limpieza de cajas rompe presión, válvulas de limpieza, válvulas de aire, tanques de almacenamiento y captaciones.

- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, y evitar así que el sistema colapse.

### **Programa de monitoreo ambiental**

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y cuidado de la salud.
- Monitorear si está organizada la comunidad de acuerdo en lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

### **Plan de seguridad humana**

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco y gafas de seguridad, que minimicen los riesgos de accidentes en perjuicio de su salud.
- Plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto sobre aspectos de salud y manejo del sistema, y del equipo adecuado a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

## Plan de seguridad ambiental

- En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en los apartados anteriores.

## Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es el evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales, pues el objetivo del proyecto es mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad. Además al implementar este proyecto el ambiente socio-económico de la comunidad mejorará, debido al desarrollo sustentable de los mismos.

## Factores que puedan causar impacto ambiental y sus medidas de mitigación

A continuación se presenta una tabla resumen de los impactos sobre cada uno de los componentes que tendrán influencia al ejecutar el proyecto y las correspondientes medidas de mitigación.

**Tabla XVIII. Medidas de mitigación de impactos ambientales**

Componente	Impacto	Medida de mitigación
<i>Suelos</i>	Deslaves de material	Prevención durante la construcción
	Erosión de cortes	Prevención de erosión usando estabilización física.

**Continuación Tabla XVIII. Medidas de mitigación de impactos ambientales**

<b>Componente</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medida de mitigación</b>
<b>Recurso Hídrico</b>	Alteración de fuente de abastecimiento de agua potable	Construcción durante estación seca, para evitar que el manto acuífero sea modificado o resulte en un cambio de curso de caudal durante la construcción de la captación
	Contaminación de fuente de abastecimiento por causa de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona de brote de fuente de abastecimiento y darles el tratamiento adecuado luego de retirarlos del sitio de trabajo.
<b>Calidad del aire</b>	Contaminación del aire por polvo generado en la construcción	Uso adecuado de agua para minimizar la cantidad de partículas sueltas que generen polvo y afecte la salud de los trabajadores
<b>Salud Humana</b>	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar un plan de higiene y seguridad del sitio
	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Establecer y construir un servicio sanitario provisional; colocar toneles para la basura y para posterior disposición en una zona adecuada
<b>Vegetación y fauna</b>	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores.
		Separar la capa de material orgánico de la del material inerte.
		Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización.
		Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra.
		Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
<b>Población</b>	Alteración de las costumbres y cultura de las Comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo
		Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incrementos en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad de carga del vehículo
		Mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajos
		Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con alarma reversa.

**Continuación Tabla XVIII. Medidas de mitigación de impactos ambientales**

<b>Componente</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medida de mitigación</b>
<b><i>Paisaje</i></b>	Impacto Visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
<b><i>Patrimonio Cultural</i></b>	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación, en eventualidad de encontrar hallazgos históricos y arqueológicos; una vez realizadas estas actividades se puede continuar el trabajo.



## 7. INTEGRACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO

### 7.1 Análisis de costos

#### 7.1.1 Cuantificación de materiales

##### 1 LÍNEA DE CONDUCCIÓN 1

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>1.1</b>	<b>TUBERIA PVC</b>				
101	Tubo de Ø 1 " PVC 160 psi	312.00	UNIDAD	Q 46.68	Q 14,564.16
102	Tubo de Ø 2" PVC 160 psi	4.00	UNIDAD	Q 55.00	Q 220.00
<b>1.2</b>	<b>ACCESORIOS PVC</b>				
201	Codo Ø 1 " X 45°	8.00	UNIDAD	Q 8.19	Q 65.52
<b>1.3</b>	<b>VÁLVULA DE AIRE</b>				
301	Cemento	2.00	Sacos	Q 38.00	Q 76.00
302	Arena de río	0.23	M3	Q 150.00	Q 34.50
303	Piedrin 1/2"	0.10	M3	Q 200.00	Q 20.00
304	Piedra de canto rodado	0.23	M3	Q 250.00	Q 57.50
305	Válvula de aire de Ø 1 " X 3/4"	1.00	UNIDAD	Q 425.00	Q 425.00
306	Candado	1.00	UNIDAD	Q 54.00	Q 54.00
307	Hierro No. 4	0.30	Varillas	Q 28.28	Q 8.48
308	Hierro No. 2	1.00	Varillas	Q 6.33	Q 6.33
309	Hierro No. 3	1.65	Varillas	Q 15.23	Q 25.13
310	Alambre de Amarre	0.30	Libra	Q 2.95	Q 0.89
<b>1.4</b>	<b>VÁLVULA DE LIMPIEZA</b>				
401	Cemento	2.00	Sacos	Q 38.00	Q 76.00
402	Arena de río	0.23	M3	Q 150.00	Q 34.50
403	Piedrin de 1/2"	0.10	M3	Q 200.00	Q 20.00
404	Piedra de canto de rodado	0.23	M3	Q 250.00	Q 57.50
405	Valvula de compuerta Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 60.00	Q 60.00
406	Adaptador Macho Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 4.05	Q 4.05

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>1.5</b>	<b>CAPTACIONES Y CAJA REUNIDORA DE CAUDALES</b>				
501	Cemento	45.00	Saco	Q 38.00	Q 1,710.00
502	Arena de río	6.00	M3	Q 150.00	Q 900.00
503	Piedrin de 1/2"	5.00	M3	Q 200.00	Q 1,000.00
504	Piedra de canto rodado	10.00	M3	Q 250.00	Q 2,500.00
505	Hierro No.3	15.00	Varillas	Q 15.23	Q 228.45
506	Hierro No.2	15.00	Varillas	Q 6.33	Q 94.95
507	Alambre de amarre	20.00	Libras	Q 2.95	Q 59.00
508	Adaptador Macho Ø 1 "	2.00	UNIDAD	Q 4.05	Q 8.10
509	Válvula de compuerta de Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 60.00	Q 60.00
510	Codo Ø 2" X 90º	2.00	UNIDAD	Q 11.38	Q 22.76
511	Pichacha Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 26.18	Q 26.18
512	Sifon PVC Ø 2"	2.00	UNIDAD	Q 21.75	Q 43.50
513	Tabla de 1"x12"x12'	84.00	PT	Q 4.50	Q 378.00
514	Tabla de 1"x12"x10'	116.00	PT	Q 4.50	Q 522.00
515	Paral de 3"x3"x12'	50.00	PT	Q 4.50	Q 225.00
516	Paral de 3"x3"x6'	8.00	PT	Q 4.50	Q 36.00
517	Clavo de 3"	46.00	Libras	Q 4.50	Q 207.00
<b>1.6</b>	<b>CAJA ROMPE PRESIÓN</b>				
601	Cemento	4.00	Sacos	Q 38.00	Q 152.00
602	Arena de río	1.00	M3	Q 150.00	Q 150.00
603	Piedrin de 1/2"	1.00	M3	Q 200.00	Q 200.00
604	Piedra de canto de rodado	0.23	M3	Q 250.00	Q 57.50
605	Hierro No.3	57.00	Varilla	Q 15.23	Q 868.11
606	Alambre de amarre	35.00	Libras	Q 2.95	Q 103.25
607	Codo Ø 1 " X 90º	2.00	UNIDAD	Q 6.65	Q 13.30
608	Codo Ø 1 " X 45º	1.00	UNIDAD	Q 8.19	Q 8.19
609	Codo Ø 2" X 90º	2.00	UNIDAD	Q 11.38	Q 22.76
610	Sifon PVC Ø 2"	1.00	UNIDAD	Q 21.75	Q 21.75
611	Pichacha Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 26.18	Q 26.18
612	Válvula de compuerta Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 60.00	Q 60.00
613	Adaptador Macho Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 4.05	Q 4.05
<b>1.7</b>	<b>CAJA DE VÁLVULAS (TOTAL: 11 UNIDADES)</b>				
701	Cemento	25.00	Sacos	Q 38.00	Q 950.00
702	Arena de río	3.00	M3	Q 150.00	Q 450.00
703	Piedrin de 1/2"	2.00	M3	Q 200.00	Q 400.00
704	Piedra de canto de rodado	3.00	M3	Q 250.00	Q 750.00
705	Válvula de compuerta Ø 1 "	10.00	UNIDAD	Q 60.00	Q 600.00
706	Válvula de compuerta Ø 1 /2"	1.00	UNIDAD	Q 50.00	Q 50.00
707	Adaptador Macho Ø 1 "	20.00	UNIDAD	Q 4.05	Q 81.00
708	Adaptador Macho Ø 1 /2"	2.00	UNIDAD	Q 3.50	Q 7.00

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>1.8</b>	<b>CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES</b>				Q 456.00
801	Cemento	12.00	Sacos	Q 38.00	Q 300.00
802	Arena de rio	2.00	mts.cubicos	Q 150.00	Q 200.00
803	Piedrin de 1/2"	1.00	mts.cubicos	Q 200.00	Q 91.38
804	Hierro No.3	6.00	Varilla	Q 15.23	Q 103.25
805	Alambre de amarre	35.00	Libras	Q 2.95	Q 52.36
806	Pichacha Ø 1 "	2.00	UNIDAD	Q 26.18	Q 520.00
807	Vertedor de acero de 1/4"/Anticorr.	2.00	UNIDAD	Q 260.00	
<b>1.9</b>	<b>TANQUE DISTRIBUCION 1 (10 MTS3)</b>				Q 4,560.00
901	Cemento	120.00	Sacos	Q 38.00	Q 2,700.00
902	Arena de rio	18.00	mts.cubicos	Q 150.00	Q 180.00
903	Piedrin de 1/2"	0.90	mts.cubicos	Q 200.00	Q 5,750.00
904	Piedra de canto rodado	23.00	mts.cubicos	Q 250.00	Q 28.28
905	Hierro No. 4	1.00	Varilla	Q 28.28	Q 63.30
906	Hierro No.2	10.00	Varilla	Q 6.33	Q 868.11
907	Hierro No.3	57.00	Varilla	Q 15.23	Q 103.25
908	Alambre de amarre	35.00	Libras	Q 2.95	Q 13.30
909	Codo Ø 1 " X 90º	2.00	UNIDAD	Q 6.65	Q 8.19
910	Codo Ø 1" X 45º	1.00	UNIDAD	Q 8.19	Q 11.38
911	Codo Ø 2" X 90º	1.00	UNIDAD	Q 11.38	Q 21.75
912	Sifon PVC Ø 2"	1.00	UNIDAD	Q 21.75	Q 54.00
913	Candados	1.00	UNIDAD	Q 54.00	Q 41.52
914	Adaptador Macho Ø 1"	2.00	UNIDAD	Q 20.76	Q 126.42
915	Pichacha Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 126.42	Q 288.00
					Q 292.50
917	Tabla de 1"x12"x10'	65.00	PT	Q 4.50	Q 148.50
918	Paral de 3"x3"x12'	33.00	PT	Q 4.50	Q 31.50
919	Paral de 3"x3"x6'	7.00	PT	Q 4.50	Q 126.00
<b>2.0</b>	<b>ANCLAJES PARA TUBERÍA (TOTAL: 50 UNIDADES)</b>				Q 950.00
1000	Cemento	25.00	Sacos	Q 38.00	Q 300.00
1001	Arena de rio	2.00	mts.cubicos	Q 150.00	Q 200.00
1002	Piedrin de 1/2"	1.00	mts.cubicos	Q 200.00	Q 76.15
1003	Hierro No.3	5.00	Varilla	Q 15.23	

Q 47,470.73

<b>TOTAL LINEA DE CONDUCCION 1</b>	<b>\$5,853.36</b>
------------------------------------	-------------------

### 3 LINEA DE CONDUCCIÓN 2

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>3.1</b>	<b>TUBERÍA PVC</b>				
101	Tubo de Ø 1" PVC 160 psi	13.00	UNIDAD	Q 139.73	Q 1,816.49
102	Tubo de Ø 2" PVC 160 psi	2.00	UNIDAD	Q 55.00	Q 110.00
<b>3.2</b>	<b>TANQUE DE CAPTACIÓN</b>				
201	Cemento	27.00	Saco	Q 38.00	Q 1,026.00
202	Arena de río	3.00	M3	Q 150.00	Q 450.00
203	Piedrín de 1/2"	1.50	M3	Q 200.00	Q 300.00
204	Piedra de canto rodado	3.80	M3	Q 250.00	Q 950.00
205	Hierro No.3	10.00	Varillas	Q 15.23	Q 152.30
206	Hierro No.2	10.00	Varillas	Q 6.33	Q 63.30
207	Alambre de amarre	20.00	Libras	Q 2.95	Q 59.00
208	Adaptador Macho Ø 1 "	2.00	UNIDAD	Q 4.05	Q 8.10
209	Válvula de compuerta de Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 60.00	Q 60.00
210	Codo Ø 2" X 90°	2.00	UNIDAD	Q 11.38	Q 22.76
211	Pichacha Ø 1 "	1.00	UNIDAD	Q 26.18	Q 26.18
212	Sifon PVC Ø 2"	2.00	UNIDAD	Q 21.75	Q 43.50
213	Tabla de 1"x12"x12'	84.00	PT	Q 4.50	Q 378.00
214	Tabla de 1"x12"x10'	116.00	PT	Q 4.50	Q 522.00
215	Paral de 3"x3"x12'	50.00	PT	Q 4.50	Q 225.00
216	Paral de 3"x3"x6'	8.00	PT	Q 4.50	Q 36.00
217	Clavo de 3"	46.00	Libras	Q 4.50	Q 207.00
<b>3.3</b>	<b>TANQUE DISTRIBUCIÓN 2 (10 MTS3)</b>				
301	Cemento	120.00	Sacos	Q 38.00	Q 4,560.00
302	Arena de río	18.00	M3	Q 150.00	Q 2,700.00
303	Piedrín de 1/2"	0.90	M3	Q 200.00	Q 180.00
304	Piedra de canto rodado	23.00	M3	Q 250.00	Q 5,750.00
305	Hierro No. 4	1.00	Varilla	Q 28.28	Q 28.28
306	Hierro No.2	10.00	Varilla	Q 6.33	Q 63.30
307	Hierro No.3	57.00	Varilla	Q 15.23	Q 868.11
308	Alambre de amarre	35.00	Libras	Q 2.95	Q 103.25
309	Codo Ø 1 " X 90°	2.00	UNIDAD	Q 6.65	Q 13.30
310	Codo Ø 1" X 45°	1.00	UNIDAD	Q 8.19	Q 8.19
311	Codo Ø 2" X 90°	1.00	UNIDAD	Q 11.38	Q 11.38
312	Sifon PVC Ø 2"	1.00	UNIDAD	Q 21.75	Q 21.75
313	Candados	2.00	UNIDAD	Q 54.00	Q 108.00
314	Adaptador Macho Ø 1 "	2.00	UNIDAD	Q 20.76	Q 41.52
315	Pichacha Ø 1 "	2.00	UNIDAD	Q 126.42	Q 252.84
316	Tabla de 1"x12"x12'	64.00	PT	Q 4.50	Q 288.00
317	Tabla de 1"x12"x10'	65.00	PT	Q 4.50	Q 292.50
318	Paral de 3"x3"x12'	33.00	PT	Q 4.50	Q 148.50
319	Paral de 3"x3"x6'	7.00	PT	Q 4.50	Q 31.50
320	Clavo de 3"	28.00	Libras	Q 4.50	Q 126.00
321	Paral de 3"x3"x12'	48.00	PT	Q 4.50	Q 216.00

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
321	Paral de 3"x3"x12'	48.00	PT	Q 4.50	Q 216.00
322	Clavo de 3"	50.00	Libras	Q 4.50	Q 225.00

<b>TOTAL LINEA DE CONDUCCIÓN 2</b>					Q 22,493.05
					\$2,921.18

#### 4 LINEA DE DISTRIBUCIÓN 2A

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>4.1</b>	<b>TUBERÍA PVC</b>				
102	Tubo de Ø 1/2" PVC 315 psi	253.00	UNIDAD	Q 21.48	Q 5,434.44
<b>4.2</b>	<b>ACCESORIOS PVC</b>				
202	Codos Ø 1/2" X 45°	1.00	UNIDAD	Q 1.02	Q 1.02
203	Tee Ø 1/2" lisa	3.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 4.92

<b>TOTAL LINEA DISTRIBUCIÓN 2A</b>					Q 5,440.38
					\$706.54

#### 5 LINEA DE DISTRIBUCIÓN 2B

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>5.1</b>	<b>TUBERÍA PVC</b>				
102	Tubo de Ø 1" PVC 160 psi	43.00	UNIDAD	Q 21.48	Q 923.64
102	Tubo de Ø 3/4" PVC 250 psi	61.00	UNIDAD	Q 21.48	Q 1,310.28
102	Tubo de Ø 1/2" PVC 315 psi	27.00	UNIDAD	Q 21.48	Q 579.96
<b>5.2</b>	<b>ACCESORIOS PVC</b>				
202	Codos Ø 1" X 45°	1.00	UNIDAD	Q 1.02	Q 1.02
202	Codos Ø 3/4" X 45°	2.00	UNIDAD	Q 1.02	Q 2.04
202	Codos Ø 3/4" X 90°	1.00	UNIDAD	Q 1.02	Q 1.02
202	Codos Ø 1/2" X 90°	1.00	UNIDAD	Q 1.02	Q 1.02
203	Tee Ø 1" lisa	1.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 1.64
203	Tee Ø 3/4" lisa	6.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 9.84
203	Tee Ø 1/2" lisa	11.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 18.04
203	Reductor Liso 1"-1/2"	5.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 8.20
203	Reductor Liso 1"x3/4"	1.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 1.64
203	Reductor Liso 3/4"x1/2"	7.00	UNIDAD	Q 1.64	Q 11.48

<b>TOTAL LINEA DISTRIBUCIÓN 2B</b>					Q 2,869.82
					\$372.70

COD.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	P.U.	COSTO TOTAL
<b>6.1</b>	<b>ACCESORIOS</b>				
102	Plato hermético Guateplast	2.00	UNIDAD	Q 22.00	Q 44.00
102	Manguera plást. Flexible 1/4"	5.00	M Lineal	Q 3.00	Q 15.00
102	Silicón trans. Sista 300 ml	1.00	Cartucho	Q 55.00	Q 55.00
102	Plancha duroport de 1"	2.00	UNIDAD	Q 16.50	Q 33.00
102	Tinaco Rotoplast 750 litros	2.00	UNIDAD	Q 700.00	Q 1,400.00
<b>6.2</b>	<b>ACCESORIOS PVC</b>				
202	Niple PVC 1/2" de 1 metro	2.00	UNIDAD	Q 7.00	Q 14.00
202	Tapón hembra PVC 1/2"	4.00	UNIDAD	Q 2.50	Q 10.00
202	Codo PVC 1/2"	2.00	UNIDAD	Q 3.00	Q 6.00
202	Niple PVC 2" de 1 metro	2.00	UNIDAD	Q 15.00	Q 30.00
202	Tapón PVC 2"	4.00	UNIDAD	Q 6.50	Q 26.00
202	Reductor de 3/4" a 1/2"	2.00	UNIDAD	Q 3.50	Q 7.00

<b>TOTAL SISTEMAS DE DESINFECCIÓN</b>	Q 1,640.00
	\$212.99

<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	Q 86,902.44
	\$11,286.03

### 7.1.2 Cuantificación de mano de obra.

1 LÍNEA DE CONDUCCIÓN 1									
COD	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNI	PU	COSTO TOTAL	PRESTA.	TOTAL		
<b>1.1 TUBERIA PVC</b>									
101	Replanteo y trazo	1872.0	MI	Q 1.50	Q 2,808.00	Q 1,965.60	Q 4,773.60		
102	Excavacion para tubería	1872.0	MI	Q 3.00	Q 5,616.00	Q 3,931.20	Q 9,547.20		
102	Instalacion de tubería PVC Ø 1 "	1872.0	MI	Q 3.50	Q 6,552.00	Q 4,586.40	Q 11,138.40		
							Q 25,459.20		
<b>1.2 VÁLVULA DE AIRE</b>									
201	Construccion de caja de valvula/tapa	1.0	U	Q 300.00	Q 300.00	Q 210.00	Q 510.00		
202	Instalacion de valvula	1.0	U	Q 75.00	Q 75.00	Q 52.50	Q 127.50		
							Q 637.50		
<b>1.3 VÁLVULA DE LIMPIEZA</b>									
301	Construccion de caja de valvula/tapa	1.0	U	Q 300.00	Q 300.00	Q 210.00	Q 510.00		
302	Instalacion de valvula	1.0	U	Q 75.00	Q 75.00	Q 52.50	Q 127.50		
							Q 637.50		
<b>1.4 CAPTACIONES Y CAJA REUNIDORA DE CAUDALES</b>									
401	Excavacion para tanque y cajas	10.0	M3	Q 115.00	Q 1,150.00	Q 805.00	Q 1,955.00		
402	Fundicion concreto ciclopeo en piso	7.0	M3	Q 300.00	Q 2,100.00	Q 1,470.00	Q 3,570.00		
403	Formaleta de muros	28.0	M2	Q 45.00	Q 1,260.00	Q 882.00	Q 2,142.00		
404	Fundicion concreto ciclopeo en mur	12.0	M3	Q 300.00	Q 3,600.00	Q 2,520.00	Q 6,120.00		
405	Formaleta de losa y Tapadera	8.0	M2	Q 85.00	Q 680.00	Q 476.00	Q 1,156.00		
406	Armado de losa y tapadera	12.0	M2	Q 45.00	Q 540.00	Q 378.00	Q 918.00		
407	Fundicion de losa y tapadera	50.0	M2	Q 115.20	Q 5,760.00	Q 4,032.00	Q 9,792.00		
408	Construccion de caja y tapadera	1.0	U	Q 300.00	Q 300.00	Q 210.00	Q 510.00		
409	Instalacion de pichacha y accesorios	1.0	U	Q 75.00	Q 75.00	Q 52.50	Q 127.50		
							Q 26,290.50		
<b>1.5 CAJA ROMPE-PRESIÓN</b>									
501	Construccion de caja /tapadera	1.0	U	Q 400.00	Q 400.00	Q 280.00	Q 680.00		
502	Instalación accesorios	1.0	U	Q 100.00	Q 100.00	Q 70.00	Q 170.00		
							Q 850.00		





<b>3 LÍNEA DE CONDUCCIÓN 2</b>										
<b>COD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNI</b>	<b>PU</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>PRESTA.</b>	<b>TOTAL</b>			
<b>3.1 TUBERIA PVC</b>										
101	Replanteo y trazo	78.0	MI	Q 1.50	Q 117.00	Q 81.90	Q 198.90			
102	Excavacion para tubería	78.0	MI	Q 3.00	Q 234.00	Q 163.80	Q 397.80			
105	Instalacion de tubería PVC Ø 1"	78.0	MI	Q 3.00	Q 234.00	Q 163.80	Q 397.80			
							Q 994.50	Q	994.50	
<b>3.2 TANQUE DISTRIBUCIÓN 1 (10 MTS3)</b>										
201	Excavacion para tanque y cajas	56.3	M3	Q 115.00	Q 6,468.75	Q 4,528.13	Q 10,996.88			
202	Fundicion concreto ciclopeo en piso	10.0	M3	Q 300.00	Q 3,000.00	Q 2,100.00	Q 5,100.00			
203	Formaleta de muros	24.0	M2	Q 45.00	Q 1,080.00	Q 756.00	Q 1,836.00			
204	Fundicion concreto ciclopeo enmuro	15.6	M3	Q 300.00	Q 4,680.00	Q 3,276.00	Q 7,956.00			
205	Formaleta de losa y Tapadera	25.0	M2	Q 85.00	Q 2,125.00	Q 1,487.50	Q 3,612.50			
206	Armado de losa y tapadera	25.0	M2	Q 45.00	Q 1,125.00	Q 787.50	Q 1,912.50			
207	Fundicion de losa y tapadera	25.0	M2	Q 115.20	Q 2,880.00	Q 2,016.00	Q 4,896.00			
208	Construccion de caja y tapadera	1.0	U	Q 300.00	Q 300.00	Q 210.00	Q 510.00			
209	Instalacion de pichacha y accesorios	1.0	U	Q 75.00	Q 75.00	Q 52.50	Q 127.50			
							Q 36,947.38	Q	36,947.38	
					<b>TOTAL LÍNEA CONDUCCIÓN 2</b>			Q 37,941.88	Q	37,941.88
								\$ 4,927.52	\$	4,927.52
<b>4 LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2A</b>										
<b>COD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNI</b>	<b>PU</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>PRESTA.</b>	<b>TOTAL</b>			
<b>4.1 TUBERIA PVC</b>										
101	Replanteo y trazo	1518.0	MI	Q 1.50	Q 2,277.00	Q 1,593.90	Q 3,870.90			
102	Excavacion para tubería	1518.0	MI	Q 3.00	Q 4,554.00	Q 3,187.80	Q 7,741.80			
104	Instalacion de tubería PVC Ø 1/2"	1518.0	MI	Q 2.50	Q 3,795.00	Q 2,656.50	Q 6,451.50			
							Q 18,064.20	Q	18,064.20	
					<b>TOTAL LÍNEA DE DIST. 2A</b>			Q 18,064.20	Q	18,064.20
								\$ 2,346.00	\$	2,346.00





### 7.1.3 Integración del presupuesto.

H <sub>0</sub>	REGIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MAHO DE OBRA	COSTO MATERIAL	COSTO NIETO EN QUETZALES	COSTO NIETO EN DOLARES
1	LÍNEA DE CONDUCCIÓN 1	1	GLOBAL	Q. 102,594.58	Q. 47,470.73	Q. 150,065.31	\$ 19,488.00
2	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1	1	GLOBAL	Q. 21,736.20	Q. 6,968.46	Q. 28,724.66	\$ 3,730.48
3	LÍNEA DE CONDUCCIÓN 2	1	GLOBAL	Q. 37,941.88	Q. 22,493.05	Q. 60,434.93	\$ 7,848.69
4	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2A	1	GLOBAL	Q. 18,064.20	Q. 5,440.38	Q. 23,504.58	\$ 3,052.54
5	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2B	1	GLOBAL	Q. 9,261.80	Q. 2,869.82	Q. 12,131.42	\$ 1,575.51
6	SISTEMAS DE DESINFECCIÓN	1	GLOBAL	Q. 1,105.00	Q. 1,640.00	Q. 2,745.00	\$ 356.49
	<b>TOTALES</b>					<b>Q. 277,605.90</b>	<b>\$ 36,052.71</b>

**TOTAL DE QUETZALES EN LETRAS DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS CINCO CON 90/100.**

NOTA: El cambio para el día 16 de julio de 2,005 es de 7.70 quetzales por un Dólar americano.

El presupuesto presentado no contempla los costos indirectos.



## CONCLUSIONES

1. El Proyecto que se presenta será de vital importancia para el beneficio del caserío Cerro Gordo, ya que su sistema actual no permite que la totalidad tenga acceso al vital líquido. El sistema y diseño que se presenta, prestará servicio para el período de diseño de 20 años, en cantidad de agua suficiente y de mejor calidad.
2. El beneficio de la comunidad con estos sistemas y el derecho que tiene cada familia de hacer uso del agua, trae consigo la obligación por parte de la misma de tomar conciencia en el uso racional del agua; para ello es necesario dotar a los sistemas de dispositivos de medición a todas las conexiones domiciliarias, de lo contrario se incurre en gasto innecesario del vital líquido.
3. Para este proyecto, la dotación del agua fue asignada en base a dos principales criterios: primero, a que el diseño estuvo restringido por el bajo rendimiento y producción de los manantiales disponibles para suplir las necesidades, y segundo, en base a las características y costumbres de la comunidad, en comparación con otros sistemas y similares características, ubicados en el área.
4. El criterio que se adquirió para determinar la aplicación de dos sistemas de agua potable distintos, estuvo en función de los aforos y la topografía de las viviendas, es decir, que se utilizaron fuentes independientes para

cada sistema: el sistema uno para las viviendas que se encuentran en la parte más alta y retirada del caserío y el sistema dos para las viviendas que se encuentran en la parte más baja del caserío.

5. El programa de E.P.S. representa para el estudiante de Ingeniería, la mejor opción para poner a prueba todos los conocimientos adquiridos durante la carrera, y además, el de conocer la realidad que viven muchos compatriotas en el Interior de la República, y proponer ideas para mejorar la calidad de vida de los mismos.

## RECOMENDACIONES

1. El sistema debe ser construido con las especificaciones técnicas y detalles constructivos proyectados en planos y memorias de cálculo, presentados en este documento. Al ejecutar la obra, se recomienda además, capacitar a los miembros de la comunidad que estarán involucrados en la misma.
2. Al estar involucrados directamente con la construcción del proyecto, los miembros de la comunidad y la capacitación continua por parte de la entidad municipal, en un futuro se podrán organizar y autogestionar el sistema a través de los comités de la comunidad.
3. Se recomienda colocar dispositivos de medición en cada conexión domiciliar, y hacer conciencia dentro de la población en la necesidad de establecer una tarifa para el sostenimiento del proyecto, en cualquier tipo de eventualidad que afecte el buen funcionamiento del proyecto.
4. Recomendar a la población que utilicen el agua que adquieran, únicamente para uso y aseo personal, o tareas domésticas, y no para mini-riego u otros.

5. La tubería de PVC que se coloque, tanto en la línea de conducción y distribución, deberán colocarse a la profundidad recomendada, para protegerla de los rayos solares, golpes o incendios que puedan dañarla.
  
6. Deben realizarse aforos periódicos, principalmente en época de verano; además, se debe proteger y reforestar un área de 50 metros de radio respecto a cada fuente, de ser necesario.
  
7. La duración y eficiencia de los sistemas será directamente proporcional al mantenimiento que se le proporcione, por lo que se recomienda que el personal capacitado de la entidad municipal, revise y recorra la totalidad del sistema en busca de anomalías y realizar las respectivas reparaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cameros Marroquín, Leonel Orlando. Estudio para introducción de agua potable a las aldeas El Chile, La Laguna y Guaranjá, Gualán, Zacapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1998.
2. Castañeda Ocaña, Francisco Alberto. Guía para el cálculo de la tarifa en acueductos rurales. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1994.
3. Chuy Vides, Walter Omar. Evaluación de los hipocloradores en el área rural. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y de Recursos Hidráulicos. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1987.
4. Coronado De León, Alfonso de Jesús. Consideraciones para el diseño de abastecimiento de agua potable con tubería de PVC. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1977.
5. Dávila Crespo, Darwin Omar. Estudio y diseño del sistema de agua potable para las comunidades de Hierbabuena, La Fuente y Valencia, del municipio de Jutiapa, Jutiapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1995.
6. Gonzáles Salazar, Julio Mauricio. Cálculo de redes de distribución de agua, comparación de métodos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1969.
7. Grijalva, César Augusto. Evaluación y bases para diseñar un sistema de agua potable. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1989.
8. Sánchez Del Valle, Rosa. **2002 Lecciones aprendidas en la gestión local de riesgo**. Guatemala, Guatemala. Cooperativa Técnica Alemana. Segunda Edición.
9. Torres Nieto, Álvaro y Eduardo Villate Eduardo. **Topografía**. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001. 449pp.



## **ANEXO A**

- Libreta topográfica sistema de abastecimiento uno
- Libreta topográfica sistema de abastecimiento dos
- Examen bacteriológico fuente uno
- Examen bacteriológico fuente dos



## Libreta topográfica sistema de abastecimiento uno

EST.	P.O	AZIMUT			D.H.	COTA TERRENO
	E0					1000.00
E0	E1	87°	35'	5"	57.28	999.02
E0	E'1	249°	56'	0"	29.97	1001.36
E1	E2	55°	10'	15"	78.43	991.77
E2	E3	102°	26'	55"	113.79	990.66
E3	E4	139°	58'	5"	96.98	989.16
E4	E5	158°	5'	10"	152.09	950.42
E5	R1	186	48	0	73.56	968.00
E5	R2	176	12	0	71.36	964.53
E5	E6	94°	45'	5"	213.98	911.89
E6	E7	115°	39'	0"	67.60	909.44
E7	E8	126°	15'	50"	32.00	909.28
E8	E9	141°	41'	20"	25.28	908.96
E9	E10	148°	36'	10"	88.37	895.87
E10	E11	127°	58'	50"	107.81	892.71
E11	E12	133°	8'	5"	53.76	899.61
E12	E13	157°	37'	0"	30.86	902.49
E13	E14	168°	34'	5"	74.18	907.47
E14	E15	197°	2'	0"	81.50	907.97
E15	E16	201°	37'	50"	58.20	902.74
E16	E17	191°	31'	30"	62.09	909.16
E17	E18	198°	38'	20"	90.55	901.57
E18	E19	173°	45'	40"	103.26	899.59
E19	E20	196°	48'	1"	40.14	915.52
E20	E21	108°	57'	11"	91.74	888.09
E21	E22	171°	17'	45"	78.73	890.57

### Libreta topográfica sistema de abastecimiento uno (continuación)

EST.	P.O	AZIMUT			D.H.	COTA
						TERRENO
E22	E23	194°	55'	30"	59.00	891.26
E23	E24	211°	4'	0"	50.07	892.76
E24	E25	175°	38'	0"	121.42	898.45
E25	E25.1	44°	7'	0"	82.37	888.02
E25.1	R1	97°	39'	0"	33.64	882.60
E25	E26	174°	33'	30"	105.91	887.65
E26	E27	170°	47'	30"	61.18	893.31
E27	E28	173°	44'	10"	97.30	894.30
E28	R1	23°	32'	0"	56.01	887.01
E28	R2	25°	29'	0"	19.29	890.22
E28	"A"	42°	25'	5"	110.33	872.72
"A"	R1	48°	24'	0"	18.72	870.79
"A"	R2	99°	58'	0"	11.10	867.87
E28	E29	172°	53'	50"	41.75	893.11
E29	E29.1	105°	49'	55"	45.49	882.33
E29.1	R1	58°	46'	0"	37.05	875.77
E29.1	E29.2	91°	54'	20"	70.21	859.97
E29.2	E29.3	116°	31'	45"	66.49	854.26
E29.3	R1	172°	51'	0"	31.50	845.67
E29.3	R2	97°	28'	10"	37.17	847.24
E29	E30	188°	44'	40"	69.12	889.51
E30	E31	194°	7'	45"	97.75	884.60
E31	E32	196°	57'	20"	87.01	878.80
E32	E33	205°	18'	50"	117.40	878.27
E33	E34	204°	48'	0"	69.59	869.60

## Libreta topográfica sistema de abastecimiento dos

EST.	P.O	AZIMUT			D.H.	COTA TERRENO
E17	E18	198°	38'	20"	90.55	901.57
E18	R1	112°	21'	15"	19.85	893.64
E18	E1A	117°	41'	20"	82.68	886.33
E0A	E1A	224°	45'	40"	42.14	889.40
E1A	E2A	67°	15'	0"	32.74	883.70
E2A	E3A	63°	1'	50"	85.75	875.26
E3A	E4A	8°	43'	0"	219.25	861.77
E4A	E5A	19°	6'	5"	180.66	849.03
E5A	E5'	76°	23'	0"	95.17	838.21
E5'	E6'	78°	44'	10"	81.14	825.66
E5A	E6A	348°	42'	20"	215.12	804.68
E6A	R1	111°	2'	0"	141.26	824.15
E6A	R2	222°	42'	0"	74.75	823.43
E6A	E7A	352°	20'	30"	41.71	802.66
E7A	E8A	4°	8'	50"	285.56	758.72
E1A	E2A	67°	15'	0"	32.74	883.70
E2A	E1B	98°	36'	30"	37.91	878.50
E1B	E2B	141°	28'	20"	53.83	876.69
E2B	E3B	161°	49'	5"	72.52	879.86
E3B	R1	180°	32'	0"	32.56	872.17
E3B	R2	197°	41'	0"	38.73	873.07
E3B	E4B	220°	36'	0"	75.15	876.55
E4B	R1	75°	52'	0"	15.70	871.94
E4B	R2	102°	57'	0"	59.04	861.81
E4B	R3	103°	5'	0"	21.12	870.29
E4B	E5B	189°	40'	20"	70.60	873.99
E5B	E6B	95°	50'	30"	48.37	868.71
E6B	R1	60°	42'	0"	25.73	865.81
E6B	E7B	143°	46'	0"	69.29	868.21
E7B	E8B	174°	54'	0"	60.78	867.19
E8B	R1	31°	42'	0"	20.28	864.66
E8B	E9B	176°	39'	50"	84.66	859.88
E9B	R1	21°	2'	0"	48.25	854.09
E9B	R2	109°	50'	0"	23.44	853.61
E9B	E10B	171°	32'	50"	82.18	855.65
E10B	R1	46°	10'	0"	23.36	851.29
E10B	E11B	185°	33'	55"	62.68	850.68
E11B	R1	176°	17'	0"	19.69	847.84
E11B	R2	177°	18'	0"	32.14	847.53



## Examen bacteriológico fuente uno

### Ministerio de Salud Pública y A.S. Dirección de Área de Salud El Progreso Departamento de Saneamiento Ambiental

REGISTRO DEL EXAMEN BACTERIOLÓGICO POR EL MÉTODO DE MEMBRANA DE FILTRACIÓN.

No. 25-2,004 MUESTRA DE: Cerro Gordo Morasán  
 FECHA Y HORA EN QUE SE TOMO LA MUESTRA: 24 - 05- 2,004 8.15 horas  
 SITIO: Nac. Saumo FUENTE: Nacimiento  
 PERSONA QUE TOMO LA MUESTRA: Magaly León ISA.  
 FECHA Y HORA EN QUE SE ANALIZA: 25-05-2,004  
 COLOR: Claro ASPECTO: Incoloro  
 SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: Ninguna  
 INVESTIGACIÓN DEL GRUPO COLIFORME: \_\_\_\_\_  

N.º	MED. SELEC.	VOL. DE MUESTRA	N.º DE COLIF. COLIF.	N.º DE COLIF. COLIFORME	N.º DE COLIF. X 100 ML.	TIEMPO DE INCUBAC.
1	Endo	100 ml.	0	0	0	24 horas

 OBSERVACIONES: Agua al momento de su analisis sin cloro residual  
 CONCLUSIONES: Agua apta para el consumo humano  
 RECOMENDACIONES: Mantener vigilado el sistema de agua, y realizar defecciones cada tres meses, y educar a la población para que utilice bien el agua para su consumo.  
 LUGAR Y FECHA: Guastatoya 16 de Junio 2,004



RESPONSABLE:  
 COORDINADOR ISA,  
 ENCARGADO DE LA INVESTIGACION BACTERIOLÓGICA,  
 DIRECCION AREA DE SALUD  
 EL PROGRESO

**Héctor Marroquín Barrios**  
 ISA Area de Salud El Progreso





## Examen bacteriológico fuente dos

**Ministerio de Salud Pública y A.S.  
Dirección de Área de Salud El Progreso  
Departamento de Sancamiento Ambiental**

REPORTE DEL EXAMEN BACTERIOLÓGICO POR EL MÉTODO DE  
MEMBRANA DE FILTRACIÓN.

N.º 24-2,004 MUESTRA DEL Nac. Sauso Cerro Gordo Morasán

FECHA Y HORA EN QUE SE TOMO LA MUESTRA: 24-05-2,004 8.00 horas

SITIO: Nacimiento FUENTE: Nacimiento

PERSONA QUE COPIO LA MUESTRA: ISA Magaly León

FECHA Y HORA EN QUE SE ANALIZA: 25-05-2,004

COLOR: Claro ASPECTO: Incoloro

SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: Ninguna

INVESTIGACIÓN DEL GRUPO COLIFORMES: \_\_\_\_\_

N.º	MEAL	MEDIO	VOL. DE MUESTRA	N.º DE COLONIAS	N.º DE COLIFORMES	N.º DE COLIFORMES	TIEMPO DE INCUBACIÓN
1	Endo		100 ml.	16	16	16	24 horas

OBSERVACIONES: Agua al momento de su analisis sin cloro residual

CONCLUSIONES: Agua apta para el consumo humano

RECOMENDACIONES: Mantener vigilado el sistema de agua, y realizar defecciones cada tres meses, y educar a la población para que utilice bien el agua para su consumo.

LUGAR Y FECHA: Guastatoya 16 de Junio 2,004

RESPONSABLE:

COORDINADOR(A)  
ENCARGADO DE LA LABORATORIO BACTER.  
DIRECCIÓN DE SALUD  
EL PROGRESO

**Héctor Marroquín Barrisatos**  
ISA Área de Salud El Progreso



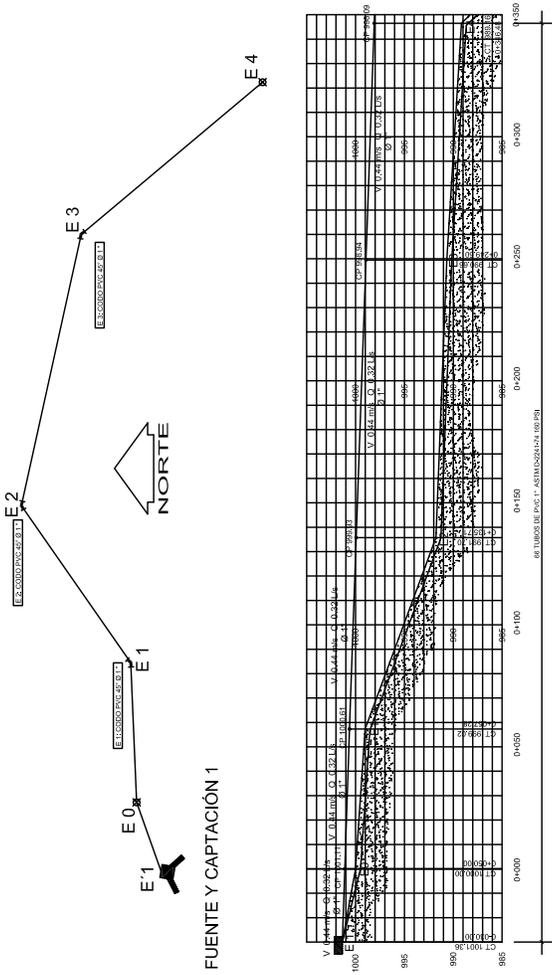


## ANEXO B

PLANTA DETALLADA	1-13
PLANTA-PERFIL 1,2 Y 3	2-13
PLANTA-PERFIL 4	3-13
PLANTA-PERFIL 5	4-13
PLANTA-PERFIL 6 Y 7	5-13
PLANTA-PERFIL 8, 9 Y 10	6-13
PLANTA-PERFIL 11 Y 12	7-13
PLANTA-PERFIL 13, 14 Y 15	8-13
PLANTA-PERFIL 16 Y 17	9-13
CAPTACIONES 1 Y 2. PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	10-13
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN UNO, LOSA Y TAPADERA DE TANQUES.	
PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	11-13
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DOS, CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES.	
PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	12-13
HIPOCLORADOR TIPO EMPAGUA, CAJA ROMPE-PRESIÓN, CAJA DE VÁLVULAS, VÁLVULAS DE LIMPIEZA Y VÁLVULAS DE AIRE.	
PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	13-13

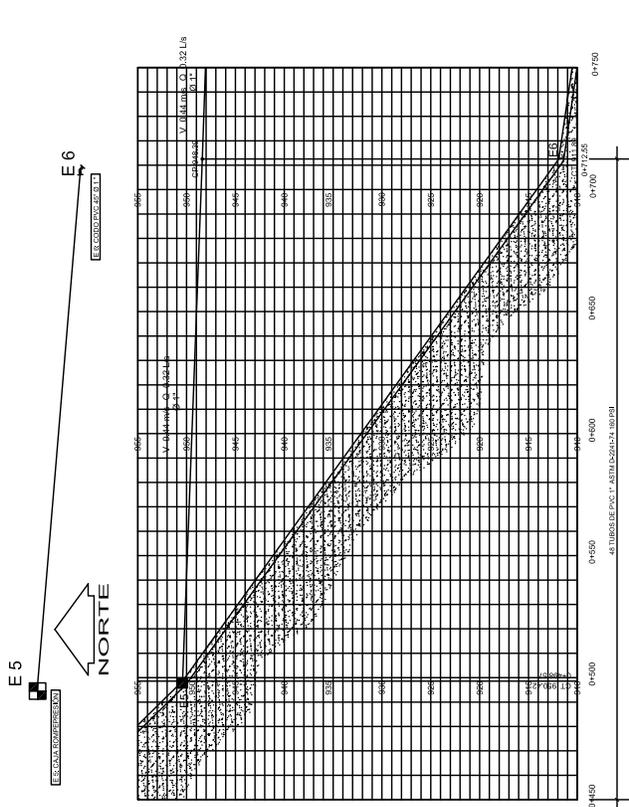






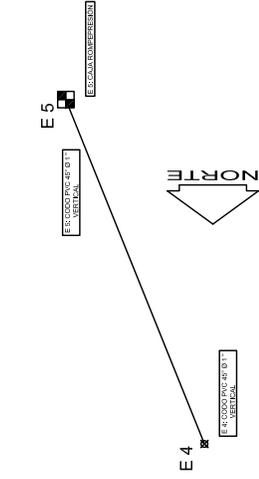
**PLANTA-PERFIL 1**

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000



**PLANTA-PERFIL 2**

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000



**PLANTA-PERFIL 3**

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000

EST.	P.O.	AZMUT	D.H.
E0	E1	87° 35' 5"	57.26
E1	E2	26° 10' 15"	78.43
E2	E3	102° 26' 55"	113.79
E3	E4	139° 58' 5"	96.90
E4	E5	194° 45' 5"	215.08

Indica Estación topográfica  
Indica Cota Piezométrica (m)  
Indica Caudal conducido o distribuido (m<sup>3</sup>/s)  
Indica Diámetro de tubería (Pulgadas)  
Indica Velocidad (m/s)

E  
C.P.  
Q  
V



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

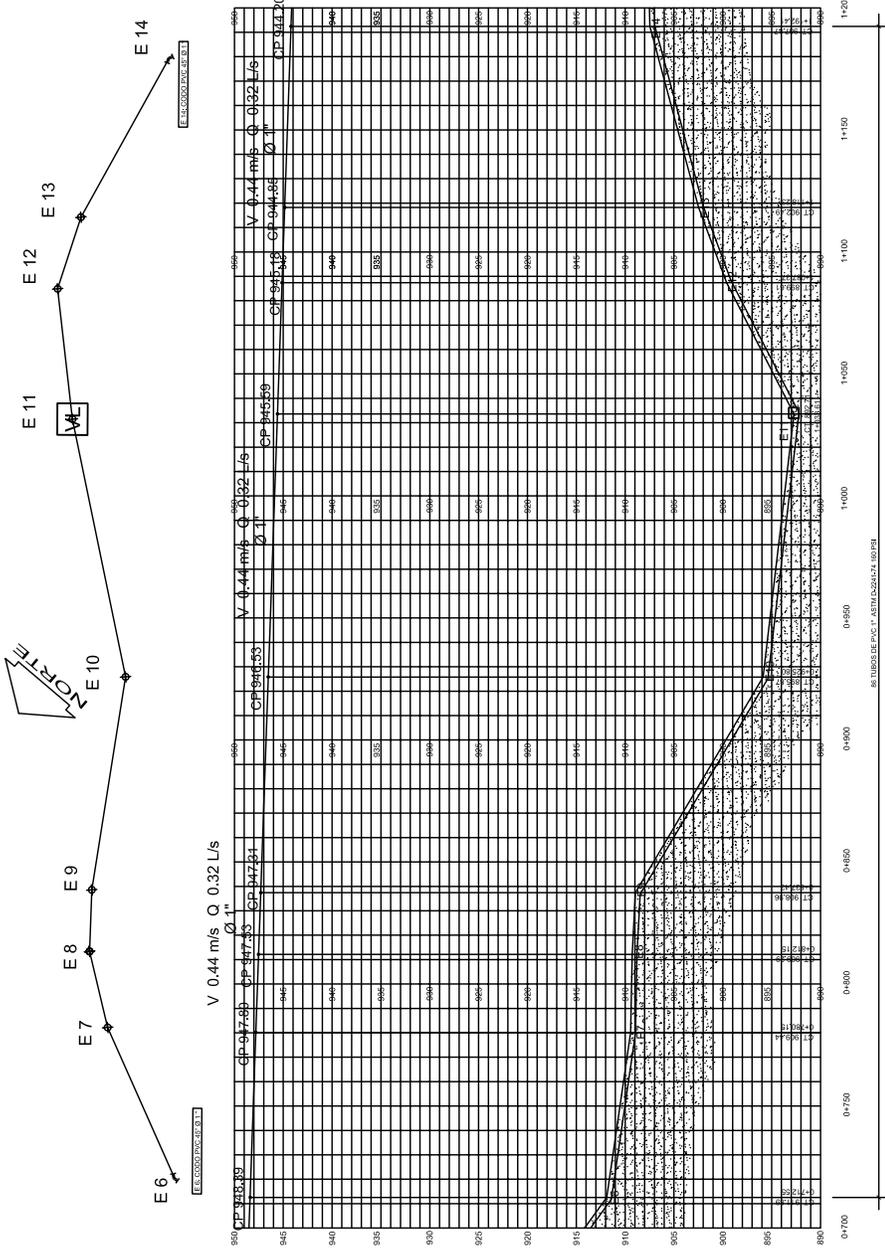
REGION NOR - ORIENTE  
MORAZAN, PROCESO  
CANTON: CASERO CERRO CARCO, MORAZAN, EL PROCESO.

EPS INC. 2.004  
MORAZAN, PROCESO  
INDICADA  
ENERGIA, 2008

DAVID RICHARDO PALMA V.  
INGENIERO EN INGENIERIA  
MORAZAN, EL PROCESO.

PLANTA-PERFIL 1, 2 Y 3

No. DE HOJA  
2/13



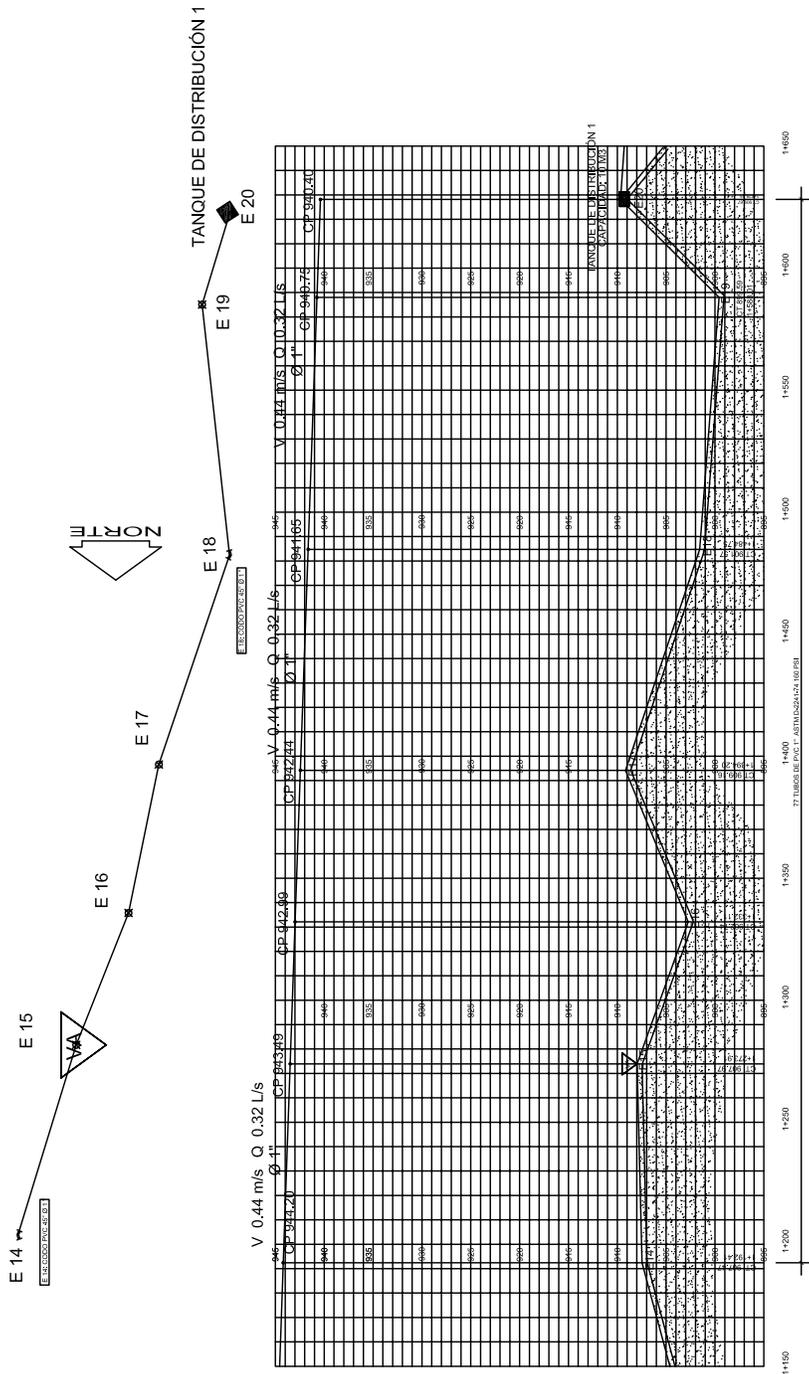
**PLANTA-PERFIL 4**

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horiz. 1:1000

EST	P.O.	AZIMUT	D.H.
E6	E7	115 39' 0"	67.60
E7	E8	126 15' 50"	32.00
E8	E9	141 41' 20"	25.28
E9	E10	139 36' 0"	65.37
E10	E11	133 36' 59"	153.76
E11	E12	157 37' 0"	30.66
E12	E13	168 34' 5"	74.18

E Indica Estación topográfica  
 C.P. Indica Cota Piezométrica (m)  
 Q Indica Caudal conducido o distribuido (m<sup>3</sup>/s)  
 Ø Indica Diámetro de tubería (Pulgadas)  
 V Indica Velocidad (m/s)  
 VL Indica válvula de limpieza

		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
REGION NOR - ORIENTE DEPARTAMENTO DE MORAZÁN MUNICIPIO DE EL PROGRESO	AUTOR: DAVID RICHARDO PALMA V. ASISTENTE DE INVESTIGACION: GUSTAVO CERRO CARDO, MORAZÁN, EL PROGRESO, EL PROGRESO FECHA: MARZO 2008	TÍTULO: PLANTA-PERFIL 4 ESCALA: 1:250 (VERTICAL), 1:1000 (HORIZONTAL) FECHA DE ENTREGA: MARZO 2008	No. DE HOJA 3 / 13



**PLANTA-PERFIL 5**

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000

EST.	P.O	AZMUT	D.H.
E14	E15	197° 2'	0'
E15	E16	201° 37'	50"
E16	E17	191° 31'	30"
E17	E18	198° 38'	20"
E18	E19	173° 45'	40"
E19	E20	106° 106'	48° 1'

E Indica Estación topográfica  
 C.P. Indica Cota Piezométrica (m)  
 Q Indica Caudal de distribución (m<sup>3</sup>/s)  
 Ø Indica Diámetro de tubería (Pulgadas)  
 V Indica Velocidad (m/s)  
 Indica válvula de aire

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
REGION NOR - ORIENTE DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS MUNICIPIO DE SAN CARLOS CANTON DE SAN CARLOS COMUNIDAD DE SAN CARLOS ZONA URBANA	DAVID RICHARDO PALMA V. INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS MAESTRO EN AGUAS ESPECIALIDAD EN AGUAS MARZO 2008
<b>PLANTA-PERFIL 5</b>	
No. DE HOJA 4 / 13	No. DE HOJA 4 / 13



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

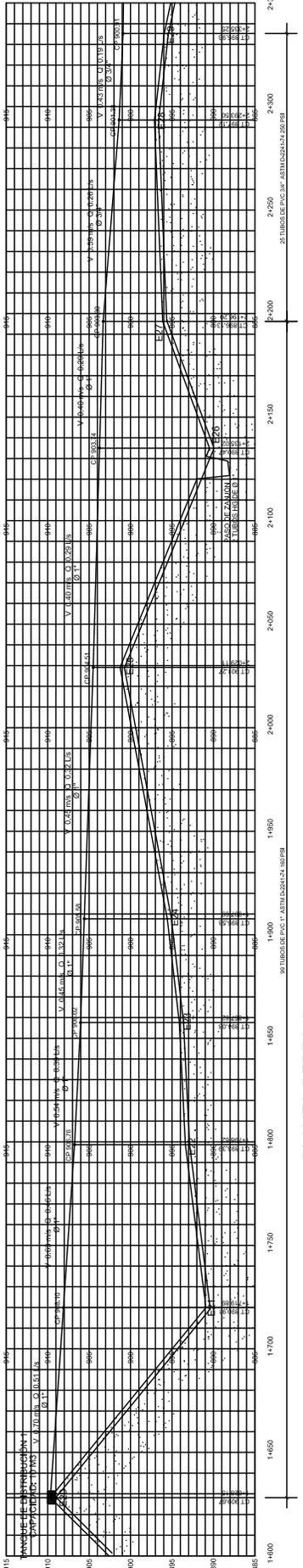
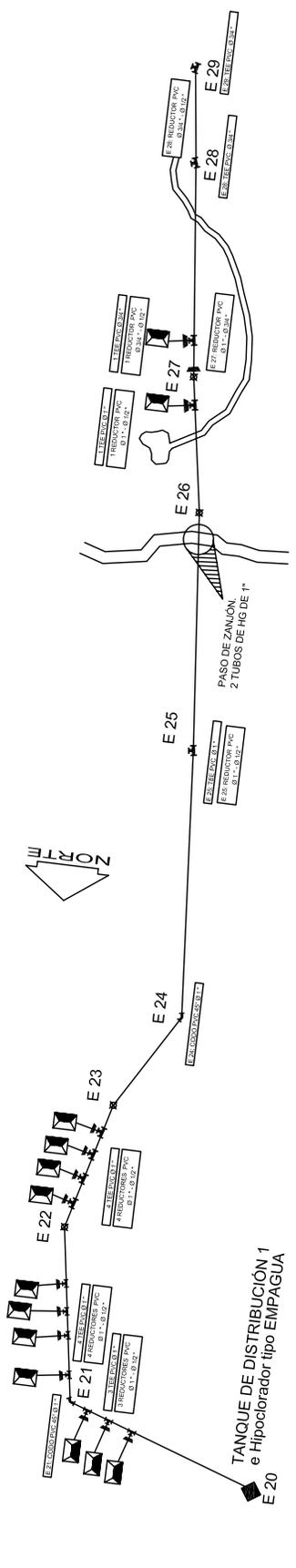
REGION NOR - ORIENTE	DAVID RICARDO PALMA V.
PROCESO	PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA
PROYECTO	PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA
FECHA	15/05/2008
INDICACION	PLANTA - PERFIL 6 Y 7
ESCALA	1:1000
FECHA DE EMISION	15/05/2008

NO. DE HOJA	5
FECHA	
PROYECTO	
INDICACION	

Indica Estación topográfica  
Indica Coia Piezométrica (m)  
Indica Caudal conducido o distribuido (m<sup>3</sup>/s)  
Indica Diámetro de tubería (Pulgadas)  
Indica Velocidad (m/s)

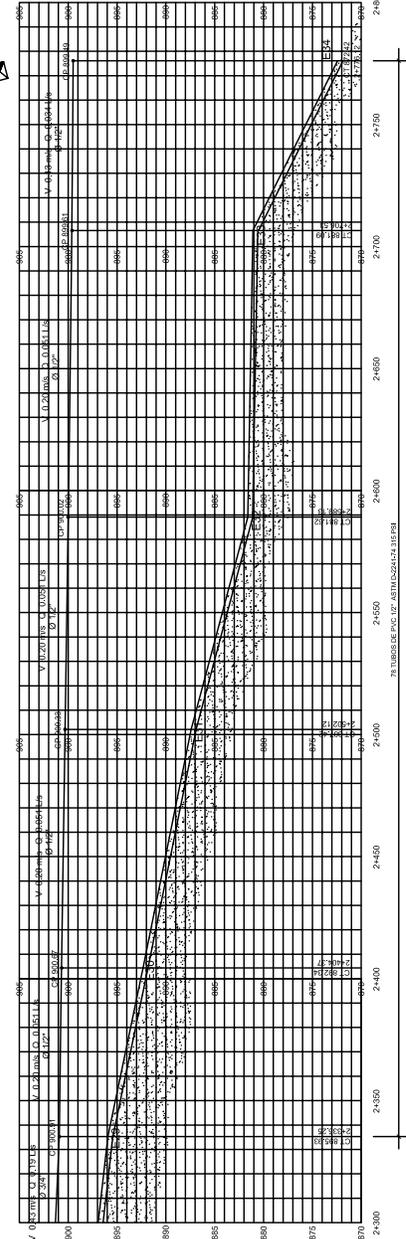
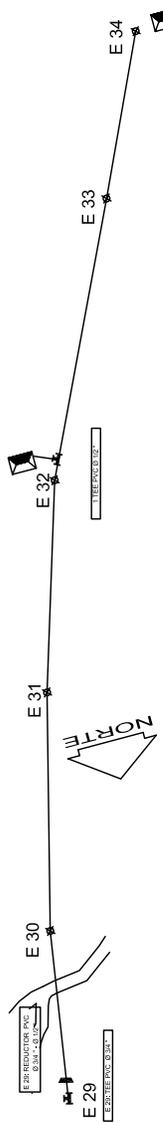
E.C.P.  
Q  
Ø  
V

EST.	P.O.	AZMUT	D.H.
E20	E21	108° 57' 11"	91.74
E21	E22	171° 17' 45"	78.73
E22	E23	194° 55' 30"	59.00
E23	E24	211° 4' 0"	50.07
E24	E25	175° 38' 0"	121.42
E25	E26	174° 33' 30"	105.91
E26	E27	170° 47' 30"	61.18
E27	E28	173° 44' 0"	47.30
E28	E29	172° 53' 50"	41.75
E29	E30	168° 44' 45"	69.72
E30	E31	164° 57' 30"	87.01
E31	E32	205° 18' 50"	117.45
E32	E33	204° 48' 0"	69.56



PLANTA-PERFIL 6

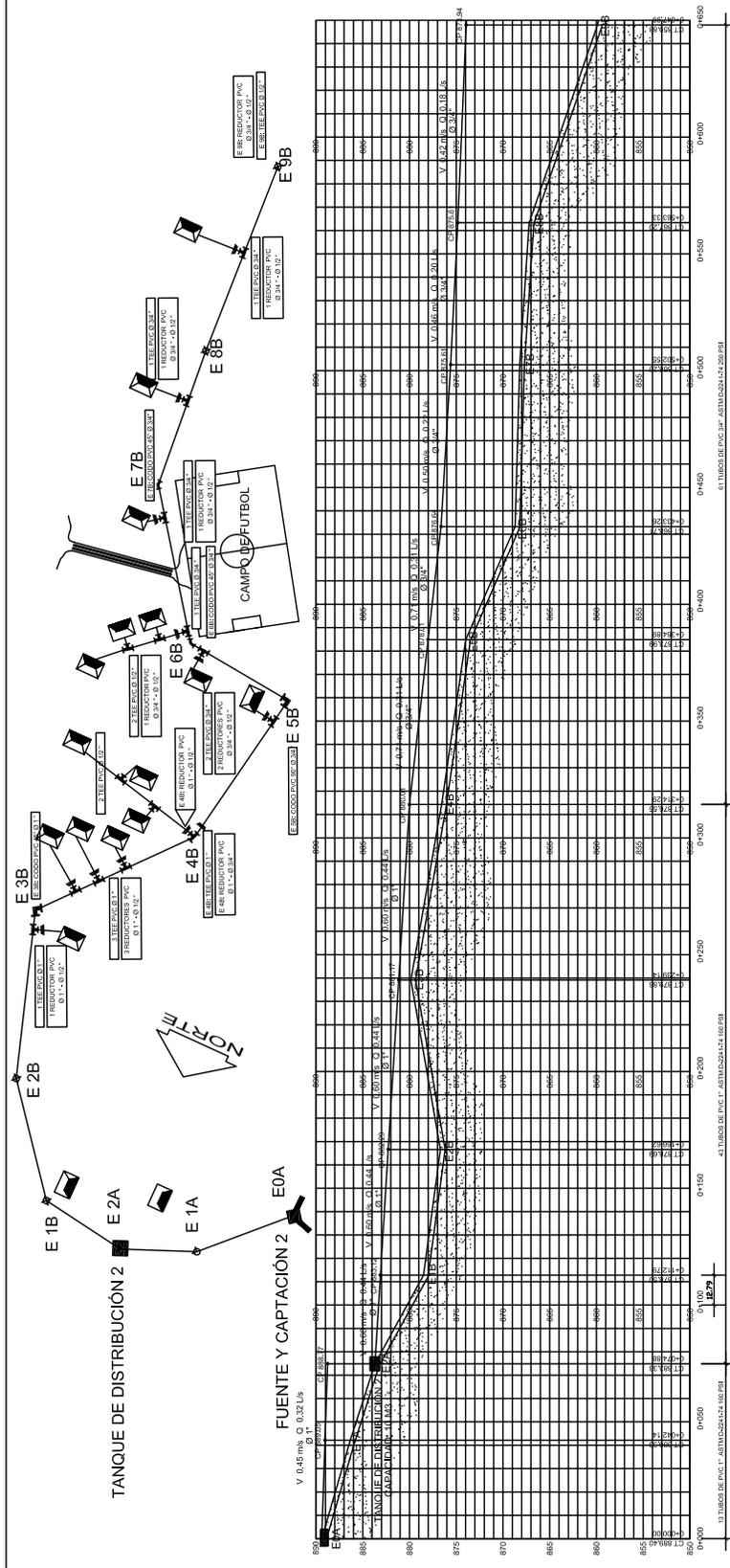
Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000



PLANTA-PERFIL 7

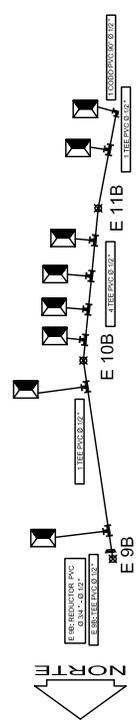
Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000





PLANTA-PERFIL 11

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000



PLANTA-PERFIL 12

Esc. Vert. 1:250  
Esc. Horz. 1:1000

Indica Estación topográfica  
Indica Cota económica (m)  
Indica Cota de control (distribuido) (m3/s)  
Indica Diámetro de tubería (Pulgadas)  
Indica Velocidad (m/s)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
REGION NOR - ORIENTE  
DAVID RICARDO PALMA V.  
MORAZAN, CASERO CERRO CARCO, MORAZAN, EL PROGRESO,  
GUATEMALA  
E.P.S. INC. 2.004  
INDICADA  
ENERGIA, 2008

No. DE HOJA  
7/13  
AUTOR  
EPS

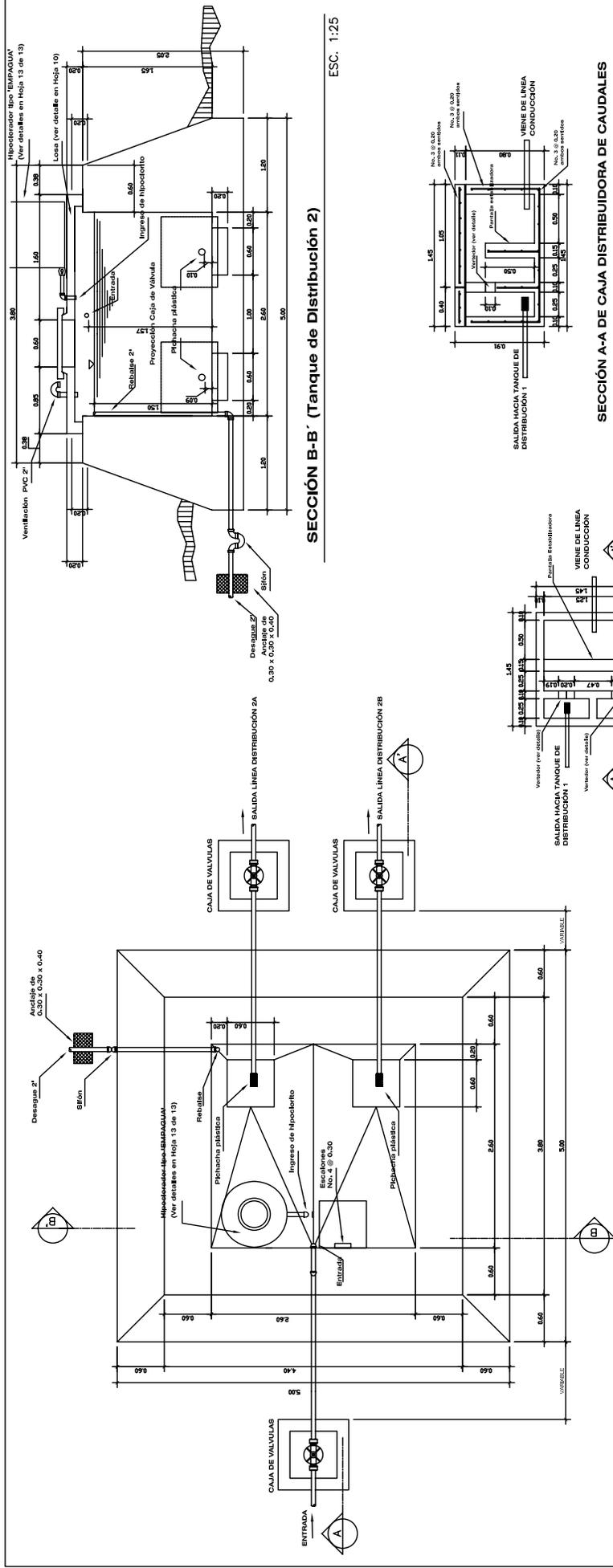
EST.	P.O.	ADMUT	D.H.		
E0A	E1A	224'	45'	40"	42.14
E1A	E2A	67'	15'	0"	32.74
E2A	E1B	98'	36'	30"	37.91
E1B	E2B	141'	28'	20"	53.83
E2B	E3B	161'	49'	5"	72.52
E3B	E4B	220'	36'	0"	75.15
E4B	E5B	189'	40'	20"	70.60
E5B	E6B	95'	50'	30"	48.37
E6B	E7B	143'	46'	0"	69.29
E7B	E8B	174'	54'	0"	60.78
E8B	E9B	171'	32'	50"	84.08
E9B	E10B	165'	33'	55"	62.08











SECCIÓN B-B' (Tanque de Distribución 2)

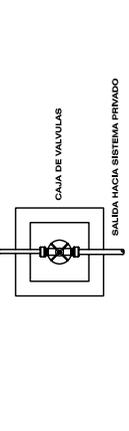
ESC. 1:25

PLANTA TANQUE DE DISTRIBUCIÓN 2

ESC. 1:25

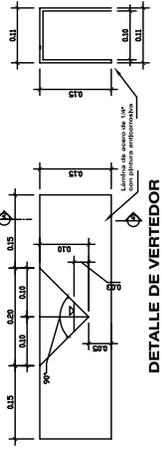
SECCIÓN A-A DE CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES

ESC. 1:20



PLANTA DE CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES

ESC. 1:25



DETALLE DE VERTEDEDOR

ESC. 1:5

		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>REGION NOR - ORIENTE</b> <b>EPS INC. 2004</b> <b>MOZAMBIQUE</b> <b>EL PROCESO</b> <b>INDICADA</b> <b>ENERO-ENERO, 2005</b>	<b>REGION SUR - OCCIDENTE</b> <b>DAVID RICARDO PALMA V.</b> <b>INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE, EL PROCESO</b> <b>INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE, EL PROCESO</b> <b>INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE, EL PROCESO</b>	<b>PROFESOR</b> <b>PROFESOR</b> <b>PROFESOR</b> <b>PROFESOR</b> <b>PROFESOR</b>	<b>MAESTRO EN AGUA POTABLE</b> <b>MAESTRO EN AGUA POTABLE</b> <b>MAESTRO EN AGUA POTABLE</b> <b>MAESTRO EN AGUA POTABLE</b>
<b>TANQUE DE DISTRIBUCION 2, CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES</b> <b>PANTA, SOCCORES Y DETALLES</b>		<b>NO. DE HOJA</b> <b>12/13</b>	

- Notas:
- Se realizó un estudio de suelos con el fin de determinar la capacidad de carga del terreno. Se utilizó un método de clasificación de suelos tipo SPT, con un número de golpes mínimo de 15 cm, y el resultado se utilizó para la selección de la cimentación.
  - El concreto usado en la proporción 1:2:3. Significa por una cubeta de cemento y 2 de arena.
  - En la tubería de agua de 1.5" de diámetro se utilizó un tipo de tubería de PVC de 1.5" de diámetro.
  - Se realizó un estudio de suelos con el fin de determinar la capacidad de carga del terreno. Se utilizó un método de clasificación de suelos tipo SPT, con un número de golpes mínimo de 15 cm, y el resultado se utilizó para la selección de la cimentación.
  - Se utilizó acero de grado 40.

- Notas:
- La impermeabilización de las paredes se deberá hacer de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-1185.
  - El concreto usado en la proporción 1:2:3. Significa por una cubeta de cemento y 2 de arena.
  - En la tubería de agua de 1.5" de diámetro se utilizó un tipo de tubería de PVC de 1.5" de diámetro.
  - Se realizó un estudio de suelos con el fin de determinar la capacidad de carga del terreno. Se utilizó un método de clasificación de suelos tipo SPT, con un número de golpes mínimo de 15 cm, y el resultado se utilizó para la selección de la cimentación.
  - Se utilizó acero de grado 40.

SECCIÓN A-A' (Tanque de Distribución 2)

ESC. 1:25

