

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN RESERVORIO NATURAL CON BORDA, TECHADO Y  
RECUBIERTO CON GEOMEMBRANA, PARA LOS SECTORES DE LA  
COMUNIDAD SEGUNDO MONTES, EN EL DEPARTAMENTO DE  
MORAZÁN.**

PRESENTADO POR:

**JOAQUÍN ALFREDO LÓPEZ MENÉNDEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA :

**DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ**

SECRETARIA GENERAL :

**LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIO :

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DIRECTOR :

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO CIVIL**

Título

:

**DISEÑO DE UN RESERVORIO NATURAL CON BORDA, TECHADO Y  
RECUBIERTO CON GEOMEMBRANA, PARA LOS SECTORES DE LA  
COMUNIDAD SEGUNDO MONTES, EN EL DEPARTAMENTO DE  
MORAZÁN.**

Presentado por

:

**JOAQUÍN ALFREDO LÓPEZ MENÉNDEZ**

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes Directores

:

Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González

Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada

Ing. Héctor Alejandro Portillo Cortez

San Salvador, octubre de 2007

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González.**

**Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada.**

**Ing. Héctor Alejandro Portillo Cortez.**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por esta oportunidad de vida y permitirme disfrutar mis éxitos, a mis padres y familiares que brindaron su apoyo en todo momento, a la Universidad de El Salvador por proporcionarme la oportunidad de superación académica.

A las empresas e instituciones que colaboraron de forma desinteresada y oportuna en el desarrollo de este trabajo de investigación, con tiempo, información actualizada, asesoría técnica, etc. este documento es una muestra de solidaridad y esfuerzo mutuo, y por ello agradezco en gran manera a las siguientes empresas e instituciones que con sus aportes apoyaron en la elaboración de este trabajo de graduación.

- Universidad de El Salvador (UES).
- Servicio Natural de Estudios Territoriales (SNET).
- Ingeniería de Tratamiento de Aguas ESPINSA.
- Fondo Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL).
- Dureco de El Salvador S.A de C.V. (DURMAN).
- Laboratorio de suelos y materiales SEPROBIA S.A. de C.V.
- Centro Nacional de Registros (CNR).

Agradezco a todos los profesionales de instituciones y empresas por su tan valiosa colaboración, en las diversas etapas de este estudio, brindando su tiempo, consejos, recomendaciones, correcciones y esfuerzos en general, quedando satisfecho por la ayuda desinteresada, transparente y directa que me otorgaron. Y por ello, les doy este agradecimiento por su valiosa colaboración a los siguientes profesionales.

- **Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González.**

Por todo su apoyo desde el inicio, brindando comprensión, orientación, solidaridad, asesoría y esfuerzo en todo momento, además de la confianza que depositó en mi persona para realizar este estudio.

➤ **Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada.**

La experiencia en costos de todo tipo de proyectos ayudó a realizar este estudio de forma detallada en cuanto a sus procesos de construcción.

➤ **Ing. Héctor Alejandro Portillo Cortez.**

Su experiencia en el desarrollo de todo tipo de proyectos se convirtió en indispensable y provechosa para desarrollar este estudio.

➤ **Cooperación Española, al Dr. Luís Boigues.**

Al dar acceso a este proyecto social propiamente, han contribuido a la formación profesional y a la investigación aplicada en ingeniería, dando criterios e información oportuna en la ejecución del proyecto, la carpeta técnica propia del proyecto y este trabajo de graduación.

➤ **Ing. José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo.**

Su habilidad para la formulación inicial del proyecto fue importante para dar marcha a este estudio.

➤ **Ing. Eric Wilfredo Carranza Valiente.**

Su habilidad para desarrollar presupuestos de financiamiento y plan de oferta ayudaron a establecer los costos necesarios para financiar este estudio.

## **DEDICATORIA.**

**A Dios Todo Poderoso.** Quien me dió fortaleza, sabiduría, paciencia y todo lo que tengo, he tenido y tendré.

**A mis padres.** José Alfredo López Guevara y Ana Gladis Menéndez Marroquín por darme todo el apoyo incondicional para salir adelante en mi formación académica.

**A mis grandes amores.** Mi esposa, Susana Beatriz Vásquez Alegría y mi hijo, Samuel Alfredo López Vázquez, que Dios los puso como mi inspiración y felicidad antes del desarrollo de este estudio.

**A mis hermanos.** Yolanda Soledad y José Amir.

**A mis sobrinos.** Katherine Elizabeth, Yancí Lisseth, Susana Margarita, Xiomara Marcela, Francisco Alfredo y Eliseo Moisés.

En general, a todas las personas que con su amistad sincera brindaron su apoyo y colaboraron a alcanzar este triunfo.

## ÍNDICE

|  |  |
|--|--|
| Contenido  |  |
| Introducción.....  |  |
| <b>1.Capítulo I: Estudio preliminar.....</b>                                     |  |
| 1.1 Introducción.....  |  |
| 1.2 Antecedentes.....  |  |
| 1.3 Planteamiento del problema.....  |  |
| 1.4 Objetivos.....   |  |
| 1.4.1 Objetivo general.....  |  |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....   |  |
| 1.5 Alcances.....  |  |
| 1.6 Limitaciones.....  |  |
| 1.7 Justificación.....   |  |
| 1.8 Recursos hídricos existentes en áreas rurales.....                           |  |
| 1.8.1 Registros de ANDA en 1998.....   |  |
| 1.8.1.1 Tipo de servicio en el sector rural.....                                 |  |
| 1.8.1.2 Calidad de servicios.....  |  |
| 1.8.1.3 Tarifas.....   |  |
| 1.8.2 Localización geográfica de los cuerpos de agua en el oriente del país..... |  |
| 1.8.2.1 Cuencas.....   |  |
| 1.8.3 Entorno del departamento Morazán.....                                      |  |
| 1.8.3.1 Ambiente biofísico.....  |  |
| 1.8.4 Clima.....   |  |
| 1.8.4.1 Precipitación.....   |  |
| 1.8.4.2 Drenajes.....  |  |
| 1.8.4.3 Erosión.....   |  |
| 1.8.4.4 Escorrentía.....   |  |
| 1.8.4.5 Geomorfología.....   |  |
| 1.8.5 Hidrografía.....   |  |
| 1.8.5.1 Hidrología.....  |  |
| 1.8.5.2 Áreas regables.....  |  |
| 1.8.5.3 Demanda de agua.....   |  |
| 1.8.5.4 Producción hídrica.....  |  |
| 1.8.5.5 Contaminación del agua superficial de los ríos.....                      |  |
| 1.8.6 Recursos forestales y fauna.....   |  |
| 1.9 Sistemas naturales de captación de agua.....                                 |  |
| 1.9.1 Sistemas naturales en zonas rurales.....                                   |  |
| 1.9.2 Alteración del ciclo del agua.....   |  |
| 1.9.3 Amenazas naturales y efectos en sistemas de agua potable.....              |  |
| 1.9.3.1 Sismo.....   |  |
| 1.9.3.2 Erupciones volcánicas.....   |  |



|      |          |  |  |
|------|----------|--|--|
|      | 1.9.3.3  | Deslizamientos de tierra.....  |  |
|      | 1.9.3.4  | Inundaciones.....  |  |
|      | 1.9.3.5  | Sequías.....   |  |
| 1.10 |          | Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades.....                                  |  |
|      | 1.10.1   | Fuente de abastecimiento.....  |  |
|      | 1.10.2   | Captación o toma de agua.....  |  |
|      | 1.10.3   | Potabilización del agua.....   |  |
|      | 1.10.4   | Conducción.....  |  |
|      | 1.10.4.1 | Conducción por gravedad.....   |  |
|      | 1.10.4.2 | Conducción a presión.....  |  |
|      | 1.10.4.3 | Accesorios.....  |  |
|      | 1.10.5   | Regulación y almacenamiento.....   |  |
|      | 1.10.5.1 | Función.....   |  |
|      | 1.10.5.2 | Capacidad.....   |  |
|      | 1.10.6   | Distribución.....  |  |
|      | 1.10.7   | Tomas domiciliarias.....   |  |
|      | 1.10.8   | Hidrantes públicos.....  |  |
| 1.11 |          | Obras de abastecimiento de agua.....   |  |
|      | 1.11.1   | Pozos.....   |  |
|      | 1.11.1.1 | Pozos excavados.....   |  |
|      | 1.11.1.2 | Pozos perforados.....  |  |
|      | 1.11.1.3 | Pozos clavados o hincados.....   |  |
|      | 1.11.1.4 | Pozos radiales.....  |  |
|      | 1.11.2   | Presas.....  |  |
|      | 1.11.2.1 | Presas de gravedad.....  |  |
|      | 1.11.2.2 | Presas aligeradas o filtrantes.....  |  |
|      | 1.11.2.3 | Presa de derivación.....   |  |
|      | 1.11.3   | Captaciones.....   |  |
|      | 1.11.3.1 | Captaciones en planicie.....   |  |
|      | 1.11.3.2 | Captaciones en ladera.....   |  |
|      | 1.11.3.3 | Galerías de infiltración.....  |  |
| 1.12 |          | Enfermedades transmitidas por el agua.....   |  |
|      | 1.12.1   | Agua superficial.....  |  |
|      | 1.12.2   | Agua subterránea.....  |  |
|      | 1.12.3   | Tratamiento inadecuado del agua.....   |  |
|      | 1.12.4   | Deficiencias de almacenamiento.....  |  |
|      | 1.12.5   | Deficiencias de distribución.....  |  |
|      | 1.12.6   | Problemas de contacto con el agua.....   |  |
|      | 1.12.7   | Otros factores.....  |  |
| 1.13 |          | Métodos mecánicos para el tratamiento de agua obtenida desde las fuentes de captación natural..... |  |
|      | 1.13.1   | Autopurificación y reposo.....   |  |
|      | 1.13.2   | Aireación.....   |  |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| 1.13.3      | Filtración lenta por arena.....   |  |
| 1.13.4      | Mezclado, coagulación, floculación y sedimentación.....                   |  |
| 1.13.4.1    | Mezclado.....   |  |
| 1.13.4.2    | Coagulación y floculación.....  |  |
| 1.13.4.3    | Sedimentación.....  |  |
| 1.13.5      | Filtración rápida por arena.....  |  |
| 1.13.5.1    | Cloración.....  |  |
| 1.13.5.2    | Cloro y sus derivados.....  |  |
| 1.13.5.3    | Propiedades del cloro.....  |  |
| 1.13.5.4    | Control de cloración.....   |  |
| 1.14        | Potabilización del agua.....  |  |
| 1.14.1      | Métodos de tratamiento.....   |  |
| 1.14.2      | Cloración.....  |  |
| 1.14.2.1    | Práctica de la cloración.....   |  |
| 1.14.2.1.1  | Precloración.....   |  |
| 1.14.2.1.2  | Poscloración.....   |  |
| 1.14.2.1.3  | Cal clorada.....  |  |
| 1.14.2.1.4  | Hipocloritos de alta resistencia.....                                     |  |
| 1.14.2.1.5  | Hipoclorito de sodio.....   |  |
| 1.14.2.1.6  | Demanda de cloro.....   |  |
| 1.14.2.1.10 | Medida de cloro residual.....   |  |
| 1.14.3      | Tecnologías de cloración para el abastecimiento rural del agua.....       |  |
| 1.14.3.1    | Desinfección de pozos excavados a cielo abierto.....                      |  |
| 1.14.3.1.1  | Uso de polvo blanqueador o desmanche.....                                 |  |
| 1.14.3.1.2  | Cloración en vasija.....  |  |
| 1.14.3.1.3  | Sistemas de doble vasija.....   |  |
| 1.14.3.1.4  | Clorador de goteo.....  |  |
|             | Proporcionando dispositivos para abastecimiento                           |  |
|             | bomba.....  |  |
| 1.14.3.1    | Desinfección.....   |  |
| 1.14.3.2.1  | Desinfección física.....  |  |
| 1.14.3.2.2  | Desinfectantes químicos.....  |  |
| 1.14.3.3    | Desinfección de tanques nuevos, tuberías y pozos.....                     |  |
| 1.14.3.4    | Desinfección del abastecimiento de agua en situaciones de emergencia..... |  |
| 1.14.3.5    | Conclusiones.....   |  |
| 1.14.3.6    | Recomendaciones.....  |  |

## **2. Capítulo II: Generalidades de la comunidad Segundo Montes.....**

|       |  |  |
|-------|--|--|
| 2.1   | introducción.....                                |  |
| 2.2   | Comunidad Segundo Montes.....                    |  |
| 2.2.1 | Localización de la comunidad Segundo Montes..... |  |
| 2.2.2 | Geografía física.....                            |  |
| 2.2.3 | Clima.....                                       |  |

|           |  |
|-----------|--|
| 2.2.4     | Organización territorial.....  |
| 2.2.5     | Población.....   |
| 2.3       | Antecedentes históricos de la comunidad Segundo Montes.....            |
| 2.4       | Desarrollo de la comunidad.....  |
| 2.4.1     | Cultura.....   |
| 2.4.2     | Ámbito religioso.....  |
| 2.4.3     | Convivencia familiar.....  |
| 2.4.4     | Migraciones.....   |
| 2.4.5     | Economía.....  |
| 2.5       | Disponibilidad de agua potable. Diagnóstico actual.....                |
| 2.5.1     | Sectores beneficiados.....   |
| 2.5.2     | Demanda de agua.....   |
| 2.5.3     | Producción hídrica.....  |
| 2.5.4     | Contaminación del agua.....  |
| 2.5.5     | Proyecto piloto.....   |
| 2.6       | Servicios públicos existentes.....                                     |
| 2.6.1     | Organización comunal.....  |
| 2.6.2     | Transporte.....  |
| 2.7       | Fuentes de cooperación económica.....                                  |
| 2.8       | Inversión de proyecto.....   |
| 2.9       | Financiamiento del proyecto.....                                       |
| 2.9.1     | Dificultades en el desarrollo de este tipo de proyecto.....            |
| 2.10      | Datos climatológicos.....  |
| 2.10.1    | Precipitación.....   |
| 2.10.2    | Temperatura.....   |
| 2.11      | Topografía de la zona.....   |
| 2.12      | Agua potable rural en comunidad Segundo Montes.....                    |
| 2.12.1    | Conclusiones.....  |
| 2.12.2    | Recomendaciones.....   |
| <b>3.</b> | <b>Capítulo III: Desarrollo del proyecto.....</b>                      |
| 3.1       | Introducción.....  |
| 3.2       | Tipos de reservorios.....  |
| 3.2.1     | Información básica.....  |
| 3.2.2     | Almacenamiento por gravedad.....                                       |
| 3.2.2.1   | Preferencia por tanques de gran diámetro.....                          |
| 3.2.2.2   | Riesgos sanitarios del almacenamiento por gravedad.....                |
| 3.2.3     | Ventajas de un sistema de agua que trabaja por gravedad.....           |
| 3.2.4     | Limpieza y desinfección de reservorios de agua potable.....            |
| 3.3       | Propuesta del diseño de reservorio en la comunidad Segundo Montes..... |
| 3.3.1     | Memoria de cálculo.....  |
| 3.3.2     | Proyecto de ingeniería.....  |
| 3.3.2.1   | Gaviones.....  |
| 3.3.2.2   | Bocatoma.....  |
| 3.3.2.3   | Reservorio natural enterrado o sedimentador.....                       |

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| 3.3.2.4   | Planta de tratamiento.....   |  |
| 3.3.2.5   | Desinfección del agua.....   |  |
| 3.3.2.6   | Tanques de almacenamiento.....   |  |
| 3.3.2.7   | Evaluación del sistema.....  |  |
| 3.3.2.8   | Costos y aportes.....  |  |
| 3.4       | Estudio del sitio determinado para reservorio natural techado y recubierto con geomembrana y Proyecto a través de reservorio natural.....        |  |
| 3.5       | Estudios para el proyecto.....   |  |
| 3.5.1     | Estudios del suelo.....  |  |
| 3.5.2     | Estudios topográficos.....   |  |
| 3.5.3     | Aforo del caudal de la fuente de abastecimiento.....   |  |
| 3.5.4     | Ensayos físico-químicos de la calidad del agua.....  |  |
| 3.6       | Características de la Geomembrana.....   |  |
| 3.6.1     | Requisitos de las geomembranas.....  |  |
| 3.6.2     | Clasificación de geomembranas de polietileno.....  |  |
| 3.6.3     | Aplicaciones en ingeniería ambiental, geotécnica e hidráulica.....   |  |
| 3.7       | Distribución de agua potabilizada, salida, distribución y conducción.....  |  |
| 3.7.1     | Conclusiones.....  |  |
| 3.7.2     | Recomendaciones.....   |  |
| <b>4.</b> | <b>Capítulo IV: Bases técnicas.....</b>  |  |
| 4.1       | Introducción.....  |  |
| 4.2       | Normas técnicas.....   |  |
| 4.2.1     | Calidad del agua.....  |  |
| 4.3       | Especificaciones técnicas.....   |  |
| 4.3.1     | Componentes del sistema.....   |  |
| 4.4       | Equipos utilizados.....  |  |
| 4.4.1     | Aparatos utilizados en campo.....  |  |
| 4.4.2     | Material necesario para realizar el muestreo del agua en campo del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad Segundo Montes..... |  |
| 4.4.3     | Compuertas metálicas.....  |  |
| 4.4.4     | Válvulas de retención horizontal o válvula check.....  |  |
| 4.5       | Carpeta técnica.....   |  |
| 4.5.1     | Carpeta técnica del proyecto de la comunidad Segundo Montes.....   |  |
| 4.5.1.1   | Fase de anteproyecto.....  |  |
| 4.5.1.2   | Fase de proyecto final.....  |  |
| 4.5.1.3   | Conclusiones.....  |  |
| 4.5.1.4   | Recomendaciones.....   |  |
| <b>5.</b> | <b>Capítulo V: mantenimiento del reservorio natural techado y recubierto con geomembrana.....</b>  |  |
| 5.1.      | Introducción.....  |  |
| 5.2       | Operación y mantenimiento del reservorio.....  |  |
| 5.2.1     | Descripción repuntos de muestreo.....  |  |
| 5.3       | Adiestramiento de personal.....  |  |

|          |   |
|----------|---|
| 5.3.1    | Selección de personal.....  |
| 5.3.2    | Entrenamiento de personal.....  |
| 5.3.3    | Especialización de jefes de cuadrilla.....  |
| 5.4      | Plan de seguridad para el buen funcionamiento permanente del sistema de abastecimiento comunal.....   |
| 5.5      | Técnicas de recolección de muestras para análisis físicos-químicos.....   |
| 5.6      | Técnicas de recolección de muestras para análisis microbiológicos.....  |
| 5.7      | El plan de mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua, teniendo como sedimentación principal el reservorio natural con borda y confinado en su parte superior por una estructura hidráulica..... |
| 5.7.1    | Conclusiones.....   |
| 5.7.2    | Recomendaciones.....  |
| <b>6</b> | <b>Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....</b>   |
| 6.1      | Consideraciones.....  |
| 6.2      | Conclusiones.....   |
| 6.3      | Recomendaciones.....  |
|          | Bibliografía.....   |
|          | Anexos.....   |
|          | Glosario técnico.....   |

## ÍNDICE DE TABLAS

| Contenido   | Pág. |
|---|------|
| Tabla.1.8.4.1. Precipitaciones del año 1997 departamento Morazán.....   | 11   |
| Tabla.1.11.1 Principales diferencias entre las aguas superficiales y aguas subterráneas.....  | 25   |
| Tabla 1.12.1. Registro semanal de diagnósticos y casos atendidos de personas en el departamento de Morazán.....   | 32   |
| Tabla 1.12.2. Recursos humanos por disciplina y por establecimientos de salud Morazán 1997. Ministerio de salud y asistencia social, República de El Salvador. Todas las causas de morbilidad, en Morazán, enero a septiembre año 1998..... | 33   |
| Tabla 1.12.3 Enfermedades adquiridas por ingestión de agua.....   | 34   |
| Tabla 1.12.4. Enfermedades adquiridas por contacto con el agua.....   | 36   |
| Tabla.2.2.4.1. Características principales de los caseríos de la comunidad Segundo Montes.....  | 68   |
| Tabla. 2.5.1. Sectores llevados a reflexión sobre la contaminación de las fuentes de agua superficial en el departamento Morazán.....   | 76   |
| Tabla 2.5.3.1. Fuentes de agua encontradas en los alrededores de la comunidad Segundo montes.....   | 77   |
| Tabla.2.6.1.1 Organigrama del consejo comunal.....  | 79   |
| Tabla 2.7.1. Fuentes de cooperación económicas no gubernamentales y organizaciones comunitarias.....  | 81   |
| Tabla 2.10.1.1. Intensidad de precipitación máxima anual absoluta de Perquín. En mm/ min para diez periodos.....  | 86   |
| Tabla 2.10.1.2. Intensidad de precipitación máxima anual absoluta de Gotera. En mm/ min para diez periodos.....   | 87   |
| Tabla. 3.3.1.1. Dimensiones propuestas para el diseño del reservorio natural enterrado, con borda. Cálculo del reservorio con el volumen a almacenar.....   | 108  |
| Tabla. 3.3.1.2. Latitudes, longitudes y elevaciones de cada elemento del sistema de agua potable de la comunidad Segundo Montes.....  | 111  |
| Tabla 3.3.2.8.1. Financiamiento de Proyecto.....  | 115  |
| Tabla.3.5.1.1.1. Contenido de humedad encontrada en los diferentes sondeos explorados del sitio determinado para la construcción del reservorio.....  | 117  |
| Tabla. 3.5.1.1.2. Tabulación de valores de N, obtenidos en el sitio mediante la prueba de penetración estándar, A.S.T.M. D 1586.....  | 118  |
| Tabla.3.5.1.2.1 Características de suelos encontrados en el sitio de exploración....  | 118  |
| Tabla 3.5.3.1. Registro de datos de aforo en la quebrada Las Marías.....  | 120  |
| Tabla 3.5.4.1.1. Análisis y resultados de la fuente de abastecimiento de agua superficial, quebrada Las Marías.....   | 122  |
| Tabla.3.6.1. Características generales de geomembranas sintéticas.....  | 123  |
| Tabla 3.7.1. Indicando las diferencias de elevación entre caseríos y la fuente de   | 128  |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
|                   | abastecimiento.....  |     |
| Tabla 4.2.1.1     | Valores establecidos para agua potable.....  | 138 |
| Tabla. 4.2.1.1.1  | Geomembrana HDPE.....  | 139 |
| Tabla. 4.4.1.1.1. | Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua  | 150 |
| Tabla. 4.4.1.1.2. | Dotación de agua para diferentes niveles de servicio   | 150 |
| Tabla. 4.4.1.1.3. | Consumo mínimo per-capita de uso cotidiano.....  | 150 |
| Tabla. 4.4.1.1.4. | Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....       | 150 |
| Tabla.2.3.1.      | Proyectos SABES ejecutados y funcionando en El Salvador  |     |
| Carpeta técnica   | (Formato No 2).....  | 156 |
| Tabla. 2.3.2.     | Cobertura de los proyectos de agua por número de familias y año.   |     |
| Carpeta técnica   | (Formato No 2).....  | 157 |
| Tabla 2.4.1.      | Organización de la comunidad Segundo Montes. (Formato No 2)..  | 157 |
| Carpeta técnica   |  |     |
| Tabla 5.2.1.1.    | Puntos propuestos de muestreo y parámetros a considerar.....   | 180 |
| Tabla.5.2.1. 2    | Tamaño de población y número de muestras ensayadas al agua de la quebrada Las Marías.....                | 181 |
| Tabla.5.4.1.      | Requerimientos para la toma de muestras de agua según la Norma Obligatoria Salvadoreña.....              | 189 |
| Tabla.5.4.2.      | Parámetros del plan de monitoreo anual para la calidad del agua potable.....                             | 190 |
| Tabla.5.4.3.      | Resumen anual a realizar de parámetros de calidad del agua a monitorearse de la quebrada Las Marías..... | 191 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Contenido              | Pág.  |
|------------------------|---|
| Figura 1.14.3.2.1.     | Vasija de cloración con huecos en el fondo..... 49  |
| Figura 1.14.3.1.3.1    | Rajagopalan & Shiffman. Clorador de doble vasija..... 50  |
| Figura 1.14.3.1.4.1 a) | Equipo para alimentación de la solución de cloro..... 51  |
| Figura 1.14.3.1.4.1 b) | Alimentador de solución de carga constante para compuestos de cloro..... 52   |
| Figura 1.14.3.1.4.2.   | Arreglo de cloración para abastecimiento con bomba..... 53  |
| Figura 1.14.3.2.1.1.   | Aparato de gas de cloro con solucionador de tipo de gravedad... 59  |
| Figura. 2.1.1.         | Comunidad Segundo Montes y caseríos o asentamientos humanos que la constituyen, municipio Meanguera, departamento Morazán. Escala 1:25,000..... 69                                |
| Figura. 2.2.1.         | Ubicación geográfica de municipio Colomoncagua, departamento Intibuca, Honduras..... 71   |
| Figura. 2.10.1.        | Ubicación de estaciones pluviométricas de Perquín y Gotera.... 88   |
| Figura 3.2.2.1.        | Ubicación regular de tanques de almacenamiento..... 94  |
| Figura. 3.2.2.2.1.     | Tanque de almacenamiento típico y elementos básicos..... 98   |
| Figura.3.3.1.2.        | Dimensionamiento del reservorio natural enterrado, con borda de material del lugar..... 110   |
| Figura 3.4.1.          | Cutuco, sitio determinado para la construcción del reservorio natural enterrado..... 116  |
| Figura 3.2.3.1.        | Ubicación de la quebrada Las Marías, tributaria del río Las Marías..... 121   |
| Figura 3.6.2.1.        | Rollos de Geomembrana e instalación de Geomembrana..... 124   |
| Figura.3.7.1.          | Esquema del sistema de distribución de agua por gravedad, artefactos o tanques y plantas y líneas de conducción y entronques. Trayectoria que siguen en el área indicada..... 129 |
| Figura.3.2.2.4.1.      | Esquema sin escala, planta de filtración de agua superficial utilizada en zonas rurales por la ONG SABES..... 133   |
| Figura 3.7.2.          | Esquema de cargas de presión sobre el sistema de agua potable, en la comunidad Segundo Montes..... 134  |
| Figura. 3.2.2.2.1      | Esquema y mecanismos de bocatoma de la quebrada Las Marías..... 135   |
| Figura. 4.2.1.         | Comparador de pH y cloro, utilizado en campo..... 144   |
| Figura. 4.4.4.1        | Válvula de retención horizontal..... 145  |
| Figura 5.4.1.          | Esquema de monitoreo de toma de muestras de agua de la quebrada Las Marías..... 184   |



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

| Contenido  | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. 14.2.1.1. Reacciones del cloro en el agua.....   | 45   |
| Figura 2.2.5.1. Distribución de población de la Comunidad Segundo Montes en el año 2001, según, <a href="http://www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/.....">www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/.....</a> | 68   |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Contenido   | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 6.1. Presupuesto de financiamiento del Proyecto. Formato No 6..... | 173  |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| Contenido  | Pág. |
|--|------|
| Figura. 2.5.1. Paso del agua de la quebrada Las Marías por la bocatoma.....  | 76   |
| Figura 2.5.2. Contaminación existente en la quebrada Las Marías antes y después de la bocatoma.....  | 76   |
| Figura.3.3.1.1. Reservorio construido en Cutuco, como sedimentador principal del sistema de agua potable abastecido de la quebrada Las Marías..... | 109  |
| Figura.3.3.2.2.1. Bocatoma de captación de agua, construida en la fuente de abastecimiento.....  | 113  |
| Figura 3.3.2.6.1 Fotografía del tanque de 100m <sup>3</sup> construido en el caserío Cutuco.....   | 114  |
| Figura 4.4.3.1 Ubicación de compuertas metálicas en bocatoma.....  | 144  |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| Contenido  | Pág. |
|--|------|
| A1.1 Cuadro 1.12.1. Informe resumido de enfermedades transmitidas por el agua.....   | 200  |
| A1.2 Cloro propiedades físicas y químicas.....   | 201  |
| A1.3 Ensayo para determinar cloro residual.....  | 203  |
| A3.1 Cuadrante topográfico 1:25,000.....   | 205  |
| A4.1 Programa de trabajo de la fase de anteproyecto.....   | 206  |
| A4.2 Programa de trabajo de la fase de anteproyecto.....   | 207  |
| A5.1 Cuadro 5.2.1. Formulario de campo para monitoreo del sistema de agua potable desde la fuente de abastecimiento hasta la vivienda servida..... | 208  |
| A5.2. Metodología en proyectos propiamente comunales.....  | 209  |

## SIMBOLOGÍA

|   |  |
|---|--|
| US\$.   | Dólares americanos.                    |
| pH.   | Coefficiente de acidez                 |
| %   | Porcentaje.                            |
| CaCl <sub>2</sub> -Ca (OH) <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O +<br>Ca(OCl) <sub>2</sub> 2Ca (OH) <sub>2</sub> | Cal clorada.                           |
| HOC1  | Ácido hipocloroso.                     |
| NaOC1   | Hipoclorito de sodio.                  |
| °C  | grados centígrados.                    |
| F   | Factor de fugas.                       |
| P   | Población final del período de diseño. |
| D   | Dotación futura.                       |
| Ø   | Diámetro.                              |

## SIGLAS

|           |   |
|-----------|---|
| ADESCO    | Asociación de Desarrollo Comunal.   |
| AIDIS     | Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.                        |
| ANDA      | Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.                              |
| ANDAR     | Asociación Nacional para la Defensa, Desarrollo, Distribución del agua a Nivel Rural. |
| A.S.T.M.  | Especificaciones estándar norte americanas de materiales.                             |
| ASPAGUA   | Asociación Salvadoreña Para el Agua.  |
| BANCOMO   | Banco Comunal de Morazán.   |
| CA        | Carretera litoral.  |
| CARE      | Cooperación Americana de Remesas al Exterior.   |
| CADEM     | Comité Ambiental del Departamento de Morazán  |
| CNR       | Centro Nacional de Registros.   |
| CONACYT   | Concejo Nacional de Ciencia Y Tecnología.   |
| COMURES   | Cooperación de Municipalidades de la República de El Salvador                         |
| CSM       | Comunidad Segundo Montes.   |
| FAO       | Organización para la alimentación y la agricultura.                                   |
| FISDL     | Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local.                                   |
| FUNDE     | Fundación Nacional para el Desarrollo.  |
| MARN      | Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.                                   |
| MSPAS     | Ministerio de salud Publica y Asistencia Social.                                      |
| NSO       | Norma Salvadoreña Obligatoria.  |
| OMS       | Organización Mundial de la Salud.   |
| ONG       | Organización No Gubernamental.  |
| OPS       | Organización Panamericana para la Salud   |
| PLANSABAR | Plan de Saneamiento Básico Rural.   |

|         |   |
|---------|---|
| PVC     | Polivinilo Cloruro.   |
| RAS-ES  | Red de Agua y Saneamiento de El Salvador.                                   |
| RRASCA  | Red Regional de Agua y Saneamiento para Centroamérica                       |
| SABES   | Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas. |
| SNET    | Servicio Nacional de Estudios Territoriales.                                |
| TDS     | Sólidos Totales Disueltos.  |
| Padecom |   |
| F.A.A   |   |
| ETAS    |   |

#### ABREVIATURAS

|          |  |
|----------|--|
| Etc.     | etceterá.                                    |
| Dr.      | Doctor.                                      |
| ha.      | hectárea.                                    |
| m.s.n.m. | metros sobre el nivel del mar.               |
| fa.      | Formaciones antrópicas.                      |
| fn.      | formación natural.                           |
| P.       | Presbítero.                                  |
| IRAS     |  |
| Cat      |  |
| DPF.     | Dietil-para-fenilendiamina.                  |
| VIH      |  |
| SIDA     | Síndrome Inmunológico Deficiencia Adquirido. |
| dgrn     |  |
| SW       | South West.                                  |
| COV      | Compuestos Orgánicos Volátiles.              |
| HTH      |  |
| Qm       | Caudal medio diario.                         |
| Qmd      | Caudal máximo diario.                        |
| Qmh      | Caudal máximo horario.                       |
| KMD      | Factor de mayoración máximo diario.          |
| KMH      | Factor de mayoración máximo horario          |

## UNIDADES

|                        |   |
|------------------------|---|
| l/s                    | litros por segundo.                       |
| cm <sup>3</sup> /seg   | centímetros cúbicos por segundo.          |
| cm                     | centímetro.                               |
| min                    | minuto.                                   |
| h                      | horas.                                    |
| cm/seg                 | centímetros por segundo.                  |
| Hg/l                   | mercurio por litro.                       |
| kgf/cm <sup>2</sup>    | Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado. |
| mm                     | milímetros.                               |
| mm/año                 | milímetros por año.                       |
| m                      | metro.                                    |
| Km                     | Kilómetro.                                |
| km <sup>2</sup>        | Kilómetro cuadrado.                       |
| m <sup>3</sup>         | metro cúbico.                             |
| m/seg                  | metro por segundo.                        |
| m <sup>3</sup> /cápita | metro cúbico por persona.                 |
| Km/h                   | Kilómetro por hora.                       |
| ton/año                | toneladas por año.                        |
| gal/min                | galones por minuto.                       |
| ppm                    | Partes por millón.                        |
| psi                    | Libras por pulgada cuadrada               |
| gr/cm <sup>3</sup>     | gramos por centímetro cúbico.             |
| lb. /in                | Libras por pulgada.                       |
| Kg                     | Kilogramo.                                |
| mg/l                   | miligramos por litro.                     |
| ft                     | Pies.                                     |
| ft <sup>2</sup>        | Pies cuadrados.                           |
| l/p/d                  | Litros por persona por día.               |

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales accidentadas como la comunidad Segundo Montes pueden, ser distribuidos por bombeo o por gravedad, siendo abastecidos por aguas subterráneas o superficiales con diferentes elevaciones y ubicaciones geográficas. Estas fuentes de abastecimiento se comportan de forma diferentes dependiendo de las condiciones del entorno en que se encuentran y el grado de contaminación al que están expuestas. Conocer la problemática de la comunidad Segundo Montes, se estudia en un principio para que luego, se estudie los parámetros básicos e indispensables para proveer de una solución al abastecimiento de agua potable y dar tratamiento al agua superficial de quebradas con agua permanente, el estudio realizado en este caso, estableciendo parámetros generales del entorno geográfico de este tipo de fuentes de abastecimiento, por ejemplo, localización de cuerpo de agua, hidrografía de la zona de estudio, sistemas naturales de captación entorno, etc, para que luego se apliquen métodos mecanizados para la desinfección física y química para potabilizar el agua superficial de la fuente de abastecimiento. Después estudiamos las generalidades de la comunidad Segundo Montes, determinando primeramente su ubicación geográfica en el departamento Morazán, municipio Jocoaitique, para conocer sus antecedentes históricos, desarrollo propio de la comunidad, disponibilidad de agua potable, etc, los cuales permitirán conocer sobre la calidad de vida de los habitantes y de que manera en que se obtuvo el financiamiento para este proyecto con los fondos de la Cooperación Española, por medio de SABES. Así pues, al desarrollar el proyecto se desarrollo la información básica que se requiere para este tipo de proyectos en donde se tiene como sedimentador principal un reservorio natural confinado, con borda y recubierto con geomembrana sintética en toda su área hidráulica con capacidad de 17,000 m<sup>3</sup>, para que luego continúe los tratamientos de desinfección física y química para alcanzar la potabilización requerida por las normas de CONACYT. Además en este capítulo se desarrollan los estudios básicos de la zona donde estará ubicado este reservorio, tales como, estudios de suelo, topográficos, aforo de la quebrada Las Marías

y los ensayos físico- químicos de la calidad del agua a utilizar para abastecer el sistema. También se estudian las características de la geomembrana utilizada en el recubrimiento del área hidráulica del reservorio. En las bases técnicas de este trabajo de graduación se establecen las normas técnicas de CONACYT utilizadas para conocer los parámetros necesarios que debe cumplir la calidad del agua servida para considerarla apta para consumo humano. Las especificaciones técnicas del sistema y cada componente que lo conforma están establecidas y fundamentadas en la NSO 13.07.01.'97 elaboradas por CONACYT. Asimismo, se describen los equipos utilizados en el funcionamiento del sistema y el equipo que se necesitará para su mantenimiento y finalizar este capítulo con la carpeta técnica que se formularía en el caso que este proyecto se desarrollará con fondos del FISDL. En capítulo V, se desarrolla finalmente los programas que se sugiere establecer para garantizar el buen funcionamiento del sistema, donde está implícito el adiestramiento del personal necesario para operar el sistema en los casos que puedan presentarse. Las conclusiones y recomendaciones finales se detallan en el capítuloVI, donde se concluye y recomienda los puntos principales de este proyecto, sin menospreciar las conclusiones y recomendaciones de cada capítulo.

## RESUMEN

Las comunidades rurales que no poseen agua potable, satisfacen sus necesidades hídricas, de manera natural, sólo disponiendo de cuerpos de agua superficial o subterránea, aplicando únicamente, la desinfección física, retirando los sólidos de gran tamaño e hirviéndola, y en algunos casos, aplicando el purificador de agua, puriagua, según lo indicaban los visitadores de salud que asistían a su comunidad en ocasiones no periódicas, y una vez hecho esto, almacenarla y consumirla. Para saber qué utilizar, aplicaban ello utilizaron el criterio común de inspección visual, detectando sabor, olor y color, esto se hizo en la comunidad Segundo Montes, por más de 20 años para satisfacer sus demandas de agua potable en sus viviendas. Para propiciar la solución a este problema de abastecimiento de agua potable, la comunidad Segundo Montes solicitó la ayuda económica de la Cooperación Española por medio de SABES, y propusieron utilizar el agua superficial de la quebrada Las Marías cuyo caudal es de 15.00 l/s en época seca siendo suficiente para satisfacer la demanda total, de 6.00 l/s del caudal ecológico, para un sistema de agua potable distribuido por gravedad, utilizando un reservorio natural de 17,000 m<sup>3</sup> enterrado, con borda y confinado en su área hidráulica con geomembrana sintética, utilizando este, como sedimentador principal. Se realizaron los estudios físico-químicos del agua y establecieron que el tratamiento necesitado es sencillo, sedimentación, filtración a través de 2 tanques y desinfección controlada con tabletas de hipoclorito de calcio para su potabilización. De esta manera, con los fondos de la Cooperación Española, y su gestor el Dr. Luís Boigues por medio de SABES, la comunidad Segundo Montes y la ayuda de la alcaldía de Meanguera, se formuló el proyecto y se asignaron los fondos para su ejecución, por monto de un millón de us dólares, que incluye un mil doscientos metros de tubería de 6 pulgadas de diámetro, seis mil seiscientos metros de tubería de 4 pulgadas de diámetro, construcción de tres tanques de almacenamiento y reparación de uno de captación, hechos de concreto reforzado, el reservorio natural enterrado recubierto con geomembrana sintética en toda su área hidráulica, dos plantas de filtración lenta de arena, bocatoma construida interceptando directamente el agua de la quebrada, accesorios, etc, este beneficio, para

un total de 3,732 habitantes, actualmente distribuidos en ocho caseríos que forman esta comunidad. La vida útil estimada del proyecto funcionando permanentemente incluyendo el mantenimiento que será desempeñado por personal capacitado de la comunidad, es de 25 años y la tarifa proyectada que los beneficiarios pagarán es de US\$ 1.75 a US\$ 2.25 por mes. Esta metodología y voluntad propia apoyada por la Cooperación Española, y SABES indican la voluntad de los involucrados de que estas familias salvadoreñas tienen la posibilidad de resolver sus propios problemas y mejorar su calidad de vida, en este caso, a partir del saneamiento y superar sus problemas de salud pública de la zona. Y así disminuir los casos de enfermedades o mortalidad que tienen su origen hídrico al ingerir y estar en contacto con agua contaminada y no aplicar una potabilización adecuada y periódica para su consumo y uso doméstico cotidiano. Además, aunque se haya proyectado la construcción de un segundo reservorio de 35,000 m<sup>3</sup> junto al primero para aumentar el número de caseríos y personas servidas personas servidas con este sistema, la cobertura como ampliación del proyecto de abasto en la zona, será independiente con la misma finalidad de beneficiar a más población proyectada, asimismo mejorar el saneamiento de la zona y la calidad de vida, siendo más saludable, ya no acarreado agua desde ríos y quebradas y disponiéndola domiciliarmente así como asumir otras actividades productivas y disminuir los riesgos a pie que implica la integridad personal de niños y mujeres principalmente con este esfuerzo.



# Capítulo I

Estudio preliminar.

## **1 Capítulo I: Estudio preliminar.**

### **1.1 Introducción.**

El agua, es un recurso fundamental y vital para el desarrollo de comunidades pequeñas, tales como la comunidad Segundo montes, por ello, es necesario conocer y manejar racionalmente los recursos hídricos en respectivas zonas de influencia ya que esto contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes que se sirven de ella. Por lo tanto, es necesario estudiar los parámetros que sirven para el desarrollo y conservación del recurso agua, con el fin de obtener resultados productivos que tengan como beneficiaria principal la comunidad Segundo Montes, que con un sistema de agua potable distribuido por gravedad tenga la oportunidad de dar solución a sus problemas de abastecimiento hídrico con una fuente de agua superficial y un sistema de distribución propio. Existen diferentes tipos de obras para captar agua superficial, tales como presas, pozos, tanques, reservorios, etc, el mejoramiento y manejo adecuado del recurso permite lograr un sistema de abastecimiento de agua óptimo, con la importancia social en sus construcción, operación y mantenimiento. Sin embargo su ejecución requiere esfuerzo e inversión, proporcionando beneficios tales como salud, desarrollo, medio ambiente más sano, etc. La calidad del agua en áreas rurales y su distribución, es heterogénea por su grado de contaminación y relación con el uso y manejo, en áreas rurales, esto se enfoca en este capítulo.

### **1.2 Antecedentes.**

Los reservorios para almacenar agua son obras civiles importantes, en poblaciones situadas en zonas rurales, por ejemplo, en la comunidad Segundo Montes, donde se satisfacen las necesidades hídricas desde una quebrada con agua permanente, que se encuentra alejada de la comunidad, a 9.0 km, y el agua no es tratada adecuadamente a través de los métodos establecidos para su potabilización. Las fuentes de agua superficial, subterránea o agua lluvia, son las que abastecen los caudales que circulan por los diferentes cuerpos de agua que se encuentran en estas zonas rurales. Los reservorios de almacenamiento pueden ser enterrados, apoyados en la superficie, o

pueden ser tanques elevados sobre torres metálicas, o torres de concreto reforzado. La aplicación de la tecnología de geomembrana sintética en este tipo de reservorios, es una opción para la captación de agua tratada y desinfectada, en la comunidad Segundo Montes, para que luego se pueda distribuir y servir a las personas que no poseen el servicio de agua potable domiciliar de forma continua y se vean en la necesidad de satisfacer su demanda con agua contaminada, ya sea por personas, animales, desechos químicos, etc. Los reservorios de este tipo, sin recubrimiento, a cielo abierto, y con agua natural sin tratamiento, son utilizados comúnmente para fines de acuicultura, es decir, para la cría de peces, camarones, caracoles y otro tipo de especies acuícolas. La experiencia, en gran escala, es tener reservorios a cielo abierto, utilizados para almacenamiento de agua, para disponer de este líquido cuando haya escasez. En el país, este tipo de almacenamiento de agua, ha sido exclusivamente a cielo abierto y el agua almacenada se utiliza únicamente para riego de plantaciones de café, maíz, caña de azúcar, etc. La aplicación de este tipo de tecnología, con el fin de almacenar agua potable para luego distribuirla a la población en su domicilio, no se tienen experiencias en el país, excepto con el proyecto actual y excepcionalmente uno en el municipio Nejapa, en el departamento San Salvador.

### 1.3 Planteamiento del problema.

Los habitantes de la comunidad Segundo Montes no cuentan con el servicio de agua potable y deben caminar 9.0 km para cubrir sus necesidades hídricas, sin importar el tipo de contaminación que ésta posea y proporcionando únicamente la desinfección física al agua que estos ingieren, quedando expuestos a enfermedades que resulten al estar en contacto con el agua contaminada cuando la desinfección física no es suficiente. Para satisfacer la demanda de agua potable para las familias de la comunidad Segundo Montes, se propone almacenar el agua en un reservorio natural con borda, recubierto con geomembrana totalmente y protegido contra todo intemperismo y ataque externo, es un diseño que se aplicará con el fin de captar 17,000 m<sup>3</sup> de agua tratada y desinfectada con una planta de tratamiento que se

adaptará al sistema, y para ello, se tomará como fuente de abastecimiento, una pequeña quebrada tributaria del río Las Marías con agua permanente que provee un caudal de 15.0 l/s, en época seca, siendo necesario 6.0 l/s para cubrir la demanda requerida de los sectores servidos. El agua se distribuirá por gravedad y por ende mejorará la calidad de vida de los mismos. También, al utilizar este tipo de tecnologías, se evitan posibles enfermedades que se generan al ingerir o estar en contacto con agua contaminada que produce epidemias a la población, que en algunos casos lleva a la pérdida de vida de personas adultas y niños.

#### 1.4 Objetivos.

##### 1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un reservorio natural con bordas, confinado y recubierto con geomembrana, para los sectores de la comunidad Segundo Montes, ubicada entre los municipios Meanguera y Jocoaitique, departamento Morazán.

##### 1.4.2 Objetivos específicos.

- Diseñar la red de distribución de agua del sistema de abastecimiento a los sectores de la comunidad Segundo Montes.
- Elaborar especificaciones para construcción del sistema de captación, distribución y mantenimiento.
- Formular la carpeta técnica para financiamiento del proyecto.

#### 1.5 Alcances.

- Hacer un diagnóstico para dotar de agua potable domiciliar a los sectores de la comunidad Segundo Montes, a partir de un reservorio natural con borda, confinado y recubierto con geomembrana sintética para la captación, almacenamiento y distribución de agua permanente desde una quebrada con agua permanente y su distribución por gravedad.
- Aplicar la tecnología del diseño de reservorios con borda, confinado y recubierto con geomembrana sintética, con apoyo de empresas especialistas en este tipo de alternativas.

- Se establecerá, al final de este trabajo de graduación, una carpeta técnica que registrará los pasos a seguir para el financiamiento del proyecto y este tipo de tecnologías en el país.

#### 1.6 Limitaciones.

- El tratamiento del agua necesaria para potabilizarla y así cubrir la dotación requerida de la quebrada de agua permanente, no será objeto de este estudio.
- Los costos serán estimados, es decir, no se presentan de forma definitiva en sus precios, debido a que la importación del producto (geomembrana) es por pedidos al interesado, asimismo, la variabilidad en los precios de los materiales durante la ejecución los cambios que tendrá el proyecto en aumentos, durante la realización, esto debido a la metodología todavía empírica que se practica con las comunidades beneficiadas.

#### 1.7 Justificación.

El abastecimiento de agua potable y su diseño, van acompañados de un diagnóstico previo, con el fin de establecer los parámetros de diseño del reservorio a construir y la línea de distribución. Los sectores de la comunidad Segundo Montes no poseen el servicio de agua potable domiciliar y sus necesidades hídricas son cubiertas con el agua que fluye desde una quebrada con agua permanente que está a 9.00 km desde la comunidad. Estas personas no poseen los ingresos suficientes para desarrollar este tipo de proyectos, sin embargo, en estos casos, las comunidades reciben apoyo de organizaciones no gubernamentales tales como la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES) de la Cooperación Española, para la obtención del beneficio de abastecimiento de agua potable domiciliar que permitirá mejorar la calidad de vida los habitantes, contrarrestar el desarrollo de enfermedades producidas por ingerir o estar en contacto con agua contaminada y ayudará al desarrollo económico de los sectores servidos con agua potable, por ejemplo, la higiene personal de los habitantes se incrementará, evitará la propagación de epidemias como el cólera, conjuntivitis, dermatitis, etc, y se esperaría, el establecimiento de comedores con mejores estándares sanitarios, inversiones en

supermercados, centros recreativos, etc. Además, este tipo de reservorio ayuda a que los mantos acuíferos no sean impactados en gran escala por la apertura de pozos explotados para el uso de agua para este tipo de abasto. Reservorios de esta naturaleza, aún no han sido implementados en los sistemas de abastecimiento hídrico del país, con lo que se marcaría un nuevo uso en este tipo de captación o almacenamiento de agua potable.

#### 1.8 Recursos hídricos existentes en áreas rurales.

El Salvador está dividido en 10 regiones hidrográficas, conteniendo 360 ríos en total. El río Lempa, recorre 350 km del país, con un caudal histórico de 256 m<sup>3</sup>/seg, actualmente en estación seca 126.49 m<sup>3</sup>/seg, y en estación lluviosa 384.35 m<sup>3</sup>/seg, su cuenca hidrográfica abarca 18,240 km<sup>2</sup>, es el de mayor importancia y contiene 72% del recurso hídrico total del país, se encuentra ubicado entre el parte-aguas de la cadena montañosa del norte y la cadena costera que incluye la meseta central y los valles interiores centro occidentales<sup>1</sup>. Entre sus afluentes tributarios se encuentran los ríos Acelhuate, Suguiapa, Tilaza, Quezalapa, Tamulazco, Sumpul, Sucio y Torola. En el año 1994, la disponibilidad de agua para la población del país era 3,500 m<sup>3</sup>/cápita, comparativamente<sup>2</sup> la más baja entre los países Centroamericanos. Un problema crítico, es la contaminación de los cuerpos de agua, ya que se estima, que 90 % de los cuerpos de agua dulce, superficiales, tienen alguna forma de contaminación, por desechos y vertidos domésticos, industriales, agroindustriales, hospitalarios, etc, y está poco controlada, ya que su legislación es conjunta en relación al recurso agua, y diseminada en relación con otros temas unilaterales para diferentes problemas específicos a partir del agua, para lo cual, cada ley ha constituido, una solución jurídica. La situación de escasez de agua, los problemas originados por el deterioro de cauces naturales con una secuela de inundaciones y avalanchas, con ocasión de tormentas tropicales y huracanes, y la grave situación

---

<sup>1</sup> Guevara Pineda, Miguel A. 1980. Explotación y manejo del recurso hídrico en El Salvador. Trabajo de Graduación. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador. San Salvador.

<sup>2</sup> Según la FAO los países con menos de 2,000 m<sup>3</sup> por persona, se encuentran en una preocupante situación de escasez marginal de agua, y enfrentan grandes problemas en años de sequía.

creada por la contaminación permanente del agua, va exigiendo una legislación más específica, que defina su administración y su protección. La política nacional de agua en el país, ha sido insuficiente<sup>3</sup> para satisfacer a la población salvadoreña como lo indica el siguiente diagnóstico.

1.8.1 Registros de ANDA (1998). Sólo 57.7% de la población rural total, tenía acceso a un servicio de agua potable; 25.5% a conexión domiciliaria, 32.2% sin conexión domiciliaria pero con una fuente cercana y 42.3% sin servicio. El acceso a un tipo de saneamiento, está estimado sólo para 50 % de la población en el sector rural.

#### 1.8.1.1 Tipo de servicios en el sector rural.

En la zona rural, hay tres niveles de acceso al agua potable:

- a) Conexión domiciliaria, cañería dentro de la vivienda o cañería fuera de la vivienda pero dentro de la propiedad.
- b) Chorro público, pozo privado o público (adecuado o no para tomar), captación pública, cerca de la casa.
- c) Sin servicio del camión, carreta o pipa, río o quebrada, agua regalada, de lluvia u otros medios.

#### 1.8.1.2 Calidad de Servicios.

Un sistema público de abastecimiento de agua potable debe de funcionar permanentemente en buenas condiciones de calidad y suficiente cantidad del producto suministrado, continuidad y confiabilidad en el servicio prestado al menor costo posible. Según ANDA, en 1998, en el país habían 213 sistemas de abastecimientos de agua, 176 de ellos eran servicio intermitente (82.6%). Esta estimación, se basa en el número de sistemas, y no en base a la población afectada, que en ese caso, el porcentaje de intermitencia puede ser mayor.

---

<sup>3</sup> Congreso Nacional de la Asociación Salvadoreña Para el Agua. ASPAGUA. 1994.

### 1.8.1.3 Tarifas.

Las tarifas de los servicios rurales, administrados por comunidades a través de comités de agua, o juntas directivas o las ADESCO, en su regulación, a nivel nacional, no aplican la ley de tarifas para servicios públicos, habiendo gran diversidad en tipos y niveles de servicio y tarifas. Los sistemas por gravedad, son baratos, con tarifas de \$ 0.25 a \$ 3.00 al mes. Los sistemas por bombeo eléctrico, tienen tarifas de \$ 2.00 hasta \$ 8.00 al mes, para uso normal. Si sube el uso, en el caso de sistemas con medidores, también sube la tarifa por cada m<sup>3</sup>. En 1997, con la privatización del servicio de energía eléctrica, se incrementó el costo de la factura energética hasta 900%, provocando que muchos servicios fracasaran, otros decayeron sensiblemente y algunos con sus limitados recursos subsistieron. La gente que compra el agua, por lo general, a largo plazo tiene más costos, mayores que US\$ 6.00 /mes. Muy pocos y pequeños sistemas administrados por municipalidades usan agua de pozos, generalmente lo hacen de manantiales. Muchos de los sistemas rurales desarrollados por las ONG's, son de abastecimiento con pozos. En El Salvador, por la alta densidad de población, 300 habitantes por km<sup>2</sup>, ha resultado más económico y práctico el desarrollo de sistemas múltiples que abastecen a varias comunidades rurales.

Los recursos hídricos en las zonas rurales varían de acuerdo con lo siguiente:

## 1.8.2 Localización geográfica de los cuerpos de agua en el oriente del país.

1.8.2.1 Cuencas. La configuración territorial está definida por características geomorfológicas correspondientes a la parte superior de la cuenca hidrográfica del río Torola (sub-cuenca del río Lempa) y la cuenca del río Grande de San Miguel. En el primer caso, representado por la cuenca media y parte de la cuenta alta (sub cuencas del río Sapo,



Chiquito y San Antonio), y en el segundo caso, por las subcuencas de los ríos San Francisco, Seco, Yamabal, Gualabo o Las Cañas.

### 1.8.3 Entorno biofísico del departamento Morazán.

1.8.3.1 Ambiente biofísico. En correspondencia con la configuración del paisaje natural, elevación sobre el nivel del mar, magnitud de variables atmosféricas y su interacción con características geológicas y de suelo, el departamento Morazán, contiene 4 zonas agroecológicas (zona de valles aluviales, zona de serranías bajas, zona de faldas montañosas y zona de las montañas intermedias), cada una de ellas con cierta homogeneidad natural, potencial productivo y desarrollo de actividades agropecuarias forestales, piscícolas y otras, donde la base de producción son recursos naturales. Las cualidades de las zonas agroecológicas son las siguientes.

a) Zona de valles aluviales. Debido a su posición e influencia de efectos físico geográficos externos, esta zona corresponde a la superficie departamental de mayor drasticidad climática. Además de su natural torridez, derivada de la interacción de sus variables atmosféricas, también está fuertemente afectada por un período de canícula interestival prolongada, que limita las posibilidades de éxito en las actividades agropecuarias. Característicamente, se distribuye en el extremo sur del departamento, coincidiendo, en parte, con el paisaje que tipifica valles interiores. En términos generales, esto obedece a su posición y baja altura sobre el nivel del mar (menor que 200 m), a la magnitud de sus precipitaciones, alta temperatura promedio, máximas de 36°C, bajas velocidades del viento dominante de 20 km/h, sus tasas de evapotranspiración potencial por encima de la lámina de precipitación anual promedio 2053.45 mm, año 1997. La biotemperatura promedio del suelo es mayor que 24°C.

- b) Zona de serranías bajas. Se extiende en la parte media del departamento, sobre el complejo de domos, colinas y apéndice de las estribaciones de costa, longitud que converge en la cuenca del río torola. Sus características bioclimáticas obedecen a su rango latitudinal, a la magnitud de la precipitación recibida y a las temperaturas promedio anuales dominantes en la zona, menores que 27°C, que junto a las propiedades térmicas de los materiales geológicos y el poco desarrollo de los suelos dominantes, inducen valores de evapotranspiración, igualmente, mayores que la precipitación anual, imprimiendo serias limitaciones al óptimo aprovechamiento del potencial productivo de las tierras. La biotemperatura media del suelo es de 24°C.
- c) Zonas de faldas montañosas y serranías intermedias. Constituyen la zona agroecológica más extensa, se distribuye principalmente hacia el norte y noreste del departamento, ejerciendo influencia bioclimática en municipios cuyos territorios se ubican entre 600 m.s.n.m y 1000 m.s.n.m, donde debido a la magnitud de precipitaciones y su interacción con coberturas vegetales y demás variables biofísicas, propician valores de evapotranspiración promedio anual, permitiendo buenas propiedades y características geológicas y de suelo, con ciertos niveles de infiltración y almacenamiento de agua, la biotemperatura del suelo oscila alrededor de los 22°C, variando en función de la posición de las vertientes del sistema.
- d) Zona de montañas intermedias. Esto caracteriza a las tierras que se distribuyen por encima de 1000 m.s.n.m, ejerciendo influencia local sobre el territorio municipal de Perquín, San Fernando y parte de Arambalá, donde la precipitación promedio anual es de 2000 mm, la temperatura promedio, menor que 20°C y la

evapotranspiración es relativamente baja, permitiendo, bajo condiciones de equilibrio, una mayor tasa de infiltración y almacenamiento de agua lluvia y por lo tanto, constituyendo el área de ecosistemas frágiles. La biotemperatura del suelo en esta zona, es menor que 22°C.

#### 1.8.4 Clima.

1.8.4.1 Precipitación. Según registros en las estaciones meteorológicas del departamento Morazán, hasta el año 1997, los meses en que ocurre la mayor cantidad de lluvia es de agosto a septiembre, siendo Perquín el municipio que registra la mayor precipitación por mes (septiembre 560 mm/mes) los cuales se distribuyen en 26 días de lluvia, Gotera con 428 mm/mes en 20 días, Corinto con 374 mm/mes que precipitan en 19 días, los datos obtenidos de precipitación por mes son obtenidos en base ha registros de 14 años. Ver datos en la tabla 1.8.4.1.

Tabla.1.8.4.1. Precipitaciones del año 1997 departamento Morazán.

| Estación            | Precipitación mm/año | Años de registro |
|---------------------|----------------------|------------------|
| Gotera              | 1965.3               | 39               |
| Perquín             | 2535.5               | 21               |
| Corinto             | 2113                 | 27               |
| Jocoro              | 1700                 | 11               |
| Meanguera           | 2080                 | 11               |
| Osicala             | 2025                 | 26               |
| El Rosario          | 1906                 | 10               |
| Torola              | 2126                 | 11               |
| Joateca             | 2044                 | 8                |
| Cerro Cacahuatique  | 2188                 | 8                |
| La Galera           | 1915.2               | 23               |
| $\bar{x} = 2053.45$ |                      |                  |

\*fuente dgrn.

1.8.4.2 Drenajes. El sistema de drenaje en el departamento Morazán, es de tipo dendrítico, radial, y en ciertas áreas, se vuelve caprichoso, en

su gran mayoría, los ríos poseen secciones transversales en forma de "v" y muestran erosión intensa en su cauce, con incremento de erosión vertical directamente en el terreno.

- 1.8.4.3 Erosión. Para el caso de Morazán, el fenómeno erosivo tiene su expresión física, resultante de características geomorfológicas y fisiográficas combinadas con la intervención del hombre, a través de prácticas agropecuarias inadecuadas en suelos con fuertes pendientes que ocasionan diferentes tipos de erosión hídrica. El impacto negativo del deterioro de los suelos a nivel del departamento Morazán, es, según el estudio agrológico de suelos, que el 70% tiene las mayores pendientes promedios entre 25% a 35%. El 35% de los suelos con pendientes entre 35% a 70% han sido afectados por fenómenos erosivos, 20% de los suelos, tienen pendientes mayores que 70%. En el departamento Morazán, la erosión causada por el viento no tiene implicaciones de impacto importante. La erosión hídrica con sus diferentes expresiones, se presenta en todo el territorio del departamento Morazán, teniendo su mayor impacto en la zona que comprende el cuadrante topográfico jocoaitique, que incluye los municipios San Fernando, Perquín, Arambalá, Torola, Jocoaitique y Meanguera. La erosión hídrica es severa en el cerro cacahuatique, particularmente, la zona comprendida entre sociedad y Corinto. En la zona del cantón Tablón, Cerro Ocotepeque, Cerro Tizate, la erosión ha hecho cárcavas de gran profundidad. En general, la erosión laminar, que es la expresión más frecuente de la erosión, en todo el departamento, la constituyen canales, canalillos, cárcavas, y sus combinadas.
- 1.8.4.4 Escorrentía. Los suelos del departamento Morazán, 92% se consideran áreas de mayor escorrentía superficial y mínima infiltración.

1.8.4.5 Geomorfología. La disposición, distribución y características del relieve de cada uno de los sistemas hidrográficos del departamento Morazán, definen accidentes geográficos que tipifican la variación del paisaje local o elementos geomorfológicos, estableciendo tres grandes paisajes, representados por el área de valles interiores, serranías intermedias y sistema montañoso.

#### 1.8.5 hidrografía.

1.8.5.1 Hidrología. En la zona norte del territorio Morazán, el río Torola se constituye en el más importante, y lo constituyen los ríos San Francisco, Yamabal, Sapo y Seco.

1.8.5.2 Áreas regables. Se han identificado alrededor de 850 ha con posibilidad de riego, mediante embalses en los ríos San Francisco y Yamabal. En el primer caso, aprovechando dos áreas separadas, una entre Chilanga y Gotera con 300 ha y otra de 400 ha a la altura de San Carlos y en el segundo caso, incorporando las tierras que se extienden hacia el sur de Yamabal con 150 ha de superficie.

1.8.5.3 Demanda de agua. Bajo condiciones de desequilibrio ambiental, la disponibilidad del recurso hídrico cuenta como apoyo al sector agropecuario que a través de ríos aprovechables, presentan una drástica variación de magnitud de sus caudales entre la estación lluviosa y la estación seca, por ejemplo, el río Torola, su caudal promedio en febrero-marzo es  $2.0\text{m}^3/\text{seg}$ , mientras que en el mes de septiembre es mayor que  $100.00\text{m}^3/\text{seg}$ , de igual manera, se ha registrado en los meses de estiaje, que el río Yamabal aporta al sistema  $30.00\text{ l/s}$ , elevando su caudal hasta 300 veces en el mes de septiembre, esto, es típico en ambas cuencas que son torrenciales.

1.8.5.4 Producción hídrica. Como consecuencia del relieve el tipo de cobertura vegetal y magnitud de la precipitación recibida de cada zona agroecológica, la escorrentía superficial que se genera en

zonas de recepción de las cuencas de los ríos Torola y San Francisco, alcanza magnitudes torrenciales, concentrando volúmenes instantáneos de 125.00 m<sup>3</sup>/seg y cargas de sedimento transportadas del orden de 300 ton/año a 500 ton/año. Ello, no favorece al fenómeno de infiltración, ni la recarga freática, teniendo la consecuencia, que la disponibilidad hidráulica subterránea es en extremo limitada.

1.8.5.5 Contaminación del agua superficial de ríos. En general, se puede apuntar, que ha existido una drástica disminución de caudales de ríos principales y fuentes superficiales aprovechables para el consumo humano. También, la calificación general de la calidad de las aguas crudas que presentan los ríos, superficialmente es baja en cuando al alto contenido de coliformes y materia orgánica, provenientes de descargas que sin ningún tratamiento, son vertidas a los ríos, limitando su uso para el consumo humano. Por ejemplo, en San Francisco Gotera, el vertedor municipal descarga 22.00 l/s de desechos líquidos al río, sin tratamiento, proporcionando su muerte biológica. También existe contaminación de agua por desechos de minería, (Jocoro, Divisadero) y desechos agrícolas, café y henequén.

#### 1.8.6 Recursos forestales y fauna.

Bosques existentes. Los bosques con importancia económica, al norte del departamento, en los municipios Perquín, San Fernando, Joateca, Arambalá, Jocoaitique, comprende bosques de transición latifoliados y bosques de coníferas, asociados con roble. En la zona norte del río Torola, existen cuatro estratos de bosque que corresponden a bosque denso, bosque semi-denso, bosque ralo, bosque bajo o sin bosque, lo que predomina en el resto del departamento. Se puede considerar parte del bosque, en el departamento Morazán, el cultivo del café, el cual se concentra en la parte más alta del

Cerro Cacahuatique, donde la calidad de las plantaciones es aceptable y en menor proporción en el área entre Perquín y San Fernando, cubriéndose una área aproximada de 1060 ha. En el territorio del departamento Morazán se identifican tres tipos de formaciones altamente influenciadas por la actividad del hombre, formaciones antrópicas (fa), caracterizadas de acuerdo con el sistema prevaleciente de manejo de la cobertura vegetal forestal original, así mismo, se caracterizó un tipo de formación natural (fn), que está en explotación por el hombre, donde todavía prevalece la cobertura original con pinos y robles (fn) (33,790.23 ha, incluye áreas de cultivo). La presente formación natural, se ubicará al norte del río Torola en los municipios San Fernando, Perquín, Joateca, Arambala. El departamento Morazán, es poseedor en su parte norte a partir del río Torola hasta los límites con frontera de honduras, de bosques de transición latifoliados y bosques de coníferas asociados con roble, los cuales fueron inventariados por el consultor Hugo Zambrana, 1993, (estudio de padecom) clasificándose de esta forma las diferentes áreas de bosques: denso, con 3000 ha, semi-denso con 6,500 ha, ralo con 21,800 ha y bajo con 21,000 ha, totalizando 53,000 ha.

## 1.9 Sistemas naturales de captación de agua.

### 1.9.1 Sistemas naturales en zonas rurales.

En zonas rurales, los sistemas de abastecimiento de agua están comprendidos fundamentalmente, por ríos, quebradas, lagos, manantiales, etc, existentes en cantones, comunidades, caseríos, etc, que a su vez, se convierten en cuencas y subcuencas definidas por el parteaguas que las limita y que existen o se forman en el terreno, dependiendo de la topografía del terreno y fenómenos geológicos o meteorológicos. Los cuerpos de agua en zonas rurales reciben y forman parte de este ciclo hidrológico, las precipitaciones ocurridas en época de invierno se vuelven la fuente de abastecimiento de agua necesaria para alcanzar los niveles propios de cada reservorio de agua subterránea y superficial. La distribución se realiza por medio de la escorrentía superficial.

La contaminación del agua lluvia inicia en la atmósfera, debido a fábricas, motores de combustión, pesticidas y productos aerosoles, que también afecta a la capa de ozono que protege la tierra.

#### 1.9.2 Alteración del ciclo del agua.

Este ha sido alterado por la acción del hombre al talar bosques, lo que provoca, que el agua se precipite más rápidamente hacia el mar, haciendo que los ríos, se desborden, se sequen, para que luego, la tierra fértil sea arrastrada y aumente la erosión, que la capa acuífera desaparezca y, por lo tanto, que el agua no se aproveche.

#### 1.9.3 Amenazas naturales y efectos en sistemas de agua potable.

En el salvador, las principales amenazas a los sistemas de agua existentes son: sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, climáticas, inundaciones y sequías. Las amenazas pueden estar interrelacionadas y sus efectos incrementados, por ejemplo, los sismos provocan deslizamientos de tierra o deslaves, los cuales a su vez, ocasionan represamiento de ríos e inundaciones progresivas aguas arriba, el rompimiento de represas de ríos aguas abajo e inundaciones turbulentas y crecidas aguas abajo.

1.9.3.1 El sismo, es capaz de modificar y destruir el entorno físico de la región. El efecto del sismo en sistemas de agua potable, es el siguiente:

- a) Destrucción total o parcial de estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- b) Rompimiento de tuberías de conducción, distribución y uniones entre tuberías y reservorios de almacenamiento, por ende pérdida de agua.
- c) Interrupción de corriente eléctrica, de comunicaciones y vías de acceso.
- d) Modificaciones de la calidad de agua por deslizamientos en áreas de topografías montañosas.



- e) Variaciones del caudal en captaciones subterráneas y superficiales.
- f) Cambio del sitio de salida de agua en manantiales.
- g) Daños por inundaciones, costa adentro por impacto de tsunamis.

1.9.3.2 Erupciones volcánicas. Son más destructivas que el sismo. Tienen efectos en el sistema de agua potable en lo siguiente:

- a) Destrucciones totales de los componentes en las áreas de influencia directas de flujos, generalmente restringidas al cauce de los drenajes que nacen en el volcán.
- b) Obstrucción de obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción, floculadores, sedimentadores y filtros por caída de ceniza.
- c) Modificación de la calidad del agua en captación de agua superficial y en reservorios por caídas de ceniza.
- d) Contaminación de los ríos, quebradas y pozos en zonas de deposición de los lahares.
- e) Destrucción de los caminos de acceso a los componentes y de las líneas de transmisión de energía eléctrica y comunicación.
- f) Incendios.

1.9.3.3 Los deslizamientos de tierra, cambian localmente la topografía de la zona y los efectos de deslizamientos en sistemas de agua potable son los siguientes:

- a) Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de captación y conducción, ubicadas en la trayectoria de deslizamientos activos, especialmente en terrenos montañosos inestables con fuertes pendientes o taludes muy inclinados susceptibles a deslizamientos.

b) Contaminación del agua en áreas de captación superficial en zonas montañosas.

c) Impactos indirectos. Suspensión de servicio eléctrico, corte de caminos y comunicaciones.

1.9.3.4 Inundaciones. El área inundada provoca, tirante de inundación hasta del orden de los 3.0 m a 4.0 m en la altura, alta velocidad del flujo de agua, cantidad de sedimento transportado, duración y frecuencia del fenómeno. La inundación en llanuras cambia el curso del río y deposita sedimentos, la crecida erosiona el cauce y puede provocar deslizamientos o reactivar otros antiguos. Los efectos de las inundaciones y crecidas, en sistemas de agua potable, son los siguientes:

a) Destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.

b) Azolve y colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.

c) Pérdidas de captación por cambio de cauce del río.

d) Rompimiento de tuberías de distribución y conexiones en el área costera, debido al embate de marejadas y áreas vecinas a cauces de agua.

e) Contaminación del agua en las cuencas.

f) Daño de equipo de bombeo al estar en contacto con el agua.

g) Impactos indirectos como la suspensión de energía eléctrica, corte de caminos y comunicaciones.

1.9.3.5 Las sequías. Son eventos periódicos, su impacto se relaciona con el déficit de lluvias, el nivel de precipitaciones, área de erosión de la superficie del terreno y la extensión de la zona climática desértica. La sequía cambia el entorno bioclimático de la región y las

condiciones del agua subterránea. Sus efectos en los sistemas de agua potable son los siguientes:

- a) Pérdida o disminución del caudal de agua superficial o subterránea.
- b) Racionamiento y suspensión del servicio.
- c) Abandono del sistema.
- d) Concentración de contaminantes.

#### 1.10 Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades.

El abasto de agua en zonas rurales, está orientado a dar la mejor solución técnica para el establecimiento de un sistema hidráulicamente funcional y permanente, asimismo, financiera y económicamente sostenible. Además de satisfacer las necesidades hídricas domiciliarias más comunes de los habitantes de las comunidades, los requisitos básicos a cumplir para establecer un sistema de agua potable para pequeñas comunidades, son los siguientes:

1.10.1 Fuente de abastecimiento. Contiene el caudal necesario para satisfacer la demanda requerida por las comunidades a servir, cumpliendo con la dotación de diseño establecida por ANDA en ese sector. La fuente de abastecimiento puede ser de origen superficial o subterráneo, por ejemplo, ríos, lagos, presas hidroeléctricas o manantiales, galerías filtrantes o pozos. Los parámetros que determinan la elección de la fuente de abastecimiento de agua son los siguientes:

- a) Cantidad. Debe ser capaz de producir el caudal suficiente para suministrar día a día la demanda requerida por los habitantes, sin racionar el servicio y las probables demandas proyectadas según el crecimiento demográfico de la comunidad y su periodo de diseño, principalmente la época de estiaje, disponiendo de un caudal ecológico.
- b) Calidad. El agua proporcionada por la fuente de agua, debe ser lo más limpia posible, agradable y que no contenga materias disueltas o

suspendidas. Y cuando de estas hayan cantidades considerables, no se utilizarán, a menos que se garantice que puede ser tratada para disminuir al mínimo estos contenidos, y así, disminuir los costos de diseño, construcción, operación, mantenimiento, etc, de los correspondientes sistemas.

c) Factibilidad. Para determinar la factibilidad de utilización de la fuente, tomar en cuenta los siguientes aspectos:

c1) Posibilidad de obtener agua en años secos, de acuerdo con las experiencias obtenidas en aforos y estudios realizados que se proporcionan previamente a la elección de la fuente determinada, garantizando el caudal ecológico de la fuente en uso.

c2) La facilidad en acarreo de materiales de construcción, equipamiento, productos químicos, caminos que permitan el acceso de personal o vehículos requeridos al lugar para el funcionamiento del sistema de abastecimiento, y aislarlo para evitar contaminaciones de la fuente o rompimiento de tuberías utilizadas.

1.10.2 Captación o toma de agua. Es el punto de conexión del sistema por medio del cual se capta el caudal de la fuente de abastecimiento de agua.

a) Diferentes tipos. La captación de agua puede consistir simplemente en una caja que permita la entrada del líquido, una pichancha (rejilla) sumergida, equipo de bombeo, etc, de una o varias fuentes de abastecimiento, que pueden ser manantiales, lagos, ríos, quebradas de agua permanente, etc, a la tubería de conducción que la transportará al reservorio de almacenamiento y luego distribuirla.

1.10.3 Potabilización del agua. Es el tratamiento establecido para cambiar la composición del agua obtenida de la fuente de abastecimiento dentro del sistema en general, con el fin de establecer la calidad del agua y

convertirla en apta para consumo humano, de acuerdo con las normas de ANDA. El tratamiento del agua puede variar según la calidad natural de la fuente de abastecimiento. Los procesos más comunes en cuerpos de agua existentes en zonas rurales son: coagulación, sedimentación, filtración, ablandamiento, desinfección o remoción de fierro, manganeso, fluoruro, etc. Además, el tratamiento de fuentes de abastecimiento para potabilizar el agua se determina bajo cuatro puntos de vista importantes que son los siguientes: a) capacidad, b) seguridad, c) calidad, d) responsabilidad, descritos como sigue:

- a) Capacidad. La capacidad del sistema de abastecimiento debe ser tal que permita dar el servicio sin interrupción o restricciones durante las horas pico de la comunidad servida.
- b) Seguridad. El sistema se diseña con proyecciones de duplicidad en algunos de sus elementos, para evitar racionar el servicio por averías en los elementos más vulnerables por cambios climáticos, caídas de potencial de energía eléctrica, falta de ingredientes químicos, servicios de reparación, sismos, etc.
- c) Calidad. El sistema de abastecimiento debe ser tal que el agua proporcionada sea un producto de calidad según las normas de ANDA establecidas para estos sectores. La calidad bacteriológica, garantiza que el agua esté libre de microorganismos patógenos y la calidad química del agua, la remoción de sustancias tales como: sabor, olor, dureza, elementos corrosivos, presencia de fierro, manganeso, fenoles en exceso, etc.
- d) Responsabilidad. Se requiere la atención de un personal convenientemente entrenado y experimentado en el campo del tratamiento de agua natural superficial o subterránea y siempre supervisados por personal técnico idóneo en este campo.

1.10.4 Conducción. La conducción del agua puede especificarse a trabajar por gravedad y presión, según se diseñe y establezca por la topografía del terreno existente donde se dispone el sistema en general.

1.10.4.1 Conducción por gravedad, en este caso, el agua tiene dos formas de trabajo:

- a) Cuando el desnivel entre la captación y el sistema de distribución es pequeño, la línea de conducción se desarrolla y obliga a utilizar tuberías de grandes diámetros para la conducción del agua y distribuirla de manera óptima a la comunidad.
- b) Cuando el desnivel es fuerte, la línea de conducción se puede hacer trabajar a presión, así, la ventaja permite escoger un camino más corto y permite utilizar diámetros pequeños en las tuberías, para la conducción del agua al sistema de distribución.

1.10.4.2 Conducción a presión. Cuando el desnivel es fuerte, la línea de conducción trabaja a presión. Sin embargo, es posible que la fuente de captación se encuentre a un nivel más bajo que el sistema de distribución, y sea necesario un equipo de bombeo para impulsar el agua, en este caso, hay que tener en cuenta, que al apagar el equipo de bombeo, se presenta el golpe de ariete, que provoca sobreelevación de la presión a que normalmente trabajan las tuberías que conducen el agua. Para evitar el golpe de ariete se utilizan accesorios como sigue:

1.10.4.2.1 Los accesorios más comunes son: válvulas de purga de aire, válvulas aliviadoras de presión, válvulas reductoras de presión, cajas rompedoras de presión, sifones, torres de oscilación, accesos a las tuberías de grandes diámetros, etc.

1.10.5 Regulación y almacenamiento. La demanda horaria de agua en la población de una comunidad, varía 10% en la madrugada, y 150% en las horas pico, la fuente y el sistema de abastecimiento deben diseñarse para controlar este tipo de fluctuaciones, en cuanto al servicio se refiere. Las características principales de estos elementos son las siguientes:

1.10.5.1 Función. Permite satisfacer las demandas máximas y mínimas de agua que suministra la fuente de abastecimiento, a la comunidad en estudio, y mantener una presión constante en la red, proporcionando mejor servicio a los habitantes. Un tanque de almacenamiento reduce inversiones en el sistema de distribución y permite que las conexiones en las tuberías reduzcan su tamaño. También, se demanda a este tipo de dispositivos, el agua necesaria en casos de incendios.

1.10.5.2 Capacidad. Se diseñan de acuerdo al volumen necesario para satisfacer las dotaciones requeridas por los habitantes de la comunidad servida, asimismo, el volumen de variación en el servicio de agua que se vuelve necesario en las horas pico.

1.10.6 Distribución. Líneas alimentadoras, ramales principales, circuitos primarios, constituyen la red de distribución primaria y son los elementos del sistema de abastecimiento que conducen los mayores caudales de agua, llevándolos desde la fuente de abastecimiento, estación central de bombeo y al tanque de almacenamiento, hasta los circuitos secundarios, y por medio de las tomas domiciliarias es como se entrega el agua al consumidor.

1.10.7 Tomas domiciliarias. El punto final para la entrega directa de agua al consumidor lo constituye la toma domiciliar. Se utilizan medidores de consumo de agua para las viviendas, cobrando el servicio para dar mantenimiento al sistema de abastecimiento en general.

1.10.8 Hidrantes públicos. Ubicados en puntos estratégicos para que los usuarios de comunidades vecinas recorran la menor distancia posible, cuando no ha sido viable dar el servicio a toda la población de la zona rural en estudio.

1.11 Obras de abastecimiento de agua.

Se construyen para recoger adecuadamente las aguas superficiales y subterráneas aprovechables, por ejemplo, aguas lluvias, aguas de manantiales en ladera, etc. La tabla 1.11.1 contiene las principales diferencias entre estos dos tipos de aguas, asimismo, sus características más comunes. Las obras varían de acuerdo con la naturaleza del abastecimiento, localización y magnitud. Los tipos de toma más usuales en sistemas pequeños son, toma por gravedad y toma por bombeo, directa e indirecta.



Tabla. .1.11.1 Principales diferencias entre las aguas superficiales y aguas subterráneas.

| Características.                   | Agua superficial.   | Agua subterránea.                                    |
|------------------------------------|---|--|
| Temperatura.                       | Variable según las estaciones.  | Relativamente constante.                             |
| Turbiedad, materias en suspensión. | Variable, a veces elevadas.   | Bajas o nulas.                                       |
| Mineralización.                    | Variable en función de los terrenos, precipitación, vertidos, etc.                          | Bajas o nulas.                                       |
| Hierro y Manganeso.                | Generalmente ausente excepto en el fondo de los cuerpos de agua en estado de eutroficación. | Generalmente presentes.                              |
| Gas carbónico agresivo.            | Generalmente ausente.   | Normalmente ausente o muy bajo.                      |
| Amoníaco.                          | Presente sólo en aguas contaminadas.  | Presencia frecuente sin ser índice de contaminación. |
| Sulfuro de                         | Ausente.  | Normalmente presente.                                |
| Sílice.                            | Contenido moderado.   | Contenido normalmente elevado.                       |
| Nitratos.                          | Muy bajos en general.   | Contenido a veces elevado.                           |
| Elementos vivos.                   | Bacterias, virus y plancton.  | Ferrobacterias.                                      |
| Oxígeno disuelto.                  | Normalmente próximo a la saturación.  | Normalmente ausente o muy bajo.                      |

### 1.11.1 Pozos.

#### 1.11.1.1 Pozos excavados.

Son fuentes de agua, importantes para abastecimiento de agua a la población, son provenientes de las napas freáticas que se localizan, especialmente en aldeas y villas, las cuales, casi siempre están contaminadas por las infiltraciones de letrinas de poca profunda,

cercanas al nivel freático del agua subterránea. La mayoría de este tipo de pozos, no cuenta con la protección adecuada para usuarios y se contamina. La profundidad es moderada y no excede a la del manto acuífero subsuperficial, por lo que sólo se utilizan para explotar acuíferos libres de poco espesor, localizados en terrenos poco consolidados (arenas, gravas, etc.) o en rocas fisuradas o meteorizadas superficialmente (pizarras, granito, etc.) y su diámetro usual varía de 1.50 m a 2.00 m.

#### 1.11.1.2 Pozos perforados.

Son tubos colocados por máquinas de percusión que entran en pozos excavados, hasta alcanzar la producción requerida en gal/min. y de acuerdo con la dotación proyectada.

#### 1.11.1.3 Pozos clavados o hincados.

Son similares a los pozos perforados, pero a diferencia estos, trabajan con simple torno o bomba manual, por ejemplo, aspirante impelente, de mecate, lazos y guacalitos, que se encuentran fijas al pozo en el broquel desde donde se hace la extracción del agua y evita otro tipo de manipulación del agua del pozo por los usuarios.

#### 1.11.1.4 Pozos radiales.

Conocidos como pozos de drenes horizontales, pozos horizontales y pozos colectores. En cualquier caso, corresponden siempre a un mismo tipo funcional en el que se distinguen dos partes: un pozo vertical de gran diámetro y un conjunto de drenes o perforaciones horizontales que salen de su fondo en el que desaguan a través de válvulas de compuertas. Los dos sistemas de construcción más utilizados son el tipo Ranney y el tipo Fehlmann, en acuíferos libres de

materiales detríticos conectados con las aguas subálveas de los ríos.

#### 1.11.2 Presas.

Son estructuras que se emplazan en una corriente de agua interceptada, para embalsarla y desviarla para su aprovechamiento posterior o para proteger una zona de sus efectos dañinos. Las presas permiten controlar y disponer del caudal de ríos, quebradas o canales, para su aprovechamiento en riego de cultivos, consumo humano, consumo industrial, control de crecidas, navegación, protección de márgenes, generación de energía eléctrica, turismo, piscicultura, contención de aluviones, esparcimiento y recreación, etc, por ejemplo, al producir un embalse de agua, la estructura resiste un empuje igual a la fuerza que lleva la masa de agua, y de manera inmediata lo transmite a su cimentación, para equilibrarse y retener del agua requerida. Determinar el tipo el tipo de presa a utilizar, materiales y parámetros de diseño necesarios para la retención o desviación del agua es responsabilidad del proyectista. El problema fundamental es la forma en que la presa absorberá la presión que transmite el agua sin romperse y sin transmitir al terreno natural más carga de la que éste puede soportar. Así, los criterios predominantes en el diseño de presas hidráulicas son los siguientes: a) caudal a retener o desviar de su cause normal, b) determinar las fuerzas a las que estará sometida la estructura, c) tipo de cimentación a utilizar, d) tipo de presa a utilizar, e) selección de materiales selectos y f) determinar solución más económica para realización de proyecto. La búsqueda de alternativas económicas posibles, ha llevado a nuevos diseños y sistemas constructivos para presas, haciéndolas con materiales sueltos, por ejemplo, rocas ligadas con mortero, tierra o combinadas.

- 1.11.2.1 Presas de gravedad. se construyen de varios tipos y materiales diferentes, presas de tierra, madera contrafuerteada, con roca superpuesta y ligada con mortero, concreto con o sin hierro de refuerzo, roca grava, y un núcleo macizo u otra. Estas trabajan por gravedad o peso propio, por un efecto de arco o bóveda horizontal dirigido aguas arriba en contra de la corriente de agua. Las presas que trabajan por gravedad requieren un suelo muy estable, capaz de resistir, sin asentamientos significativos, en el peso de la presa y del embalse. Cuando el suelo debe consolidarse, la operación es muy costosa y no siempre es posible. En el caso de las presas de arco, la presa transfiere una carga muy importante hacia las laderas que por lo tanto deben ser rocas muy resistentes.
- 1.11.2.2 Presas aligeradas o filtrantes. Este tipo de presa tiene la función de retener sólidos, desde material fino, hasta rocas de gran tamaño, transportadas por torrentes en áreas montañosas. Las presas filtrantes, tienen la función de retener sólidos, desde arcilla, limo, y arena, hasta rocas (cantos rodados) de gran tamaño. El sistema filtrante varía de acuerdo con el tipo de sólidos que se quiere retener. Se utilizan para fijar cárcavas.
- 1.11.2.3 Presa de derivación. En general es muy baja respecto a su altura, y no tiene (o casi no tiene) un embalse permanente asociado a este. Su función es garantizar la sección transversal del cauce, manejando la sedimentación en él, de forma que no se obstruya la bocatoma de derivación.
- 1.11.3 Captaciones.
- 1.11.3.1 Captaciones en planicie. Son afloramientos de agua superficial en terrenos planos (valles, mesetas, planicies, etc.). La

captación de agua en estos manantiales se realiza por medio de cajas de manantial con drenes de material selecto, los cuales varían en espesor según sea el caudal de agua que aflora, la geometría de la caja varía de cuadrada o rectangular, tronco cónica o cualquier prismoide que se adapte.

1.11.3.2 Captaciones en ladera. Son afloramientos de agua en terrenos accidentados y en laderas. Las captaciones de este tipo rodean el afloramiento del manantial, como convenga, para la captación y conducción del agua hacia el sistema de abastecimiento.

1.11.3.3 Galerías de infiltración. Son construcciones hechas en regiones montañosas hasta alcanzar la zona de saturación, con pendiente necesaria del suelo para evacuar el agua al exterior, por gravedad. Las captaciones en ladera y planicie son construcciones necesarias para alcanzar una fuente de abastecimiento de agua.

## 1.12 Enfermedades transmitidas por el agua.

Los factores que contribuyen a brotes de enfermedades transmitidas por ingerir o estar en contacto con agua contaminada, en las diversas fases del sistema de abastecimiento, en general, está relacionada con la fuente de abastecimiento que se cuente o seleccione y con el tratamiento aplicado a estas fuentes, logrando así, reducir, por ejemplo, los índices de enfermedades gastrointestinales o dermatológicas y disminución de la carga bacteriana en el agua para consumo humano. Este tipo de enfermedades aparecen cuando el agua a consumir es de origen inadecuado. En la tabla 1.12.2 Todas las causas de morbilidad, en Morazán. La tabla 1.12.1 contiene el diagnóstico y casos atendidos en el departamento Morazán. En el cuadro 1.12.1, anexo A1.1 se muestra un formulario propuesto para realizar una encuesta sobre el diagnóstico de una comunidad o sector cuando se abastecen de agua no tratada y desinfectada. En la

tabla 1.12.3 se muestran las enfermedades más comunes que se presentan al ingerir agua contaminada por diferentes medios. La tabla 1.12.4 indica las enfermedades manifestadas cuando se entra en contacto con agua contaminada. Las enfermedades causadas por ingesta morbilidad, consumo o cualquier contacto con agua en uso desde alguna fuente, tiene los orígenes por lo siguiente:

#### 1.12.1.1 Agua superficial.

- a) Uso de agua superficial no tratada.
- b) Contaminación de la fuente de abastecimiento por fuentes humanas y animales.
- c) Utilización de agua superficial contaminada como fuente suplementaria.
- d) Rebosamiento de aguas residuales o exutorio cerca de la toma de agua.
- e) Inundaciones.
- f) Animales vivos en la fuente de abastecimiento de agua.

#### 1.12.1.2 Agua subterránea.

- a) Rebosamiento o infiltración de líquido cloacal en la fuente.
- b) Contaminación a través de piedra caliza agrietada o rocas con fisuras.
- c) Inundaciones.
- d) Contaminación por sustancias químicas o plaguicidas.
- e) Infiltración desde un pozo abandonado.
- f) Contaminación de la tubería de transmisión de agua o tubería de aspiración.

#### 1.12.1.3 Tratamiento inadecuado del agua.

- a) Limitada concentración y breve tiempo en la cloración u otro proceso de desinfección.
- b) Interrupción de la cloración.
- c) Filtración inadecuada.

d) Tratamiento deficiente de prefiltración.

#### 1.12.1.4 Deficiencias de almacenamiento.

a) Depósitos de almacenamiento sin protección.

b) Contaminación de medios individuales de almacenamiento por animales.

c) Desinfección, mal ejecutada o nula, de una nueva instalación de almacenamiento.

#### 1.12.1.5 Deficiencias de distribución.

a) Retrosifonamiento.

b) Conexiones cruzadas.

c) Contaminación de las conexiones principales durante la construcción o reparación del sistema.

d) Instalación de la conducción de agua y el colector principal en la misma zanja o poco separadas.

e) Desinfección incorrecta o nula de las tuberías principales o instalaciones de fontanería.

#### 1.12.1.6 Problemas de contacto con el agua.

a) Presencia de caracoles en la fuente de abastecimiento.

b) Lesiones por punción o heridas.

c) Buceo, natación debajo de la superficie, esquí acuático.

d) Instalaciones inadecuadas de retención del agua.

e) Natación o inmersión parcial en aguas infestadas de parásitos.

f) Mal ajuste del pH.

g) Cloración y filtración inadecuada.

h) Piscinas con paredes rugosas.

#### 1.12.1.7 Otros factores.

a) Consumo de agua no apta para beber.

b) Contaminación de cubos y otros recipientes de almacenamiento de agua.

- c) Contaminación deliberada de fuentes públicas de agua.
- d) Hielo contaminado.

Tabla 1.12.1. Registro semanal de diagnósticos y casos atendidos de personas en el departamento de Morazán.

| Posición | Diagnóstico                              | Casos  | Posición | Diagnóstico                             | Casos |
|----------|--|--------|----------|---|-------|
| 1        | IRAS (Cat. Común/F.A.A)                  | 21,408 | 14       | Muertes infantiles.                     | 20    |
| 2        | Parositosis intestinal                   | 5,087  | 15       | Infección Conocc.trac.G.U               | 19    |
| 3        | Infección intestinal mal definida.       | 4,894  | 16       | Parotiditis.                            | 18    |
| 4        | Neumonías (neum/bronconeu)               | 1,827  | 17       | Tuberculosis pulmonar.                  | 17    |
| 5        | Hipertensión arterial                    | 1,352  | 18       | Paludismo.                              | 5     |
| 6        | Mordida de animales transmitiendo rabia. | 238    | 19       | Alimentación bacteriana.(ETAS).         | 5     |
| 7        | Varicela.                                | 181    | 20       | Intoxicación por marisco. (Marea roja). | 5     |
| 8        | Hepatitis A.                             | 81     | 21       | Por vehículo automotor.                 | 4     |
| 9        | Accidente de trabajo.                    | 71     | 22       | Maltrato físico.                        | 4     |
| 10       | Cáncer Cerviño-uterino                   | 62     | 23       | Infección VIH.                          | 2     |
| 11       | Dengue clásico.                          | 34     | 24       | SIDA.                                   | 2     |
| 12       | Por plaguicidas.                         | 24     | 25       | Meningitis bacteriana.                  | 1     |
| 13       | Conjuntivitis hemorrágica.               | 20     | 26       | Violación sexual.                       | 1     |



Tabla 1.12.2. Recursos humanos por disciplina y por establecimientos de salud Morazán 1997. Ministerio de salud y asistencia social, República de El Salvador. Todas las causas de morbilidad, en Morazán, enero a septiembre año 1998.

| Municipios             | Médicos | Enfermeras | Auxiliar de enfermería | Promotores | Secretaria | Partera |
|------------------------|---------|------------|------------------------|------------|------------|---------|
| San Francisco Gotera   | 1       | 0          | 1                      | 0          | 1          | 1       |
| Arambalá               | 2       | 1          | 2                      | 4          | 1          | 12      |
| Cacaoepra              | 2       | 1          | 3                      | 5          | 1          | 22      |
| Corinto                | 1       | 1          | 1                      | 8          | 1          | 4       |
| Chilanga               | 1       | 0          | 2                      | 3          | 1          | 2       |
| Delicias de concepción | 1       | 1          | 2                      | 6          | 1          | 4       |
| El Divisadero          | 1       | 0          | 1                      | 0          | 1          | 0       |
| El Rosario             | 1       | 0          | 1                      | 2          | 1          | 4       |
| Gualococti             | 1       | 1          | 2                      | 6          | 1          | 2       |
| Guatajiagua            | 1       | 0          | 2                      | 0          | 1          | 3       |
| Joateca                | 1       | 0          | 1                      | 0          | 1          | 2       |
| Jocoaitique            | 2       | 1          | 2                      | 6          | 1          | 4       |
| Jocoro                 | 1       | 0          | 2                      | 4          | 1          | 2       |
| Lolotiquillo           | 1       | 0          | 1                      | 2          | 1          | 3       |
| Meanguera              | 1       | 1          | 2                      | 4          | 2          | 7       |
| Osicala                | 2       | 1          | 2                      | 1          | 1          | 10      |
| Perquín                | 1       | 0          | 2                      | 3          | 1          | 3       |
| San Carlos             | 1       | 0          | 1                      | 1          | 1          | 1       |
| San Fernando           | 1       | 0          | 1                      | 2          | 1          | 4       |
| San Isidro             | 1       | 1          | 2                      | 6          | 1          | 31      |
| San Simón              | 1       | 0          | 1                      | 0          | 1          | 0       |
| San Luís               | 2       | 1          | 2                      | 7          | 1          | 9       |
| Sociedad               | 1       | 0          | 1                      | 0          | 1          | 6       |
| Torola                 | 2       | 1          | 2                      | 5          | 1          | 5       |
| Yamabal                | 1       | 0          | 2                      | 3          | 1          | 5       |
| Yoloaiquin             | 2       | 0          | 1                      | 0          | 0          | 0       |
| Quebrachos             | 1       | 0          | 0                      | 1          | 0          | 1       |
| total                  | 31      | 11         | 41                     | 87         | 26         | 145     |

Tabla. 1.12.3 Enfermedades adquiridas por ingestión de agua.

| Vías digestivas superiores. (Periodo de incubación menor a una hora).   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Enfermedad.   | Agente.   | Factores contribuyentes a brotes.  | Fuentes de contaminación del agua.  |
| Intoxicación por cadmio.  | Cadmio.   | Empleo de soldadura que contiene cadmio, almacenamiento de bebidas muy acidas en recipientes que contienen cadmio, agua de pH bajo, conexiones cruzadas en industrias galvanizadoras.  | Juntas soldadas.  |
| Intoxicación por cobre.   | Cobre.  | Dispositivos para evitar el reflujo defectuoso, almacenamiento o venta en maquinas expendedoras de bebidas muy acidas (pH bajo) procedentes de recipientes o tuberías de cobre, agua de pH bajo.   | Tuberías y distribuidores de cobre.   |
| Intoxicación por fluoruro.  | Fluoruro de sodio.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mal funcionamiento de la bomba de alimentación.</li> <li>Fuerte contenido de fluoruro en la fuente de abastecimiento de agua.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Adición excesiva de fluoruro de sodio para la higiene dental.</li> <li>Agua de alto contenido de fluoruro natural</li> </ul> |
| Intoxicación por arsénico.  | Arsénico.   | Desecho sin distinción de compuestos de arsénico, retrosifonamiento.   | Orina, sangre, cabello, uñas.   |
| Vías digestivas inferiores. (Periodo de incubación menor a una semana). |   |  |   |
| Balantidiasis.  | Balantidium coli  | Eliminación inapropiada de aguas residuales, uso de abastecimiento de agua contaminada, contacto con agua frecuentada por cerdos, saneamiento ambiental deficiente.  | Heces de porcinos, ratas o humanas.   |
| Gastroenteritis por campylo- bacter fetus.                              | Campilobacter fetus Subs. Jejuni  | Uso de abastecimiento de agua contaminada, eliminación inapropiada de desechos de animales.  | Heces humanas y animales.   |
| Cólera.   | Vibrio choleare biotipos choleare y El Tor: serotipos Inaba u Ogawa             | Eliminación inapropiada de aguas residuales utilizando un abastecimiento de agua contaminada, mal estado nutricional, uso de agua contaminada para lavar alimentos o utensilios y refrescar frutas u hortalizas.                           | Heces y vomitos humanos, aguas residuales domesticas.   |
| Vibriones no aglutinables (vibriones no coléricos).                     | Vibriones de características similares al Vibrio choleare.                      | Eliminación inapropiada de aguas residuales utilizando un abastecimiento de agua contaminada, mal estado nutricional, uso de agua contaminada para lavar alimentos o utensilios y refrescar frutas u hortalizas.                           | Heces humanas, aguas residuales domesticas.   |
| Gastroenteritis por escherichia coli patógena.                          | Cepas invasivas de escherichia colí. Cepas enterotoxigenas de escherichia colí. | Eliminación inapropiada de aguas residuales, obstrucción de cloacas, uso de fuentes de agua contaminada, saneamiento ambiental deficiente.   | Heces humanas, aguas residuales domesticas.   |
| Salmonelosis.   | Salmonella (> 1600 serotipos)   | Eliminación inapropiada de aguas residuales, acceso de animales a pozos y corrientes de agua, uso de fuente de agua contaminada.   | Heces, escobilladuras rectales.   |
| Shigelosis.   | Shigella dysenteriae, S. flexneri, S. boydii, S. sonnei.                        | Eliminación inapropiada de aguas residuales contaminación del abastecimiento de agua, conexiones cruzadas contaminada, mal estado nutricional, saneamiento ambiental deficiente, residencia en instituciones, baños en aguas contaminadas. | Heces, escobilladuras rectales.   |
| Yersiniosis.  | Yersinia enterocolitica, yersinia pseudo tuberculosis.                          | Uso de abastecimiento de agua contaminada, acceso de animales al agua superficial.   | Orina y heces de animales infectados (roedores, aves, porcinos), suelo.   |
| Gastroenteritis vírica.   | Posible intervencion de vários agentes viricos (como Cocksackie, ECHO, de tipo  | Eliminación impropia de aguas residuales, empleo de agua contaminada.  | Heces humanas.  |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|   | parvovirico, rotavirus, virus tipo Norwalk).  |   |  |
| Amibiasis. <sup>4</sup>   | Entamoeba histolytica.  | Eliminación de aguas residuales, uso de abastecimiento de agua contaminado, conexiones cruzadas, retrosifonamiento, conducciones de agua y líquido cloacal en las mismas fosas y saneamiento ambiental deficiente.  | Heces humanas aguas residuales domesticas.   |
| Dracontiasis.   | Dracunculus medinensis (gusano de guinea).  | Crustáceos Cyclops en el abastecimiento de agua, abastecimiento de agua sin protección (pozos con escalones).   | Descarga de larvas de la piel de la persona infectada.   |
| Giardiasis.   | Giardia lamblia.  | Eliminación impropia de aguas residuales, uso de abastecimiento de agua contaminada, saneamiento ambiental deficiente.  | Heces humanas, aguas residuales domesticas, heces de animales (castor).  |
| Intoxicación por plomo <sup>5</sup> (saturnismo).   | Plomo y sales de plomo.   | Empleo de tuberías de plomo para el abastecimiento de agua potable, soldaduras de plomo, almacenamiento de aguas o bebidas (pH bajo) muy acidas en vasijas o depósitos de almacenamiento que contienen plomo, empleo de plomo blanco para las juntas de tuberías, agua con pH bajo. | Tuberías y recipientes de almacenamiento de plomo.   |
| <b>Infección generalizada.</b>  |   |   |  |
| Tularemia <sup>6</sup>  | Francisella tularensis.   | Acceso de animales a los abastecimientos de agua, uso de corrientes de agua no tratada o suministros de abastecimiento de agua no tratados, animales muertos en la superficie del agua.   | Sangre y tejidos de mamíferos salvajes o artrópodos infectados.  |
| Hepatitis A <sup>7</sup>  | Virus de hepatitis A.   | Eliminación impropia de aguas residuales, uso de abastecimiento de agua contaminada, residencia en instituciones.   | Heces y orina humanas, aguas residuales domesticas.  |
| Fiebre tifoidea   | Salmonella Typhi  | Eliminación impropia de aguas residuales, retrosifonamiento, conexiones cruzadas, uso de abastecimiento de agua contaminada, deficiencias de cloración.   | Heces y orina humanas, aguas residuales domesticas.  |
| Fiebre para tifoidea  | Salmonellas para typhoid A, B y C, salmonella choleraesuis, salmonella enteritidis.                     | Eliminación impropia de aguas residuales, retrosifonamiento, conexiones cruzadas, uso de abastecimiento de agua contaminada, deficiencias de cloración.   | Heces y orina humanas, aguas residuales domesticas; a veces fuentes animales como las desérticas en la salmonelosis. |
| <b>Asfixia (cianosis)</b>   |   |   |  |
| Metahemoglobinemia  | Nitratos.   | Pozos poco profundos, sin protección o sin revestimiento, empleo excesivo de fertilizantes, numerosos animales en los alrededores del pozo.   | Fertilizantes, aguas residuales domesticas, heces de animales.   |
| <b>Trastornos visuales, hormigueo y parálisis. (Periodo de incubación menor de una hora).</b> |   |   |  |
| Intoxicación por organofosfato.   | Compuestos de organofosfatos.   | Retrosifonamiento de compuestos insecticidas desde la manguera de aplicación, infiltración después de rociar el suelo.  | Plaguicidas.   |
| Intoxicación por hidrocarburo clorado   | Insecticidas de hidrocarburo clorado, como aldrin, clordano, DDT, dieldrin, endrin, lindano y toxafeno. | Almacenamiento de insecticidas en el mismo lugar que los alimentos, confusión de plaguicidas con alimentos en polvo.  | Cualquier alimento contaminado accidentalmente.  |

<sup>4</sup> Periodo de incubación mayor a una semana.

<sup>5</sup> Periodo de incubación variable según la dosis.

<sup>6</sup> Periodo de incubación menor de una semana.

<sup>7</sup> De la hepatitis A en adelante, el periodo de incubación es mayor de una semana.

Tabla. 1.12.4. Enfermedades adquiridas por contacto con el agua.

| Enfermedad.   | Agente.   | Factores que contribuyen al brote.   | Fuentes de contaminación.   |
|---|---|--|---|
| Infección por aeromonas.                                    | <i>Aeromonas hydrophila</i> .                                     | Natación en agua dulce, grietas cutáneas.  | Agua dulce.   |
| Infección por <i>chromobacterium riolaceum</i> .            | <i>Chromobacterium riolaceum</i>                                  | Grietas cutáneas, heridas por punción.   | Suelo o agua.   |
| Meningoencefalitis amibiana primaria.                       | <i>Naegleria fowleri</i>  | Buceo o inmersión total en manantiales de agua mineral templada, dulce o salobre o en piscinas, jugar en charcos lodosos.  | Agua, suelo y vegetación putrefacta.  |
| Infección por <i>pseudomonas aeruginosa</i> .               | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                                     | Limpieza impropia de piscinas, vasijas de agua y otros dispositivos, inmersión en baños de remolino.   | Agua, piel.   |
| Dermatitis esquistosomática (prurito de los nadadores).     | Larvas de esquistosomas (muchas ssp.)                             | Presencia de caracoles en el agua, baños o inmersión parcial en aguas infestadas.  | Heces y orina de aves y otros animales infectados.  |
| Conjuntivitis de las piscinas.                              | <i>Chlamydia (bedsonia sp.)</i> .<br>pH                           | Baños en aguas no cloradas.<br>Ajuste impropio de pH.  | Exudados genitourinarios.<br>Agua y sustancias químicas empleadas en el tratamiento.                                |
| Tularemia.  | <i>Francisella tularensis</i> .                                   | Acceso de animales a los abastecimientos de agua, uso de corrientes de agua contaminada o de agua de abastecimiento no tratados, animales muertos en la superficie del agua. | Sangre y tejido de mamíferos salvajes o artrópodos infectados.  |
| Vibriosis. <sup>8</sup>                                     | <i>Vibrio alginolyticus</i> ,<br><i>Vibrio parahaemolyticus</i> . | Baños en agua de mar, grietas cutáneas.  | Agua de mar.  |
| Lesiones tuberculosas granulomatosas (vesículas dafinicas). | <i>Mycobacterium marinum</i> (balnei).                            | Paredes rugosas de las piscinas, cloración insuficiente: lesión o raspadura durante el baño; abrasiones al limpiar los acuarios.   | Suelo y agua.   |
| Leptopirosis (enfermedad de weil).                          | <i>Leptospira ssp.</i> (más de 170 serotipos).                    | Natación o inmersión parcial en estanques de granjas o en aguas a las que tienen acceso de animales.   | Orina de animales (perros, roedores, bovinos, porcinos, venados, ardillas, zorros, mofetas, mapaches y Varigueyas). |

<sup>8</sup> El periodo de infección es menor de una semana, para la infección por aeromonas hasta vibriosis, luego cambia a periodo de incubación mayor de una semana para el resto de enfermedades.

### 1.13 Métodos mecánicos para el tratamiento de agua obtenida desde las fuentes de captación natural.

1.13.1 Autopurificación y reposo. La autopurificación elimina la materia orgánica, dependiendo del grado de dilución, aireación, sedimentación y principalmente, el tiempo para que se verifiquen las reacciones químicas que determinan su efectividad. Las bacterias que se introducen desde las aguas negras quedan sujetas a condiciones enteramente distintas. Los factores que regulan la destrucción de estas bacterias son, la temperatura del agua, el alimento disponible, el efecto germicida de la luz del sol, la sedimentación y el consumo de bacterias como alimento de protozoarios. Esta acción, es lenta en la modificación de la materia orgánica, por lo que la contaminación bacteriana puede perdurar cierto tiempo después que hayan desaparecido las evidencias visibles de la contaminación. Por lo tanto, la única manera mediante la cual se puede determinar la influencia del reposo, o del tránsito, a lo largo de una corriente de agua, consiste en llevar a cabo exámenes biológicos y bacteriológicos de muestras representativas que se recojan en puntos estratégicos. Los efectos del reposo y el tiempo, no son todo lo benéfico que se quisiera, con respecto a ciertas características del agua, por ejemplo, la purificación bioquímica induce el desarrollo de algas y de otras formas de vida microscópica animal y vegetal, aunque estos organismos pueden afectar ligeramente, la salud de una población, causando olores y sabores, dañinos a la salud, requiriendo un tratamiento efectivo cuando se encuentren presentes estos organismos vivientes.

#### 1.13.2 Aireación.

La aireación se practica en el tratamiento de agua por tres razones.

1. Para introducir oxígeno del aire.
2. Para dejar que escapen los gases disueltos, como el bióxido de carbono y el ácido sulfúrico.

3. Para eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor.

La introducción de oxígeno, constituye la primera etapa en el proceso de eliminación de hierro y manganeso por infiltración. La eliminación del bióxido de carbono mediante aireación, es un método para hacer que la acción corrosiva de las aguas de un abastecimiento sea mínima. En la práctica, es difícil disminuir la concentración de este gas por debajo de 5.00 ppm, sólo por aireación, debido a que siempre está presente en la atmósfera. También, es limitada la efectividad de la aireación para eliminar olores y sabores, no pudiendo considerarse como sustituto del control preventivo con procesos de tratamiento más adecuados. La aireación del agua puede hacerse por tres métodos siguientes:

1. Uso de aspersores, por medio de los cuales se pulveriza el agua en la atmósfera, hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas.
2. Descarga del agua por una tubería elevada que la lleve a una serie de artenas de las que caiga el agua a través de pequeños agujeros del fondo, o derramándose por los bordes. También dejando que el agua caiga y que salpique sobre lechos de piedra triturada. Este tratamiento se puede hacer hasta artesanal o de manera simple desde una altura hacer chocar el agua en caída a otro nivel y recogerla en superficie de un recipiente o nivel cero.
3. Forzar el paso de aire comprimido dentro del agua que se va a tratar. El control de laboratorio del proceso de aireación, consiste en llevar a cabo determinaciones de la concentración del oxígeno disuelto, del bióxido de carbono y del ácido sulfídrico, así como del pH, alcanzando las concentraciones siguientes, oxígeno disuelto 7.00 ppm a 10.00 ppm, bióxido de carbono 3.00 ppm a 5.00 ppm y no existencia de ácido sulfídrico. Así, el proceso de aireación llega a ser eficaz

### 1.13.3 Filtración lenta por arena.

La operación de filtros lentos de arena se hace un gasto relativamente bajo, no mayor que unos 47,000.00 metros cúbicos por día por hectárea de superficie de lecho de arena. El tamaño efectivo es usualmente de 0.25 mm a 0.35 mm. El área limpia es relativamente poco eficaz, hasta que se forma una película absorbente sobre la superficie proveniente de lechos en que se acaba de cargar arena limpia, esta formación tarda unos días. La velocidad de filtración de lechos limpios debe ser inicialmente muy baja y aumentarse gradualmente hasta que se alcance el gasto requerido y la calidad del efluente sea satisfactoria. Una planta de filtros lentos de arena en un estanque de concreto cubierto de unos 3.00 m a 4.00 m de profundidad, se colocan líneas de tubos para drenajes de juntas abiertas, distanciadas 1.80 m, conectadas a un tubo central o colector principal. Las líneas de tubos para drenaje, se cubren con unos 30 cm a 45 cm de gravas, clasificadas por tamaños, poniendo los tamaños más gruesos en el fondo y cubriéndolos gradualmente con los más chicos, hasta que la grava se cubre a su vez con 90 cm de arena. La cubierta de la estructura, debe estar cuando menos a 1.80 m sobre la superficie de la arena, para que pueda haber una capa de agua de profundidad adecuada sobre la arena y suficiente espacio para llevar a cabo la limpieza. La cubierta consiste en una losa de concreto, sostenida por columnas, en una capa de tierra de 1.00 m ó más, sobre ella, para evitar la congelación.

### 1.13.4 Mezclado, coagulación, floculación y sedimentación.

1.13.4.1 Mezclado. Puede hacerse mecánica o hidráulicamente en tanques especiales, en secciones de otros tanques o sistemas de tuberías. Se basa en el principio fundamental de agitar violentamente el agua que se va a tratar con el producto químico que se aplique, durante un corto tiempo.

1.13.4.2 Coagulación y floculación. Estas operaciones se realizan después del mezclado, usualmente en un solo tanque de retención entre 15 min a 45 min. Este lapso depende de las dimensiones de la unidad y de la velocidad a que pasa el agua a través de ella. Teóricamente, se puede calcular el tiempo de retención, dividiendo el volumen del reservorio entre el gasto. Por ejemplo, el tiempo de retención que corresponde a un tanque de 6.00 m x 3.50 m x 10.00 m, a través del cual pasa un gasto de 12,000 m<sup>3</sup> por día es de:

$$\frac{6.00 \times 3.50 \times 10.00}{12,000} = 0.0175 \text{ días} = 25 \text{ min.} \quad \text{ec. 1.13.4.2.1}$$

Durante este lapso, el agua es agitada suavemente para favorecer que se pongan en contacto íntimo las partículas coaguladas, las bacterias y la materia suspendida, hasta que se adhieran entre si, formando grandes masas de flóculos. El grado óptimo de agitación, cualquiera que sea, depende de la temperatura y las características del agua, del tipo de coagulante utilizado y de otras condiciones, y cuando se utilicen tabiques desviadores, la experiencia ha demostrado que agitando de 10 cm/seg a 30 cm/seg, los resultados son satisfactorios.

1.13.4.3 Sedimentación. Por lo regular, se especifican periodos de retención de 3.0 h a 6.0 h y velocidades horizontales menores que 0.90 m/min en un tanque de sedimentación. Es importante,

1.13.4.3.1.1 que el agua al entrar al tanque provoque la mínima turbulencia.

1.13.4.3.1.2 impedir corrientes en corto circuito o directas entre la entrada y la salida.



1.13.4.3.1.3 que el efluente salga sin provocar disturbios para que no arrastre hacia fuera del tanque el material sedimentado.

1.13.5 Filtración rápida por arena. Los términos “filtros rápidos de arena” y “filtros mecánicos de arena” son sinónimos. El primero se basa en que la velocidad de filtración es unas 40 veces mayor que la de los filtros lentos de arena, en el segundo sólo se emplea equipo mecánico de lavado para limpiar los lechos. Los filtros rápidos de arena, consisten en un lecho de arena relativamente gruesa, que elimine previamente sólidos coagulados arrastrados después de la sedimentación. El tamaño efectivo es usualmente de 0.35 mm a 0.55 mm, el espesor del lecho de arena es usualmente de 60 cm a 75 cm y descansa sobre 25 cm a 50 cm de grava. Generalmente, la efectividad de la filtración rápida por arena depende de la eficacia de los procesos de coagulación y sedimentación preliminares, así como de las características de la arena. La disposición más común es el sistema colector central ramificado. El colector central, es un tubo de diámetro grande, al que se le han conectado a ambos lados tubos de menor diámetro, o ramificaciones a trechos relativamente cortos y que se extienden horizontalmente dentro de la grava. Los tubos laterales tienen en toda su longitud pequeñas perforaciones distanciadas unos centímetros, a través de los cuales fluye el agua.

1.13.6 Cloración<sup>9</sup>. Es el proceso final aplicado al agua tratada de una fuente de abastecimiento natural o artificial. Consiste en aplicar cloro o sus derivados en cantidades adecuadas, para estar apta para consumo humano.

1.13.6.1 Cloro y sus derivados. El cloro, es el desinfectante más utilizado por su efectividad, economía y facilidad en su control, permite

---

<sup>9</sup> Ver anexo A1.2 para estudiar otros aspectos importantes del cloro, por ejemplo, sus propiedades físicas y químicas.

obtener la calidad sanitaria adecuada del agua, puede aplicarse como gas o solución, ya sea solo o con otras sustancias químicas necesarias en el proceso de potabilizar agua. Los derivados del cloro, el hipoclorito de sodio y el de calcio, son compuestos desinfectantes utilizados generalmente en pozos, tanque de almacenamiento, redes de distribución de agua potable, etc. El hipoclorito de calcio, es el más utilizado y comercialmente contiene entre 70% y 80% de cloro en peso, su uso es menor que el cloro gaseoso ya que su costo es comparativamente mayor. El hipoclorito de sodio se expende bajo diferentes denominaciones comerciales en concentraciones de 10% a 15% de cloro efectivo.

#### 1.13.6.2 Propiedades del cloro.

1.13.6.2.1.1 Es gaseoso, es de color amarillo verdoso, en concentraciones fuertes, de olor penetrante y altamente irritante.

1.13.6.2.1.2 No es inflamable ni explosivo, pero en presencia de humedad, es altamente corrosivo, atacando al hierro, cobre, etc.

1.13.6.2.1.3 Es 2.5 veces más pesado que el aire común, por lo tanto tiende a irse al nivel más bajo.

#### 1.13.6.3 Control de la cloración.

En reservorios naturales o artificiales, es práctica común agregar cloro directamente sobre el agua, asimismo, la aplicación de cloro en la tubería de conducción o de impelencia. La dosis de cloro requerida para la desinfección del agua, en su proceso de potabilización, es la cantidad de cloro necesitado más el cloro residual establecido en ppm. El tiempo de contacto oscila entre 15 a 20 minutos. El cloro residual indicado por las

autoridades de salud, especifica que no debe ser mayor que 1.00 ppm, ni menor que 0.20 ppm, en el punto más alejado de la red de un sistema de abastecimiento de agua determinado, de esta manera, la dosis en una fuente o planta de bombeo se considera entre 1.00 ppm y 5.00 ppm, sin embargo, para el agua de los pozos profundos y manantiales cristalinos, la dosis se establece a 0.30 ppm a 0.50 ppm. La capacidad de los caudales de agua, clorados, se mide en libras de cloro en 24h.

#### 1.14 Potabilización del agua.

La potabilización del agua, es un proceso químico indispensable al utilizar el agua de fuentes naturales para abastecer o satisfacer la demanda hídrica de comunidades urbanas y rurales. El agua potable es vital para la sobrevivencia de todo ser vivo, pero cuando se consume o se entra en contacto con ella y no ha sido tratada adecuadamente, es fuente potencial de enfermedades, aún, cuando aparentemente esté limpia, algunas de estas enfermedades son, fiebre tifoidea, disentería, etc. El agua en estado natural, para consumo humano, normalmente se necesita modificar su composición, a través de procesos de tratamientos, con el fin de separar sustancias extraídas, impurezas y los diferentes contaminantes que pueden estar en ella, estos pueden ser los siguientes:

1. Sólidos grandes, flotantes, tales como: hojas, ramas, etc.
2. Sólidos pequeños y coloidales que se encuentran en suspensión tales como: partículas de arcilla y limo, microorganismos, etc.
3. Sólidos disueltos, que generan alcalinidad, dureza y acidez del agua.
4. Gases disueltos tales como: bióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, etc., que también alteran el grado de acidez o alcalinidad del agua.
5. Líquidos no solubles, como grasas y aceites.

1.14.1 Métodos de tratamiento. Dependerá de la calidad del agua a utilizar y de la calidad del agua a la que se requiere llegar como producto final.

Algunos de procesos de tratamiento son los siguientes:

1. Los que obedecen esencialmente a propiedades físicas de la impureza a tratar, tales como: tamaño de la partícula, peso específico, viscosidad, etc. Estos son los siguientes: cribado, sedimentación, filtrado, transferencia de gases.
2. Los que se apoyan en las propiedades químicas de las impurezas que utilizan las propiedades químicas de reactivos agregados. Algunos de estos son: coagulación, precipitación, e intercambio iónico.
3. Procesos que utilizan reacciones bioquímicas o procesos bioquímicos para eliminar impurezas orgánicas solubles o coloidales, se clasifican en procesos aerobios que incluyen el filtrado biológico, lodos activados. Y procesos de oxidación anaeróbicos que se utilizan para la estabilización de lodos y desechos orgánicos de alta concentración.

Los procesos de tratamiento de agua, de fuentes naturales, más comunes son los siguientes:

- a) Autopurificación y reposo.
- b) Aireación.
- c) Filtración lenta por arena.
- d) Mezclado, coagulación, floculación y sedimentación.
- e) Filtración rápida por arena.
- f) Cloración.

1.14.2 Cloración. El cloro, es un gas, tóxico, de color amarillo-verdoso, se encuentra en la naturaleza sólo en estado combinado, principalmente, con el sodio, formando la sal común. Su olor característico es penetrante e irritante, es más pesado que el aire y se le puede comprimir para formar un líquido claro, color ámbar. El cloro líquido, es más pesado que el agua. Se evapora bajo temperatura y presión atmosférica normal. Comercialmente, se fabrica cloro mediante la electrólisis de salmuera, con producción de soda cáustica e hidrógeno. Como gas seco, el cloro no es corrosivo, pero ante la presencia de humedad, se vuelve altamente

corrosivo para todos los metales, excepto para la plata y el plomo. El cloro es ligeramente soluble en el agua, aproximadamente 1.00% por peso a 10°C. Son las características del cloro y de sus compuestos las que han dictado los métodos para su manejo y aplicación en la práctica de la desinfección del agua.

1.14.2.1 Práctica de la cloración. A partir de la cantidad de cloro residual requerido y el punto de aplicación, cuando el tiempo de contacto es limitado, para cloración, llega a obtener cloro residual disponible libre o un cloro residual disponible combinado, se aplica el cloro al agua para producir, con amoniaco natural o agregado, un efecto residual combinado. Ver figura 1.14.2.1.1.

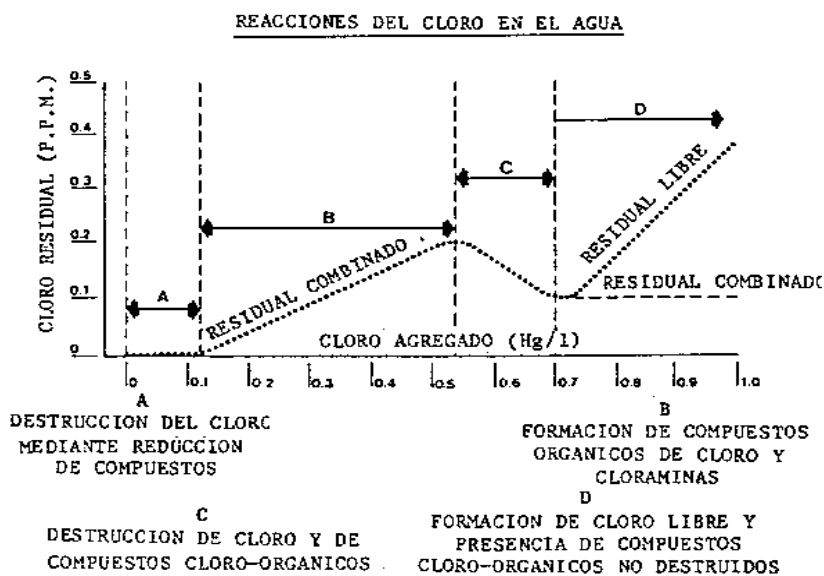


Fig.1. 14.2.1.1. Reacciones del cloro en el agua.

1.14.2.1.1 La precloración, es la aplicación de cloro anterior que cualquier otro tratamiento al agua. Con el propósito de controlar las algas, el sabor y el olor.

1.14.2.1.2 La poscloración, es la aplicación del cloro después de otros procesos de tratamiento, particularmente después de la filtración.

- 1.14.2.1.3 Cal clorada, polvo blanqueador o desmanche. Antes del descubrimiento del cloro líquido, se lograba la cloración, mayormente, mediante el uso de cal clorada. Es una combinación suelta de cal apagada y gas de cloro, con la composición aproximada de  $\text{CaCl}_2\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O} + \text{Ca(OCl)}_2 - 2\text{Ca(OH)}_2$ . Cuando se añade agua, se descompone para producir ácido hipocloroso,  $\text{HOCl}$ . La cal clorada cuando está fresca, su contenido de cloro es 33.00 % a 37.00 %, es inestable cuando se exponen al aire, la luz y la humedad, haciendo que el contenido de cloro descienda rápidamente. Se debe almacenar el compuesto en un lugar oscuro, fresco, seco, en contenedores cerrados y resistentes a la corrosión.
- 1.14.2.1.4 Hipocloritos de alta resistencia<sup>10</sup>. Estos no sólo son el doble de fuertes que la cal clorada, (60.00 % a 70.00 % de contenido disponible de cloro), sino que también, retienen su fuerza original durante más de un año, bajo condiciones normales de almacenamiento. Se les puede obtener en paquetes de 2.30 kg y en latas de hasta 45.00 kg. También, están disponibles en forma granular o de tabletas.
- 1.14.2.1.5 Hipoclorito de sodio. Como solución, el hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ), por lo general, contiene de 12.00 % a 15.00 % de cloro disponible en productos comerciales. Las soluciones caseras blanqueadoras de hipoclorito de sodio, por lo general, contienen sólo del 3.00 % al 5.00 % de cloro disponible.
- 1.14.2.1.6 Demanda de cloro. Esta es la diferencia entre la cantidad de cloro agregada al agua y la cantidad de cloro libre o

---

<sup>10</sup> Las marcas comerciales incluyen: "HTH", "Perchlorin" y "Pittchlor".

combinado disponible que queda al final de un período específico de contacto.

1.14.2.1.7 Medida del cloro residual<sup>11</sup>. Los métodos más simples para medir cloro residual del agua son los siguientes:

- a) Método Dietil-para-fenilendiamina (DPF)<sup>12</sup>. El cloro, libre disponible, reacciona instantáneamente con la N-dietil-para-fenilendiamina produciendo una cloración roja, siempre que el yodo esté ausente. Se usa soluciones estándares de permanganato de potasio DPF para producir colores de varias intensidades. Se mide el color producido cuando se agrega DPF mediante el método colorimétrico, para indicar la concentración de cloro residual. El color producido por este método es más estable que el del Método Ortotolidino.
- b) Método Ortotolidino. La Ortotolidina, es un compuesto aromático, se oxida en una solución ácida mediante el cloro, cloraminas y otros oxidantes para producir un complejo de color amarillo, cuya intensidad es directamente proporcional a la cantidad de oxidantes presentes. El método es adecuado para la determinación rutinaria de residuos de cloro que no exceden los 10 mg/l. La presencia de color natural, turbiedad y nitrato, interfiere con el desarrollo del color. Debido a que la ortotolidina produce cáncer en muchos países ya no se produce y por lo tanto no se usa.

---

<sup>11</sup> Ver A1.3 Ensayo para determinar cloro residual.

<sup>12</sup> Vigilancia de la calidad del agua potable. Serie de Monografías OMS 63, (1976).

### 1.14.3 Tecnologías de cloración para el abastecimiento rural de agua.

El agua subterránea que se obtiene de pozos poco profundos, excavados, que frecuentemente se contaminan, sigue siendo la fuente principal de abastecimiento para millones de personas en pequeñas comunidades. Las fuentes de agua superficial, tales como los estanques de aldeas, canales, ríos y quebradas, por lo general, también están contaminadas. Ya que no es ni factible, ni siempre necesario establecer un tratamiento completo del agua de estas fuentes, por lo menos, se debe proveer una desinfección adecuada para proteger la salud pública. Técnicamente, la desinfección mediante cloración puede ofrecer una solución satisfactoria para abastecimientos de agua en zonas rurales, en pequeñas comunidades. Por lo general, la desinfección mediante cloro gaseoso, no es factible para abastecimientos de agua pequeños, debido a los problemas de aplicación precisa y en una base continua de cantidades pequeñas de gas. Siendo necesaria la aplicación de la alternativa de los compuestos de cloro.

1.14.3.1 Desinfección de pozos excavados a cielo abierto. Estos siguen siendo las mayores fuentes de agua potable, en pequeñas comunidades rurales, para su desinfección emplean métodos simples usando cloro como sigue:

1.14.3.1.1 Uso de polvo blanqueador o "desmanche". La cal clorada, polvo, blanqueador o "desmanche", es un compuesto de cloro barato y de fácil obtención. Esta sustancia química es fácil de transportar y su manipulación no es peligrosa, si se suministra en un contenedor adecuado. Es un polvo suelto, blanco o amarillento, contiene 33.00 % a 37.00 % de cloro disponible, es inestable y perderá cloro durante el almacenamiento. Ante la presencia de la humedad, el polvo blanqueador se vuelve corrosivo y es necesario usar contenedores resistentes a la corrosión, hechos de madera, cerámica o plástico. Estos deben ser almacenados en lugar



oscuro, fresco y seco. Para minimizar la pérdida de cloro, se recomienda concentración máxima de 5.00 % para una solución de polvo blanqueador.

- 1.14.3.1.2 Cloración en vasija. Se llena la mitad de una vasija de arcilla de una capacidad de 7 a 10 litros, con huecos de 6.00 mm a 8.00 mm de diámetro en el fondo, con guijarros y gravilla de 20.00 mm a 40.00 mm de tamaño. Se coloca el polvo blanqueador y la arena (en una mezcla de 1 a 2) en la parte superior de la gravilla y se llena la vasija con guijarros hasta el cuello. (Figura 1.14.3.2.1). Luego se hace descender la vasija abierta en el pozo.

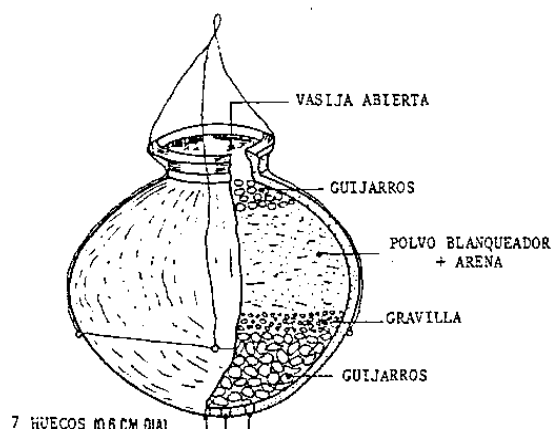


Fig. 1.14.3.2.1. Vasija de cloración con huecos en el fondo

Para un pozo cuyo ritmo de extracción de agua es de 1,000 litros/día a 1,200 litros/día, una vasija que contenga aproximadamente 1.50 kg de polvo blanqueador debe proveer la cloración adecuada para aproximadamente una semana.

- 1.14.3.1.3 Sistemas de doble vasija. Cuando se usa una vasija de cloración simple, en un pozo casero, puede que proporcione un contenido demasiado elevado de cloro al

agua ("sobrecoloración"). En tal situación, se puede proceder a hacer una unidad, consistente en dos vasijas cilíndricas, una dentro de la otra, está, así, ver figura 1.14.3.1.3.1. Se llena la vasija exterior con una mezcla húmeda de 1kg de polvo blanqueador con 2.00 kg de arena gruesa hasta un poco por debajo del nivel del hoyo y luego se coloca dentro de la vasija exterior. Se amarra la boca de la vasija exterior con una hoja de polietileno y la unidad se hace descender en el pozo con la ayuda de una soga. Esta unidad trabaja en forma efectiva durante 2 a 3 semanas en pozos caseros de una capacidad de 4,500 litros, de donde se extrae el agua en un ritmo de 400 a 450 litros/día.

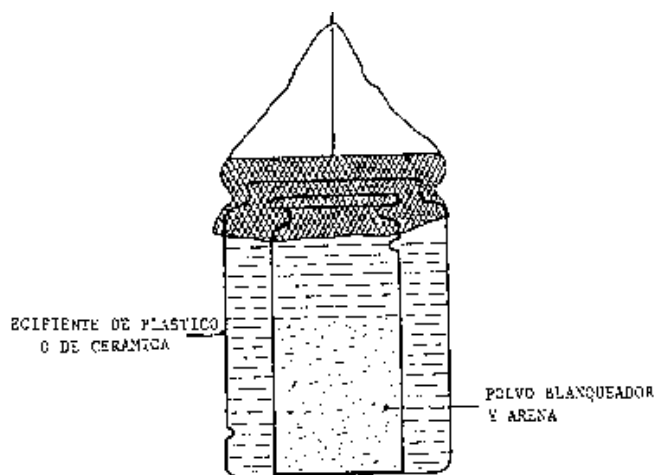


Figura 1.14.3.1.3.1 Rajagopalan & Shiffman. Clorador de doble vasija

1.14.3.1.4 Clorador de goteo. Un dispositivo alternativo para desinfectar pozos es el clorador de alimentación por goteo (figura 1.14.3.1.4.1 a)). Se puede producir el atoro de la salida del goteo debido a los depósitos de carbonato de calcio que se forman cuando la solución de

polvo blanqueador entra en contacto con el dióxido de carbono de la atmósfera. Se puede insertar una salida especial de goteo, similar a la usada en transfusiones médicas, en el tubo de salida, justo antes de la llave de cierre. El tubo de salida se extiende directamente dentro del pozo y se le introduce en el agua. El contenedor se puede colocar en el parapeto del pozo. Los depósitos de alimentación de solución, comúnmente se utilizan con una carga constante y han sido operados exitosamente en muchos lugares. La figura 1.14.3.1.4.1 b) muestra un dispositivo de cuenca flotante. Tanto el tubo regulador como el tubo de descarga deben tener un adaptador deslizante, hermético en el cuenco flotante. Los tubos se adaptan a un nivel tal que la solución ingrese al cuenco y fluya por el tubo de descarga en el ritmo deseado de alimentación. Se puede establecer otro ritmo de alimentación, variando los niveles de los tubos de regulación y de descarga.

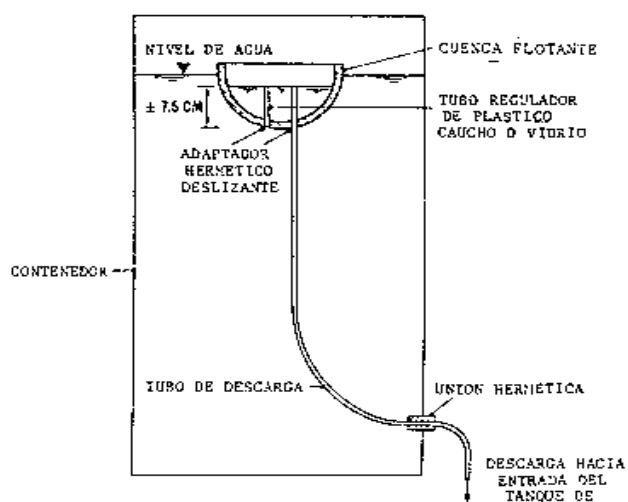


Figura 1.14.3.1.4.1 a) Equipo para alimentación de la solución de cloro

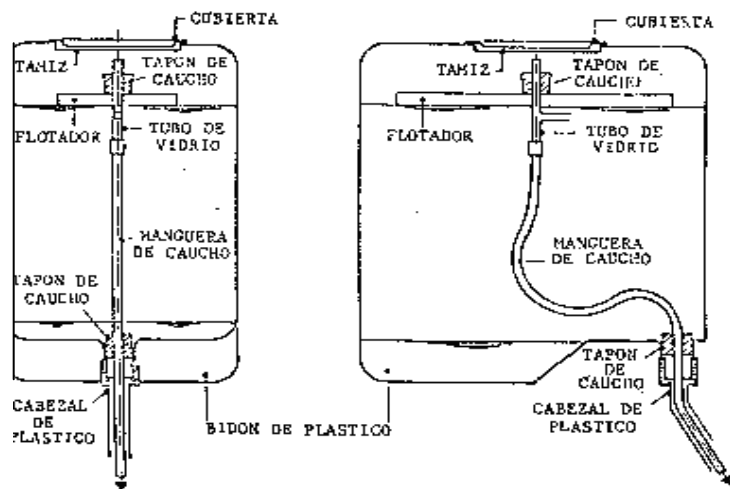


Figura 1.14.3.1.4.1 b) Alimentador de solución de carga constante para compuestos de cloro.

1.14.3.1.5 Proporcionando dispositivos para abastecimientos con bomba. Cuando se bombea agua, desde la fuente hacia un reservorio elevado de servicio y se le abastece mediante gravedad al sistema de distribución, se puede dosificar una solución de polvo blanqueador como en la figura 1.14.3.1.4.2. Desde el reservorio de la solución de polvo blanqueador, se hace una conexión directa hacia la línea de succión de la bomba. El uno por ciento de solución de polvo blanqueador, preparada anteriormente, a la que se le ha permitido asentarse para remover impurezas, es vaciada en el contenedor de la solución. Debe proveer un abastecimiento suficiente para más de un día. Se debe evitar el ingreso del aire en el lado de succión de la bomba. Es necesario cerrar la línea de alimentación de la solución cuando se detiene la bomba.

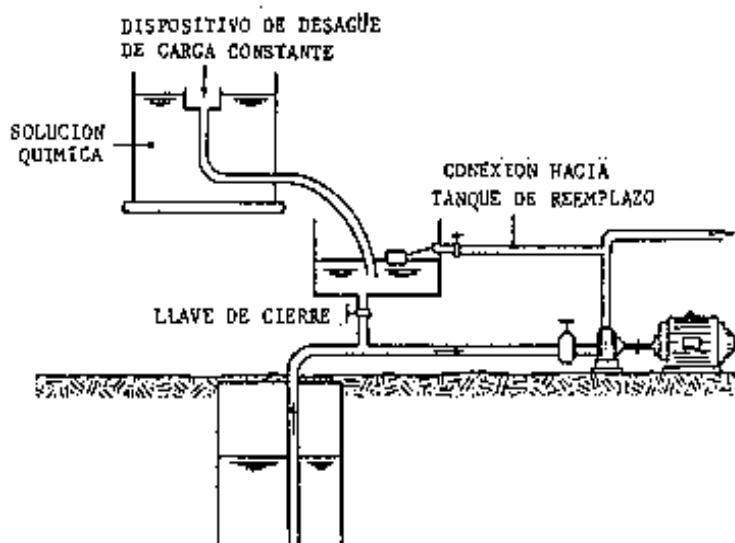


Figura 1.14.3.1.4.2. Arreglo de cloración para abastecimiento con bomba.

### 1.14.3.2 Desinfección.

El más importante requerimiento individual del agua de bebida es, que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. Procesos tales como almacenamiento, sedimentación, coagulación y floculación, y filtración rápida, reducen en grado variable el contenido bacteriológico del agua. Sin embargo, estos procesos no pueden asegurar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura. Frecuentemente, se necesitará una desinfección final. En casos en los que no se dispone de otros métodos de tratamiento, se puede recurrir a la desinfección, como, único tratamiento contra la contaminación bacteriana del agua potable. La desinfección del agua se encarga de la destrucción, o al menos de la desactivación completa, de los microorganismos dañinos presentes en el agua. Se le realiza usando medios físicos o químicos. Los siguientes factores influyen en la desinfección del agua:

- 1) La naturaleza y número de los organismos a ser destruidos.
- 2) El tipo y concentración del desinfectante usado.
- 3) La temperatura del agua a ser desinfectada: cuanta más alta sea la temperatura, más rápida es la desinfección.
- 4) El tiempo de contacto; el efecto de desinfección se vuelve más completo cuando los desinfectantes permanecen más tiempo en contacto con el agua.
- 5) La naturaleza del agua a ser desinfectada; si el agua contiene materia particulada, especialmente de naturaleza coloidal y orgánica, el proceso de desinfección es generalmente obstaculizado.
- 6) El pH (acidez/alcalinidad) del agua.
- 7) Mezcla. Una buena mezcla asegura la adecuada dispersión del desinfectante a través de toda el agua y, así, promueve el proceso de desinfección.

1.14.3.2.1 Desinfección Física. Hay dos métodos principales para desinfección física, el hervido y la radiación con rayos ultravioletas.

- i. Hervido, es una práctica segura y tradicional que destruye microorganismos patógenos tales como virus, bacterias, cercaria, quistes y huevos. Si bien es efectivo como tratamiento casero, no es un método factible para abastecimientos públicos de agua. Sin embargo, en situaciones de emergencia, se puede usar el hervido del agua como medida temporal. La radiación de luz ultravioleta, es un método efectivo de desinfección para agua claras, pero su efectividad se reduce

significativamente cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como nitrato, sulfato y hierro en su forma ferrosa. Este método de desinfección no produce ningún residuo que proteja al agua contra una nueva contaminación y que podría servir para propósitos de control y vigilancia. La luz ultravioleta ha sido usada para desinfección en varios países desarrollados, pero se le aplica muy rara vez en países en desarrollo.

1.14.3.2.2 Desinfectantes químicos. Un buen desinfectante químico debe poseer las siguientes características importantes:

- a) Rápido y efectivo en eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua.
- b) Fácilmente soluble en agua en las concentraciones requeridas para la desinfección y capaz de proveer una acción residual.
- c) Que no imparta sabor, olor o color al agua.
- d) Que no sea tóxico para la vida humana o la animal.
- e) Fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar.
- f) De fácil disponibilidad a un costo moderado.

Las sustancias químicas que han sido usadas exitosamente para la desinfección son: cloro,

compuestos de cloro y yodo, dosificados en forma adecuada; ozono y otros oxidantes como permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno. Cada uno de estos tiene sus ventajas y limitaciones.

- a. Cloro y compuestos de cloro. Su capacidad para destruir patógenos con bastante rapidez y su amplia disponibilidad los hacen muy adecuados para la desinfección. Su costo es moderado y son, por esta razón, ampliamente usados como desinfectantes a través del mundo.
- b. Yodo. A pesar de sus propiedades atractivas como desinfectante, el yodo tiene serias limitaciones. Se requiere dosis adecuadas (10-15 mg/l) para alcanzar una desinfección satisfactoria. No es efectivo cuando el agua a desinfectar presenta color o turbidez. La elevada volatilidad del yodo en soluciones acuosas, es también un factor en contra de su uso, excepto en situaciones de emergencia.
- c. Permanganato de potasio. Este es un poderoso agente oxidante y se ha descubierto que es efectivo contra el vibrión del cólera pero no contra otros patógenos. Deja manchas en el contenedor y por esto no es un desinfectante muy satisfactorio para abastecimientos de agua que sean públicos.
- d. Ozono. El ozono es cada vez más usado para la desinfección de abastecimiento de agua potable en países industrializados, ya que es efectivo en la eliminación de compuestos que dan sabor o color objetables al agua. Al igual que los rayos



ultravioleta, el ozono no deja normalmente ningún residuo medible, cuya detección pudiera servir para controlar el proceso. La ausencia de un residuo, también significa que no hay protección contra una nueva contaminación del agua después de su desinfección. Los elevados costos de instalación y operación y la necesidad de un suministro continuo de energía, hacen que el uso del ozono no sea una práctica recomendada para países en desarrollo.

- e. Desinfección usando Gas de Cloro. La forma en que se debe usar el desinfectante se rige por varios factores tales como la cantidad de agua a ser tratada, costo y disponibilidad de sustancias químicas, el equipo necesario para su aplicación y la habilidad requerida para operación y control. Cuando la cantidad de agua a ser tratada es mayor que 500,000 litros diarios, se ha descubierto que el gas de cloro es el más económico. Para abastecimientos pequeños, se dispone de controladores de gas de cloro montados en el cilindro, pero, estos no pueden alimentar con precisión cantidades muy pequeñas de gas. Se dispone de dos métodos diferentes para la aplicación controlada del gas de cloro, estos son:
  - a) Alimentador de solución. Primero se disuelve el gas en un volumen pequeño de agua y la solución de cloro resultante es alimentada a la corriente principal del agua a ser desinfectada. La disolución del gas en un volumen pequeño de

agua promueve la dispersión completa y rápida en el punto de aplicación.

- b) Alimentación directa. Aquí se alimenta el gas directamente al punto de aplicación. Se necesita un tipo especial de difusor o tubería perforada (de plata o plástico) para la dispersión adecuada del gas. Por lo tanto, este método no es recomendable para abastecimientos de agua pequeños y rurales.
- c) El equipo usado para la alimentación controlada de gas de cloro se puede agrupar bajo los tipos de alimentador a presión y alimentador por aspiración. El tipo a presión, consiste en un filtro de gas, válvula de detención, válvula de reducción de presión y válvula reguladora o tubo de orificio con un manómetro y sello de humedad. A pesar de la variación de presión en el cilindro de cloro, se mantiene una presión constante, a través del orificio, por medio de la válvula reductora de presión. Se mide la disminución diferencial de presión, a través del orificio, y esto constituye una indicación del ritmo del flujo de gas. El aparato para solución incluye algunos medios de introducción del gas medido en la pequeña corriente de agua, la cual transporta entonces el cloro hacia el punto de aplicación. (Figura 1.14.3.2.1.1).

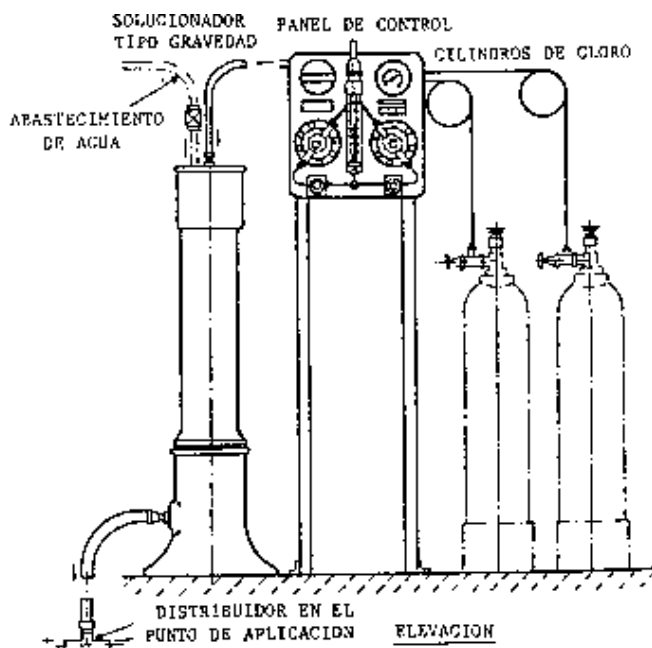


Figura 1.14.3.2.1.1. Aparato de gas de cloro con solucionador de tipo de gravedad

### 1.14.3.3 Desinfección de tanques nuevos, tuberías y pozos

a) Tanques nuevos. Todos los tanques nuevos y reservorios deben ser desinfectados antes de ponerlos en servicio. En forma similar, los tanques que han estado fuera de servicio por reparación o limpieza también deben ser desinfectados antes de que se les vuelva a poner en servicio. Antes de la desinfección, se debe limpiar los pozos y los fondos de los tanques mediante barrido y restregado para quitar toda la suciedad y material suelto, como sigue:

- i. Un método de desinfección de un tanque nuevo es, el siguiente, llenarlo hasta el nivel de derrame, con agua limpia, a la cual se agrega cloro suficiente para producir una concentración de 50 mg/l. Se introduce en el agua la solución de cloro, lo más pronto posible, durante la operación de llenado, con el fin de asegurar

una mezcla y contacto completo con todas las superficies a ser desinfectadas. Después de llenar el tanque, se le permite asentarse preferiblemente durante 24 horas, pero no por menos de 6 horas. Entonces, se debe drenar el agua y rellenar el tanque para el abastecimiento regular.

- ii. Segundo método, que es bastante satisfactorio y práctico, bajo condiciones rurales, es la aplicación directa de una solución fuerte (200 mg/l) a las superficies internas del tanque. La superficie debe permanecer en contacto con la solución fuerte, por lo menos durante 30 minutos, antes de llenar el tanque con agua.
  - iii. Tercer método, se debe usar sólo cuando no se puede usar otros, no expone las superficies superiores de las paredes a una solución fuerte de cloro. Se alimenta agua al tanque con un contenido de cloro de 50 mg/l, a un volumen tal que posteriormente, cuando se llena completamente el tanque, la concentración resultante de cloro sea de aproximadamente 2 mg/l. Se conserva el agua que contiene 50 mg/l de cloro, en el tanque, por 24 horas, antes de llenar el tanque. Entonces, se puede poner en servicio el tanque sin extraer el agua usada para la desinfección, siempre que el residuo final no sea demasiado elevado.
- b) Nuevas tuberías y conductos maestros. Es probable que los conductos maestros de distribución y las tuberías se contaminen durante su colocación, aún, si se toma en consideración las precauciones necesarias. Por lo tanto, se

les debe desinfectar antes de ponerlas en uso. Los sistemas de distribución necesitan ser desinfectados cuando se contaminan, en el caso de roturas de la tubería maestra o de inundaciones. Se debe limpiar toda tubería mediante escobillado y flujo a presión, con el fin de retirar toda materia extraña. Inmediatamente antes de usarse, se debe limpiar y desinfectar el paquete y material de unión, mediante inmersión en una solución de cloro de 50 mg/l, por lo menos durante 30 minutos. Un medio práctico de aplicar la solución de cloro para la desinfección de sistemas rurales de abastecimiento de agua, consiste en lavar con flujo cada sección a ser desinfectada. Se cierra la válvula de entrada y se deja secar la sección que se va a desinfectar. Luego, se cierra el grifo de descarga o la válvula y se aísla la sección del resto del sistema. Se alimenta la solución desinfectante a través de un embudo o una manguera hacia un grifo o una abertura hecha especialmente para ese propósito en la parte más elevada de la tubería. Ya que las válvulas de aire, por lo general, están colocadas en estos puntos altos, a menudo, retirar una válvula de aire, es una forma conveniente de proveer un punto de entrada. La solución ingresa lentamente hasta que la sección esté completamente llena. Debe ponerse cuidado en asegurar que pueda escapar el aire atrapado en la tubería. Si no existen válvulas de aire ni otros orificios, se debe desconectar una o dos conexiones de servicio para permitir la salida del aire.

#### 1.14.3.4 Desinfección del abastecimiento de agua en situaciones de emergencia.

Las medidas a largo plazo para la provisión de abastecimientos de agua segura, apoyadas por la higiene personal y la educación para la salud, ayudarán grandemente a proteger y promover la salud pública. Sin embargo, los desastres naturales como ciclones, terremotos e inundaciones ocurren y algunas veces resultan en una interrupción completa de los abastecimientos de agua. Estas situaciones requieren medidas para el abastecimiento de agua segura en casos de emergencia. Ya que no hay una sola medida que sea un remedio para todas las situaciones, las siguientes pueden ser útiles para asegurar un abastecimiento de agua limpia, dependiendo de las condiciones locales y de los recursos disponibles. Cuando el sistema regular de abastecimiento de agua se ve afectado debido a un desastre, se debe dar la prioridad máxima a volver a poner el sistema en operación; una acción similar para resolver la situación debe incluir una búsqueda completa de todas las fuentes posibles de agua dentro de una distancia razonable del área afectada. Se puede transportar el agua desde sistemas particulares de abastecimiento y desde otras fuentes mediante cisternas hasta los puntos de consumo.

- a) Después de las inundaciones, cuando el sistema de distribución del abastecimiento de agua permanece intacto, se debe elevar la presión en las líneas de tuberías, para evitar que el agua contaminada ingrese en ellas. Como medida adicional se puede elevar temporalmente la cloración del agua en las plantas de tratamiento a una escala mayor. Se recomienda la cloración de

dosificación elevada sólo en circunstancias extremas o cuando se limpia tubería nueva, como sigue:

- i. Tabletas de cloro y soluciones blanqueadoras. Estos son bastante buenos para desinfectar cantidades pequeñas de agua pero son caros. Después de la adición de la sustancia química en la cantidad prescrita, se agita el agua y se le permite asentarse durante 30 minutos antes de consumirla. Si el agua es turbia, puede que sea necesario aumentar la dosis de la sustancia química.

#### 1.14.3.5 Conclusiones.

- a) Los sistemas de abastecimiento de agua potable resultan de gran beneficio social y desarrollo económico para pequeñas comunidades como la Segundo Montes, que se sirven de este sistema y que, para el caso, además de abastecerse de una quebrada superficial con agua permanente se distribuirá por gravedad a los diferentes caseríos que la conforman. Con la ejecución del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable, las enfermedades de origen hídrico que surgen al ingerir aguas no tratadas o estar en contacto con agua contaminada, se ven disminuidas significativamente ya que además de potabilizar el agua a consumir, se proporciona un monitoreo de la buena calidad del agua de la fuente de abastecimiento, brindando protección de posibles acciones contaminantes para el cuerpo de agua.
- b) El entorno de la comunidad Segundo Montes, resulta de interés, debido a los impactos que de manera directa o indirecta afectan al sistema de abastecimiento de agua potable ya que la contaminación de la quebrada puede ser de diferentes maneras, y los procesos de potabilización variarán

de acuerdo con la calidad del agua a tratar y los costos de financiamiento, operación y mantenimiento, se pueden incrementar significativamente respecto a viabilidad en el proyecto y su sostenibilidad.

#### 1.14.3.6 Recomendaciones.

- a) Realizar detalladamente los estudios de la comunidad Segundo Montes, con la colaboración de entidades correspondientes, cumpliendo con los requisitos establecidos, por ejemplo, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET, etc.

#### Bibliografía.

- [www.rrasca.org/salvador/index.html](http://www.rrasca.org/salvador/index.html)
- [www.bvssan.incap.org.gt/bvsade/e/fulltext/lecciones/lecciones.pdf](http://www.bvssan.incap.org.gt/bvsade/e/fulltext/lecciones/lecciones.pdf)
- <http://www.marn.gob.sv/cd1/Gestion/Nacional/Acciones/DIAGNOSTICO%20DEL%20DPTO%20DE%20MORAZAN.doc>
- <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind55/desinf/desin.html>
- [Tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html](http://Tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html) [Http://www.asac.es/aigua/cast/3](http://www.asac.es/aigua/cast/3).
- [Http://www.infoagua.org/](http://www.infoagua.org/)
- [Http://www.imta.mx/otros/tedigo/dic.htm#](http://www.imta.mx/otros/tedigo/dic.htm#)
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Ras – 2000
- [www.emin.cl/grupo/geomembranashdpe.htm](http://www.emin.cl/grupo/geomembranashdpe.htm)



Capítulo II  
Generalidades de la  
comunidad  
Segundo Montes.

## **2. Capítulo II: Generalidades de la comunidad Segundo Montes.**

### 2.1 Introducción.

El desarrollo que muestra una comunidad es determinante cuando se ejecuta un proyecto que beneficie a la calidad de vida de los habitantes que se sirven del servicio brindado. La comunidad Segundo Montes, posee un progreso propio que va en aumento y que además impulsa a resolver la problemática del tema de la falta de agua potable domiciliar en sus viviendas, sin embargo, al aprovechar el agua superficial de una quebrada con agua permanente se puede dar solución a este caso. Para este proyecto la comunidad cuenta con la ayuda de la ONG SABES quienes son mediadores de la Cooperación Española para financiar económicamente en su mayoría a este proyecto, trabajando en conjunto con la alcaldía de Meanguera, y la comunidad Segundo Montes, dan inicio a los estudios pertinentes y necesarios para ejecutar el proyecto. Las organizaciones comunitarias existentes en la comunidad Segundo Montes velan por el desarrollo de la comunidad monitoreando cada uno de los servicios que existen dentro de su comunidad y gestionando proyectos de este tipo para lograr obtener financiamiento económico para producir estos proyectos, el sistema de agua potable abastecido con la quebrada Las Marías y distribuido por gravedad se vuelve una realidad, cuando se logra el financiamiento económico que requiere una alta inversión inicial.

### 2.2 Comunidad Segundo Montes (CSM).

La comunidad Segundo Montes, es un grupo de caseríos con una población de 10,000 habitantes en total, distribuidos en diferentes sectores. Igual que cualquier otra población, necesitan consumir agua para poder vivir. En la comunidad Segundo Montes, el agua potable falta desde hace 20 años cuando existía el conflicto armado en el país y desde entonces satisfacen sus necesidades hídricas con el agua que se encuentra en la quebrada más cercana, caminando en algunos casos hasta una hora en su acarreo, para luego hervirla y retirar los sólidos de tamaño considerable que contenga, para poder consumirla. Y la almacenan sólo

cuando es para uso doméstico y aseo personal. Esto ha producido enfermedades de origen gastro-intestinal durante más de 20 años y debido a ello, la comunidad Segundo Montes, solicitó la ayuda a la Cooperación Española por medio de SABES, para solventar este problema, mejorar la calidad de vida de los habitantes y su desarrollo. Al tener agua potable domiciliar, por ejemplo, disminuyen las enfermedades, por estar en contacto con agua contaminada e ingerirla, mejorar el aseo personal, etc. Los beneficios con este servicio, son por ejemplo, lo geográfico, población, desarrollo propio, migraciones, economía, diagnóstico actual, etc, los cuales se describen a continuación.

- 2.2.1 La CSM se localiza en el municipio Meanguera, al norte del departamento Morazán, en la región oriental del país, a 24 km de San Francisco Gotera, 20 km antes de llegar a la frontera con Honduras, y 182 km desde la capital, San Salvador. Su entorno geográfico, comprende los municipios Arambalá, El Rosario, Joateca, Perquín, San Fernando y Torola, todos al norte de Morazán, la carretera CA 7, conduce a estos municipios, atraviesa el río Torola. Ver figura 2.1.1.
- 2.2.2 Geografía física. La Comunidad Segundo Montes, está instalada en la zona montañosa de las estribaciones de los Andes Centroamericanos, en la Cordillera Nahuacaterique. Es decir, entre valles y montañas, en altura media entre 700.00 m.s.n.m. a 1000.00 m.s.n.m.
- 2.2.3 Clima. El invierno, época de lluvias, de mayo a octubre y el verano, es la estación seca, de noviembre a abril.
- 2.2.4 Organización territorial. En la Comunidad Segundo Montes, su población es de 10,000 habitantes, repartida en asentamientos humanos, de acuerdo con lo accidentado del terreno montañoso, estos son los de la tabla 2.2.4.1 y la figura 2.1.1.

Tabla.2.2.4.1. Características principales de los caseríos de la comunidad Segundo Montes.

| Caserío.      | Elevación. m.s.n.m | Agua superficial cercana.                         | Ubicación.                  | Familias. |
|---------------|--------------------|---|-----------------------------|-----------|
| El Copinolar. | 550                | Río Las Caras y quebradas el Cerrón y Pita Floja. | El Rincón y Cutuco.         | 84        |
| Cutuco.       | 550                | Quebrada La Caridad.                              | El Rincón y San Luís.       | 147       |
| San Luís.     | 500                | Quebrada La Caridad.                              | Cutuco y Agua Fría.         | 179       |
| Los Hatos I   | 400                | Río Las Caras y el río del Pueblo.                | Poza Honda y Agua           | 89        |
| Los Hatos II. | 450                | Río La Joya y quebrada el Barrial.                | Fría.                       | 109       |
| El Barrial.   | 450                | Quebrada el Barrial y Poza Honda.                 | Los Hatos II y Guajiniquil. | 139       |
| Guajiniquil.  | 400                | Quebrada Poza Honda y Cerro Viejo.                | Barrial                     | 75        |
| Poza Honda.   | 400                | Río Torola, río Sapo y quebrada Poza Honda.       | Los Hatos II                | 111       |

2.2.5 Población. En el año 2001, la Comunidad Segundo Montes, estimó, que su población era de 5,000 personas, esto a partir de 3920 habitantes censados, su distribución gráfica se muestra en la figura 2.1.5.1.

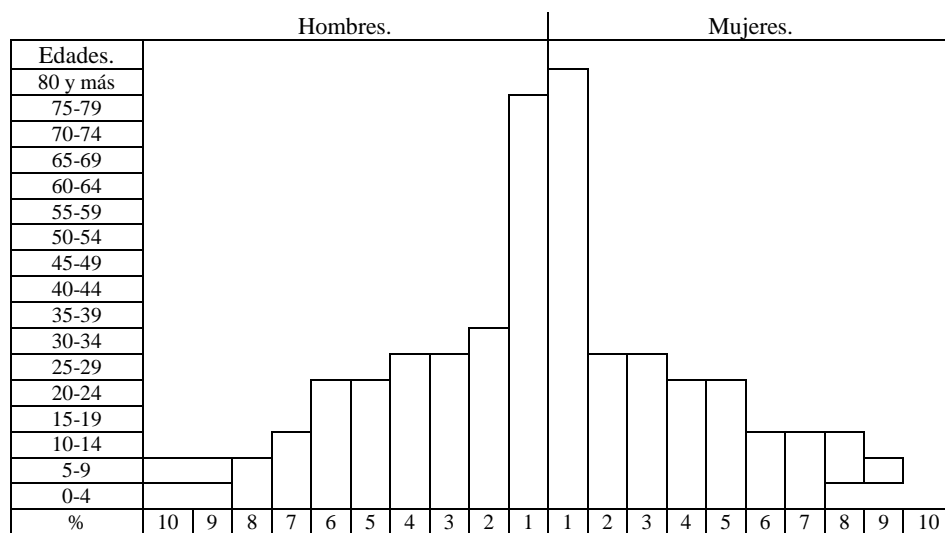


Fig. 2.2.5.1. Distribución de población de la Comunidad Segundo Montes en el año 2001, según, [www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/](http://www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/)



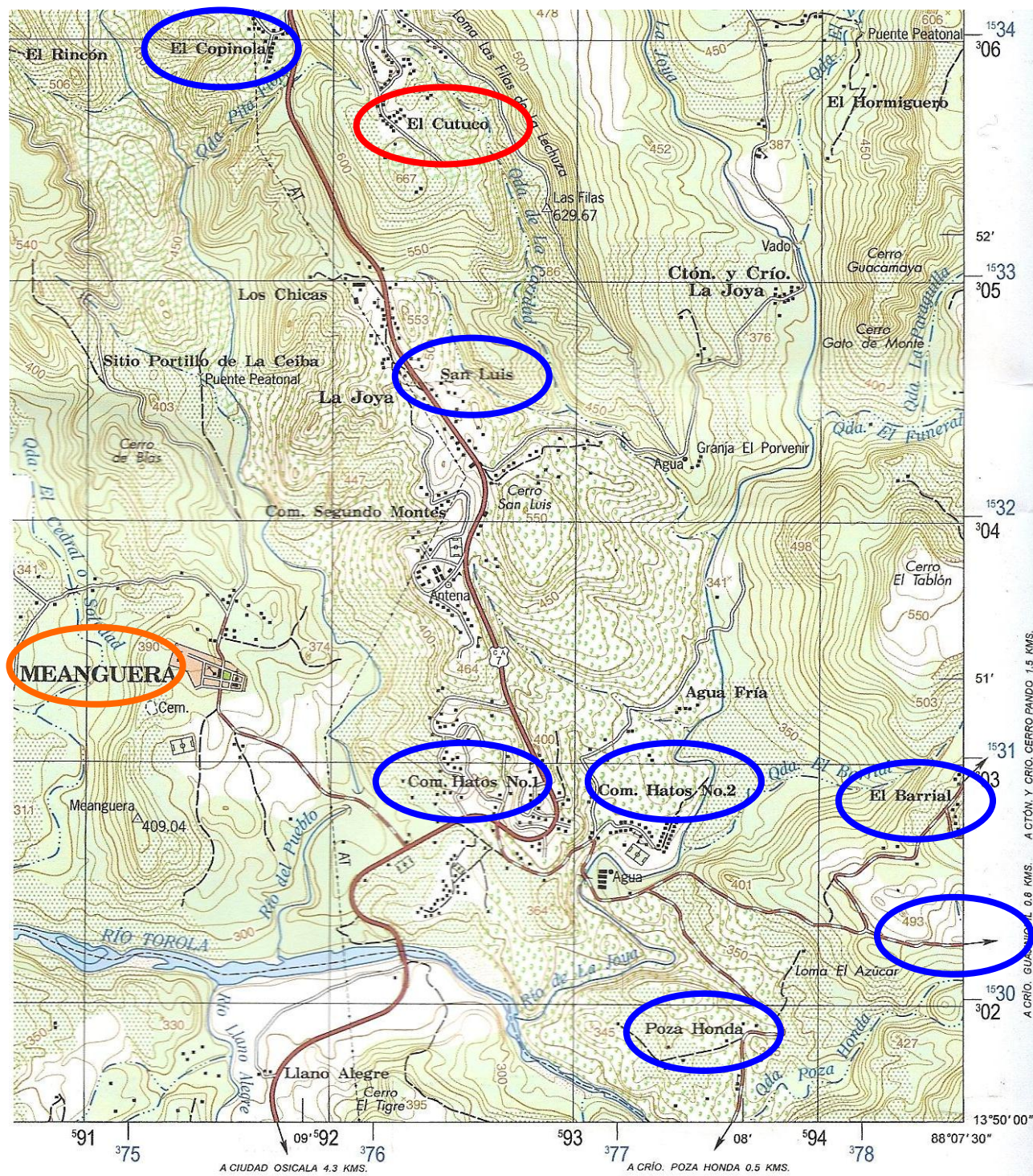


Figura. 2.1.1. Comunidad Segundo Montes y caseríos o asentamientos humanos que la constituyen, municipio Meanguera, departamento Morazán. Escala 1:25,000



### 2.3 Antecedentes históricos de la Comunidad Segundo Montes.

En el año 1524, los españoles llegaron al territorio Salvadoreño, lo encontraron habitado por cinco pueblos principales: Pokomames, Chortis, Pipiles, Lencas y Uluas, el departamento Morazán fue habitado por Lencas, Uluas, ambos pueblos periféricos, de la cultura Maya-Quiche y Nahoas, cultivaron maíz, fríjol y cucurbitáceas (ayotes, melones, etc) y raíces farináceas (yuca y camote). Poseían único animal doméstico: chompipe o pavo común y los lencas tenían a comizahual, el tigre que vuela. En este período, ya existían los pueblos Arambalá, Perquín, Cacaopera, Gualococti, Chilanga, Guatajiagua, Jocoro, Gotera, Osicala, Yoloaiquin, Yamabal, Torola, Meanguera, San Simón y Semsembra. Entre los años 1768-1770, el tercer obispo de Guatemala Monseñor Dr. Pedro Cortés y Larraz, indicó, que ya existían varios pueblos en el Departamento Morazán, organizados en 2 parroquias: Gotera y Osicala, la primera tenía por cabecera a Gotera y anexos en Chilanga, Lolotiquillo, Semsembra, Yamabal, Guatajiagua, Anamoros, Poloros, Lislique y Osicala tenía como cabecera y anexos a Meanguera, Yoloaiquin, Jocoaitique, Torola, Perquín, Arambalá, Gualococti, San Simón ( hoy San Simón) Cacahuatique (hoy Ciudad Barrios), Sesorí y Cacaopera. Para el año 1786, la Alcaldía mayor de San Salvador, elegida en una de las cuatro intendencias de la Capitanía General de Guatemala, se dividió en 4 provincias y 15 partidos. El área que hoy corresponde al departamento Morazán, estaba incorporada a dos de los partidos de la provincia de San Miguel: Gotera y San Alejo. Gotera incluía a 17 de los pueblos que actualmente lo forman: Lolotiquillo, Cacaopera, Meanguera, Araute (hoy El Rosario), Torola, San Simón, San Fernando, Perquín, Chilanga, Yoloaiquin, Osicala, Jocoaitique, San Carlos, Yamabal, Semsembra, Guatajiagua, Gotera y San Alejo de Jocoro.

La comunidad Segundo Montes, es uno de los asentamientos humanos originados en 1980, en Morazán, fue el lugar donde se instaló la emisora que

informaba al mundo sobre los sucesos durante el desarrollo del conflicto de doce años de guerra en el país. Tomó su nombre del religioso Jesuita presbítero y Dr. Segundo Montes, en vida, sus habitantes, ante el exterminio de la población, emigraron y huyeron hacia Honduras. Allí se concentraron en grandes campos de refugiados, como el departamento intibuca, municipio Colomoncagua (ver figura 2.2.1), que recogió más de 9,000 personas. Una vez firmados los acuerdos de paz el 16 de enero de 1992, la mayoría de la gente que residía en el municipio Colomoncagua volvió a sus tierras en Morazán y para sentirse más segura continuaron con proyectos de desarrollo que habían llevado a cabo en el refugio, se concentraron en zonas montañosas, cercanas a la frontera en Meanguera y Jocoaitique. El 31 de diciembre de 1983 el gobierno y el ejército hondureño, iniciaron una campaña para la reubicación forzada de la comunidad que duró dos años, cerrando el campamento el 14 de mayo de 1985 y lo convirtieron en un campo de concentración, asignado el 16 de noviembre de 1989 por el ejército salvadoreño.



Figura. 2.2.1. Ubicación geográfica de municipio Colomoncagua, departamento Intibuca, Honduras.

## 2.4 Desarrollo de la comunidad.

### 2.4.1 Cultura.

En San Luís se encuentra una escuela de música, dirigida por una cooperante belga, la cual ha formado el grupo musical "Morazán", que se ha proyectado al interior y fuera del país. Asimismo, "Radio Segundo Montes", los vincula en comunicación local, nacional e internacional; en esta radio, se transmiten avisos a los habitantes que viven en asentamientos alejados de la comunidad. Existen dos bibliotecas, una en San Luís y la otra en los Quebrachos, una biblioteca es administrada por personas de la comunidad y la otra biblioteca es administrada por un cooperante alemán, las dotaciones de libros de ONG's locales e internacionales, sirven de apoyo al desarrollo de la comunidad y a la vez ayuda a estudiantes de este sector. Las festividades de la población de la Comunidad Segundo Montes, las celebran en las fechas siguientes:

- a) 18 y 19 de marzo. Feria de Jocoaitique (San José).
- b) 25 de marzo. Aniversario de la inauguración de la Comunidad Segundo Montes.
- c) 16 de noviembre. Aniversario de la muerte del P. Segundo Montes.
- d) 24 y 25 de noviembre. Feria de Meanguera (Santa Catalina).

2.4.2 **Ámbito religioso.** En el año 1998, finalizó la construcción de la iglesia católica, sin embargo, hay evangélicos con vínculos en los Estados Unidos de América.

2.4.3 **Convivencia familiar.** La familia, consta generalmente de cuatro a cinco hijos, vive en las "chapitas", casas hechas con tablones y trozos de chapa de madera aserrada. Suelen tener sólo un espacio, donde viven y duermen conjuntamente, o bien se hacen las separaciones de habitación colgando lienzos de tela o plásticos. A partir de la ayuda



internacional, las viviendas se van substituyendo por casas de ladrillos de obra o bloques tipo saltex, llamándolas "casas blancas", construcciones rectangulares que no llegan a treinta metros cuadrados, una división más o menos central y transversal sirve de entrada y separa la vivienda en dos partes: una sirve de entrada-comedor-cocina, y la otra, separada también por otra división central formando dos espacios que hacen de habitaciones. La estructura familiar tiene a la madre en el núcleo y pilar básico, a lo largo de la vida de diferentes familias.

- 2.4.4 Migraciones. Según cálculos realizados por la misma Comunidad, en el año 2001, 25 % de población emigró al Departamento Usulután (unas 2000 personas), 10 % de población a sus lugares de origen, (al Departamento La Unión y otros pueblos de Morazán, unas 800 personas), 7.00 % a EEUU (unas 560 personas) y 0.90 % reubicados en otros lugares (unas 120 personas).
- 2.4.5 Economía. La población, es campesina, su principal actividad es la agricultura. Cultivan principalmente maíz y frijol. Desde su regreso de Colomoncagua, intentaron crear una infraestructura industrial basada en la evolución de talleres industriales de subsistencia que tenían en el campo de refugiados: granjas, vestuario, zapatos, carpintería. Desde la llegada a Meanguera, han desarrollado granjas de pollos, y diversas industrias: fábrica de pisos, matadero, carpintería, ferretería, tejeros, taller de vestuario y bolsas, taller de mecánica automotriz e industrial, etc. En el año 2002, aún funcionaba una fábrica de ropa, también la de metal mecánica que producía pupitres, ventanas, pizarras y trapecios para juegos de niños. La población, 7.00 % trabajaba en estos talleres e industrias, sin la mínima estabilidad salarial. El salario de un obrero agrícola suele ser entre US\$ 5.00 y US\$ 8.00 diarios, por cada jornada de diez horas, y

US\$ 3.00 para jóvenes. Los obreros industriales llegan a cobrar unos US\$ 150.00 por mes. Hay dos empresas que se dedican a la construcción de casas y obras de infraestructura, una localizada en San Francisco Gotera, (privada), y la otra en la comunidad Segundo Montes, municipio Meanguera. Esta última, también ha desarrollado labores de mantenimiento de vías de acceso, suministros de agua potable, mantenimiento, diseño y supervisión de infraestructura, además letrinización y producción de ladrillos de cemento. Cuenta con 87 empleados y puede considerarse una de las unidades más fuertes que hay en la comunidad y en el departamento Morazán, ya que cuenta con la capacidad de construir 15 viviendas mensuales, actualmente está sub-utilizada.

## 2.5 Disponibilidad de agua potable. Diagnóstico actual.

La Comunidad Segundo Montes posee 933 familias y solicitó la ayuda a la Cooperación Española en el problema de más de 20 años, sin agua potable en su comunidad, donde cuentan con el agua superficial de la quebrada con agua permanente, Las Marías, ver figura 2.5.1. La ONG SABES<sup>13</sup>, propuso la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable para 25 años, utilizando un reservorio natural, tipo estanque con borda, techado y recubierto con geomembrana sintética, con capacidad para abastecer 17,000m<sup>3</sup> de agua, necesarios para satisfacer la demanda requerida. Por las condiciones topográficas que se tienen, elevación de alta y baja, esto permite desarrollar la distribución de agua por el efecto de la fuerza de gravedad. Antes de iniciar la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable en la comunidad, se realizarán análisis de suelos, topografía de los tramos por donde pasa la línea y donde estará el reservorio, aforo del agua de la quebrada y análisis físico-químicos de la calidad del agua con que se cuenta,

---

<sup>13</sup> Saneamiento Básico Educación Sanitaria y energías alternativas, representada por el Dr., Luís Boigues.

de acuerdo con los parámetros del Ministerio de Salud Pública, ANDA y OMS, se identificarán los parámetros más importantes para llevar un control adecuado del sistema de potabilización, por ejemplo, determinación de alcalinidad, sólidos disueltos y suspendidos totales, coliformes totales y fecales, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y nitritos. Estos ensayos deberán tener monitoreo durante un período mínimo de 4 meses, en la fuente de abastecimiento la quebrada Las Marías, que se pretende utilizar. Los resultados de estos análisis deberán compararse con los límites de tolerancia que marca el Ministerio de Salud, ANDA y la OMS, para garantizar la calidad del agua potable, y, así, determinar los contaminantes a remover y dar tratamientos físicos-químicos necesarios para la potabilización. Independientemente de los resultados obtenidos en la calidad del agua, se cercará el cuerpo de agua, 50 m aguas arriba, evitando el incremento en la contaminación, ver figura 2.5.2. Con los resultados practicados a las muestras de agua y con base en una revisión bibliográfica y experiencia de personal en esta área, se determina el sistema de tratamiento a utilizar, por ejemplo, procesos unitarios de coagulación – floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Estos procesos deben tener escaso o nulo consumo de energía no renovable, por los gastos que esto puede representar, pero que a su vez garanticen la calidad del agua requerida conforme las normas vigentes. Se necesita un esfuerzo participativo en donde se lleven a cabo consultas con las autoridades locales, comunidades, ONG's y cooperativas, con el propósito de reflexionar y priorizar sobre los problemas que más afectan a cada uno de los sectores de la comunidad, y puesta en común respecto a necesidades y beneficios del proyecto, así como esfuerzos a realizar para obtener el proyecto de agua potable domiciliar en los sectores que indica la tabla 2.5.1.

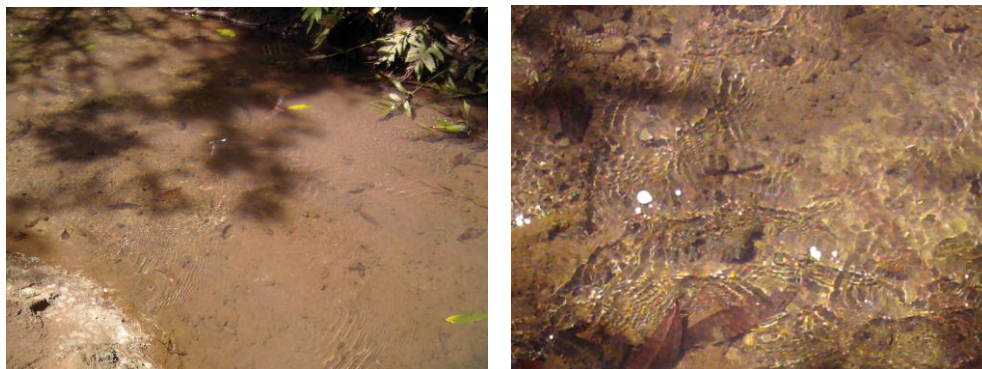
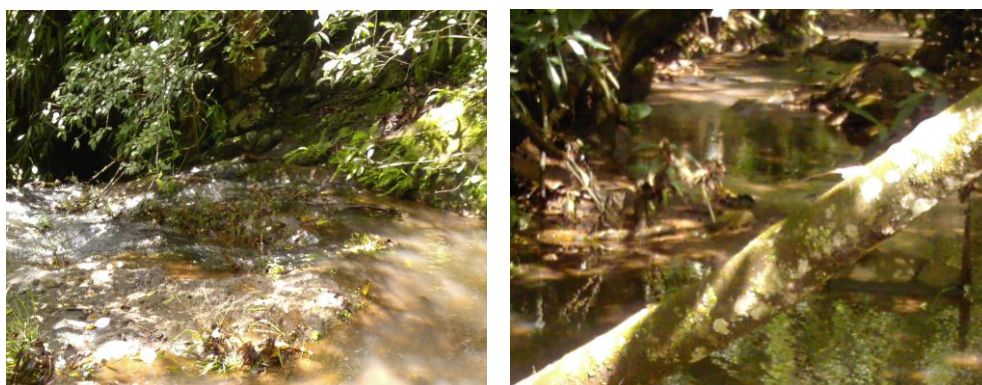


Figura. 2.5.1. Paso del agua de la quebrada Las Marías por la bocatoma.



a) contaminación después de bocatoma.      b) contaminación existente antes de bocatoma.

Figura 2.5.2. Contaminación existente en la quebrada Las Marías antes y después de bocatoma.

Tabla. 2.5.1. Sectores llevados a reflexión sobre la contaminación de las fuentes de agua superficial en el departamento Morazán.

| Distrito Jocoaitique |           |              |           |
|----------------------|-----------|--------------|-----------|
| Municipio            | Población | Municipio    | Población |
| Meanguera            | 8,289     | Arambalá     | 1,851     |
| Joateca              | 3,516     | Torola       | 1,263     |
| Perquín              | 3,512     | El Rosario   | 1,181     |
| Jocoaitique          | 2,029     | San Fernando | 949       |

2.5.1 En la comunidad Segundo Montes los sectores que se beneficiarán con la ejecución del proyecto son: Copinolar, Cutuco, San Luís, los Hatos 1 y 2, Barrial, Guajiniquil y Posa Honda, todos ubicados en la

zona norte de el departamento Morazán, los límites geográficos son: al norte con el municipio Jocoaitique, al sur el municipio Osicala y los recursos hídricos naturales existente son: el río Torola y sus ríos tributarios San Francisco, río Yamabal, río Sapo y río Seco.

2.5.2 Demanda de agua. En la zona se localiza la quebrada Las Marías, con agua permanente para disponer de este recurso en un proyecto de agua para consumo humano, potabilizándola, otros usos serían para producción agrícola y pecuaria en la comunidad beneficiada. El caudal de la quebrada con agua permanente es de 15 l/s en época seca en los meses de octubre a abril y 40 l/s en época lluviosa en los meses de mayo a septiembre, aprovechable para su potabilización.

2.5.3 Producción hídrica. Como consecuencia del relieve, cobertura vegetal y magnitud de la precipitación recibida de cada zona agroecológica, la comunidad Segundo Montes se encuentra rodeada de quebradas y ríos, sin embargo, fue necesario considerar una de las quebradas tributarias del río Las Marías. Los ríos y quebradas encontradas en los alrededores de la comunidad aparecen en la tabla 2.5.3.1, los cuales topográficamente no dan la posibilidad de uso para fines del proyecto.

Tabla 2.5.3.1. Fuentes de agua encontradas en los alrededores de la comunidad Segundo montes.

| Ríos        | Tributarias  |
|-------------|--|
| Las caras.  | Quebradas las piletas, la Ceiba, el Cerrón.  |
| Del pueblo. | Río las caras y quebrada Pita floja.   |
| Torola.     | Río del pueblo y quebrada el cedral o soledad.   |
| Las marías. | Quebrada del pueblo y quebrada Las Marías.   |
| La joya.    | Río las marías y quebradas la quebradota, los tabarez, el mozote, macuyuga, chiluga, el zapote, el funeral, la caridad y el barrial. |
| Torola.     | Río la joya, río Sapo.   |

2.5.4 Contaminación del agua. Según personas de la comunidad y la inspección visual realizada al agua de las quebradas, la contaminación observada proviene del entorno en que se encuentra ubicada, conteniendo materia orgánica, pero se estimó, que tiene buen olor, color y sabor, por lo tanto, el tratamiento que se esperaría sería mínimo y posiblemente suficiente filtrando y sedimentando.

2.5.5 El proyecto piloto incluiría las actividades siguientes:

- a) Incorporación y participación de las direcciones de participación ciudadana y patrimonio natural, controlado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, del MARN, al proceso del proyecto piloto.
- b) Consulta participativa e incorporación de los sectores comunitarios, políticos y académicos al proceso de construcción y sostenibilidad del reservorio.
- c) Selección del área adecuada y evaluación preliminar del sitio donde se ubicará el sistema de abastecimiento y el reservorio de agua, considerando, por ejemplo, vegetación, pendientes, tipo de suelo y precipitación, evapotranspiración.
- d) Solicitud y firma de acuerdo con la entidad encargada de la ejecución y el propietario del sitio donde se realizaría la obra física de construcción del sistema en general.
- e) Establecimiento de acuerdos con la Alcaldía Municipal, Comité Ambiental de Morazán y Ministerio de Salud Pública para el diseño y construcción del sistema de abastecimiento de agua y garantizar la sostenibilidad del servicio.
- f) Estudio general de la captación del agua superficial, ensayos de muestras de agua y composición del suelo.

- g) Contratación de la empresa responsable de la construcción de la obra física por el Comité Ambiental del Departamento de Morazán (CADEM).
- h) Diseño del reservorio y aforo de agua superficial de la cuenca en época seca y en época lluviosa.
- i) Memoria de cálculo de movimientos de tierra necesarios para la construcción y conformación del reservorio.
- j) Presupuesto de financiamiento y plan de oferta preliminar para la ejecución de la obra.

## 2.6 Servicios públicos existentes.

2.6.1 La organización comunal, a través de organismos autónomos, ha creado servicios sociales importantes y necesarios para su desarrollo, a través de la participación popular, en comisiones independientes, sanidad, enseñanza, planificación urbanística, producción, economía integradas en un Consejo que nada tiene que ver con la organización gubernamental donde se determina la política a seguir, y posteriormente se coordina con la alcaldía municipal. Todas las personas que constituyen cada uno de los diferentes organismos comunales actuales son los de la tabla 2.6.1.1.

Tabla.2.6.1.1 Organigrama del consejo comunal.

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Asamblea            |           |
| Junta Directiva     |           |
| Comisiones.         |           |
| Relaciones          | Salud     |
| Producción          | Educación |
| Comunicación social | Comunal   |
| Desarrollo urbano   | Bancomo   |
| Comercio            | Gestoria  |

### 2.6.2 Transporte.

En el departamento Morazán, hay un sistema de transporte público con servicio interdepartamental, hacia San Miguel, La Unión. El servicio interno, sus unidades de transporte se encuentran en muy malas condiciones, por lo deteriorados que están los caminos y carreteras, por donde estas circulan. El transporte de carga se realiza en camiones, furgones, trailers, encomiendas, etc, con servicio satisfactorio. Existía un banco comunal de Morazán (BANCOMO) localizado en la comunidad Segundo Montes, municipio Meanguera, este inició operaciones en el año 1,990 y se configuró como banco comunal al servicio de la población repatriada y de muchas otras comunidades y organizaciones de escasos recursos económicos que estaban siendo marginados por el sistema de banca del país.

### 2.7 Fuentes de cooperación económica.

La asistencia técnica para proyectos que satisfagan los servicios de agua potable en zonas rurales es muy baja, debido a la falta de proyectos de esta naturaleza y por el alto costo que representa. La gerencia de sistemas rurales de ANDA tiene un equipo para dar asistencia a proyectos del ex-PLANSABAR, la cual tiene una capacidad limitada y pocos recursos para asistirlos en su planificación, diseño, ejecución, etc. Toda obra financiada por el FISDL se desarrolla mediante contratos con empresas privadas. En cambio, los sistemas de agua potable y saneamiento realizados por organizaciones no gubernamentales, por ejemplo, SABES<sup>14</sup>, de la Cooperación Española, ha desarrollado todo el proceso que esto requiere, en todos los casos de sistemas de agua potable y saneamiento, en áreas rurales. La comunidad apoya directamente la ejecución de estas obras. Las ONG's se convierten en receptoras de demandas de servicios técnicos, apoyo material,

---

<sup>14</sup>[http://www.aguasabes.org/pages/sistemas\\_agua.htm](http://www.aguasabes.org/pages/sistemas_agua.htm)



soporte al desarrollo organizativo institucional y gestión para captar recursos externos para favorecer la búsqueda de soluciones y necesidades básicas insatisfechas. Esta capacidad operativa de las ONG's, poseen respuestas a demandas de la población organizada y promueven procesos organizativos en poblaciones en donde no existe organización alguna. A nivel nacional, existen 220 ONG's, de estas, 188 tienen presencia en la región oriental, de las cuales, 31 están presentes en el departamento Morazán y 17 de ellas ejecutan proyectos de desarrollo productivo, principalmente, en granos básicos. Ver tabla 2.7.1.

Tabla 2.7.1. Fuentes de cooperación económicas no gubernamentales y organizaciones comunitarias.

| Instituciones no gubernamentales.     | Cantidades presentes |
|---------------------------------------|----------------------|
| ONG'S de desarrollo productivo.       | 31                   |
| Total.                                | 31                   |
| Iniciativas de asociación municipal.  |                      |
| Micro región norte de Morazán.        |                      |
| Micro región nor-oriental de Morazán. |                      |
| Total.                                | 2                    |
| Organizaciones comunitarias.          |                      |
| ADESCOS                               | 25                   |
| Cooperativas agropecuarias.           |                      |
| Cooperativas de ahorro y crédito.     |                      |
| Círculos vecinales agropecuarios.     |                      |
| Total.                                | 25                   |

Fuente: Elaboración en base a datos propios.

## 2.8 Inversión de proyecto.

SABES, es una entidad de la Cooperación Española, con fines no lucrativos, de asesoría técnica para el buen uso del recurso agua, así mismo ejecuta la instalación de infraestructura de redes de distribución de agua y saneamiento, educación sanitaria para buen uso de infraestructura, y asesoría en energías alternativas. SABES, tiene muy en cuenta la implicación de comunidades, de cara a asegurar el mantenimiento de resultados de los proyectos desarrollados, haciendo énfasis en cuestiones de género y derechos humanos, así como en el fortalecimiento de la capacidad organizativa de comunidades rurales. De acuerdo con esto, la gestión de proyectos se lleva a cabo a través

de un comité formado por miembros de la Comunidad. El objetivo primordial de SABES es mejorar la salud y calidad de vida de la población rural a través del saneamiento, aumento de la cobertura de servicios básicos: a) agua potable, b) mejorar las condiciones de saneamiento ambiental, c) organizar usuarios del sistema de agua potable y de electrificación para que sean auto gestores en el mantenimiento, administración y d) capacitar al personal de operación, mantenimiento y administrativo para el buen funcionamiento del mismo. SABES, en este proyecto propone una estrategia básica, de un sistema de abastecimiento de agua potable sencillo, directo y novedoso a pequeña escala, debido a la falta de agua potable apta para consumo humano desde hace 20 años, en la comunidad Segundo Montes, ubicada en el municipio Meanguera, departamento Morazán, donde se beneficiarán 933 familias, al utilizar una quebrada con agua permanente que se encuentra a 9.00 km de la comunidad y se utilizaría como fuente de abastecimiento en el sistema proyectado. En aforos realizados en esta quebrada, Las Marías, se determinó, en época seca 15.00 l/s (caudal ecológico) y en época lluviosa 40.00 l/s, es decir, que se cuenta con el caudal necesario para satisfacer la demanda de agua requerida 6.00 l/s para cubrir las necesidades hídricas de la comunidad. Con ello, se logrará mejorar las condiciones de disponibilidad y acceso a un sistema de abastecimiento de agua en condiciones sanitarias adecuadas. Donde por ejemplo, un resultado inmediato será la disminución de enfermedades motivadas por un consumo de agua en malas condiciones y paralelamente terminar con tareas como el acarreamiento de agua, realizado principalmente por mujeres y niños. El proyecto contiene el diseño, financiamiento, construcción de un reservorio natural enterrado, con borda, confinando el agua que almacenará al recubrirlo con geomembrana sintética para sedimentar el agua a tratar, con la adaptación de una planta depuradora, con un sistema de filtros lentos de arena, que limpiará el agua superficial de la quebrada en estudio y el diseño la línea de conducción de agua a la

comunidad y un adiestramiento del personal local para dar mantenimiento y operar el sistema en general.

## 2.9 Financiamiento del proyecto.

El sistema de agua potable, es similar a un proceso industrial donde la materia prima es el agua que se extrae, conduce, regulariza y se distribuye al consumidor, por ello, se origina un costo socio-económico que debe cubrirse. Existen tres tipos de poblaciones que están dispuestas a cubrir este costo que se origina y poder tener agua potable para consumo humano y doméstico, estas son: autosuficientes, economía media y dependientes de fondos comunales, municipales o gubernamentales. Los habitantes de la comunidad Segundo Montes que hoy dependen de fondos municipales, pasarían a ser personas autosuficientes, debido a la cooperación económica que les provee SABES en la gestión, diseño y ejecución del proyecto y la realización de trámites administrativos con la ayuda de la alcaldía de Morazán que servirán para la factibilidad de la ejecución del proyecto en todas sus etapas. En este caso, los caudales necesarios para cubrir la demanda de agua es de 6.00 l/s y la fuente de abastecimiento proporciona un caudal de 15.00 l/s en época seca y 40.00 l/s en época lluviosa, así, el costo de energía eléctrica estimado para el funcionamiento del sistema de agua potable, en general, es de U\$ 45.50 mensual, el costo administrativo para el buen funcionamiento del sistema es de U\$ 200.25 mensuales y el costo por metro cúbico servido a los habitantes puede estimarse en U\$ 2.25 mensuales. Se estima, que este sistema servirá agua potable durante 25 años con la calidad de agua requerida. Además, se establecerá un convenio por escrito por usuarios y la alcaldía para hacer uso del sistema implementado y a pagar las tarifas establecidas por consumo. Es indispensable que se organice un grupo de personas que se encarguen del mantenimiento y operación del sistema desde el momento que este inicie su operación. Las tarifas cubrirían todos y cada uno de los gastos establecidos y futuras ampliaciones del sistema para su buen funcionamiento. Por ser un

sistema que funcionará por gravedad, se considera que resultara más económico que por bombeo, debido a que el consumo de energía eléctrica se reduce a la planta de tratamiento y utilización de equipos de desinfección o cloración y equipos auxiliares de bombeo, por ejemplo, achicadoras.

2.9.1 El desarrollo de este tipo de proyectos, en el país, es dificultoso y no se hace debido a lo siguiente:

- a. Ausencia e identificación de estrategias nacionales, departamentales y comunales en la ampliación de cobertura de agua a nivel rural sostenible, y la limitada ampliación con especial énfasis de cobertura rural.
- b. Limitada coordinación entre organizaciones del subsector para temas relacionados, y débiles propuestas de financiamiento que no permiten avanzar en la formulación, diseño ejecución y sostenibilidad de sistemas de agua potable en el sector rural.
- c. Falta de seguimiento de la utilización e impacto de la metodología educativa en la gestión del recurso hídrico y el cabildeo ante agentes claves para potencializar la coordinación de inversiones con temas relacionados con el recurso hídrico.
- d. Falta de fortalecimiento de la capacidad de gestión de sus miembros para generar modelos que promuevan alternativas económicas viables e innovadoras de incremento de calidad y cobertura en el servicio sustentadas en las normas de ANDA.
- e. Limitada generación de espacios de acercamiento con las instancias de apoyo a la gestión municipal local para identificar formas de cooperación conjunta en el marco de procesos de desarrollo local sostenible e identificar espacios de actuación y cabildar la aceptación de su participación con un rol y propósitos específicos que demuestren sus ventajas comparativas de aporte en este campo;

- f. Falta de seguimiento de la utilización e impacto de la metodología educativa en la gestión local comunitaria del saneamiento, la identificación de experiencias innovadoras en el campo del saneamiento sustentadas en el enfoque integral del ciclo del agua y normas nacionales.
- g. Falta de sensibilización y capacitación estratégica, dirigida a personal de operación y mantenimiento sobre la gestión integral de los recursos hídricos y gestión de ecosistemas dentro de las cuencas hidrográficas para garantizar un suministro sostenible de agua para el sistema de abastecimiento proyectado.
- h. Falta de conformación de nuevas alianzas estratégicas que potencialicen las capacidades para participar en este campo y especialmente en el tema de gestión de sistemas de agua potable para comunidades rurales de bajos recursos económicos.
- i. Desarrollar, mantener e intercambiar conocimiento e información sobre las funciones que los sistemas cumplen en el mantenimiento de los recursos hídricos y de un ambiente saludable para las poblaciones rurales.

## 2.10 Datos climatológicos.

### 2.10.1 Precipitación.

Las estaciones meteorológicas ubicadas por el SNET, en el departamento Morazán, registran en los meses que ocurre la mayor cantidad lluvias, de mayo a octubre, por ejemplo, Perquín, es el municipio que registra la mayor precipitación por mes (septiembre 560 mm/mes) los cuales se distribuyen en 26 días de lluvia, Gotera con 428 mm/mes que participan en 20 días. Los datos de precipitación obtenidos por año, en base ha registros de 10 años, para Perquín latitud 13° 57.5', longitud 88° 09.7', elevación 1225

m.s.n.m (índice Z-3), y Gotera, latitud 13° 41.8', longitud 88° 06.4', elevación de 250 m.s.n.m. (índice Z-2), son las de la tabla 2.10.1.1.

### 2.10.2 Temperatura.

La temperatura media anual, está en base a información disponible de las estaciones de Gotera con 24.5°C y la de Corinto con 22.6 °C.

Para el resto de municipios del territorio no se cuenta con información estadística.

Tabla 2.10.1.1. Intensidad de precipitación máxima anual absoluta de Perquín. En mm/ min. Para diez periodos.

| Año.  | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 45   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 240  | 360  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1973  | 2.06 | 2.02 | 2.01 | 1.86 | 1.28 | 0.89 | 0.83 | 0.53 | 0.44 | 0.36 | 0.33 | 0.26 | 0.19 |
| 1974  | 3.38 | 2.63 | 2.38 | 2.08 | 1.79 | 1.57 | 1.3  | 0.91 | 0.46 | 0.38 | 0.33 |      |      |
| 1975  | 3.82 | 3.27 | 2.83 | 2.61 | 2.29 | 1.90 | 1.58 | 1.29 | 1.06 | 0.87 | 0.29 | 0.20 | 0.18 |
| 1976  | 2.60 | 2.10 | 1.03 | 1.75 | 1.47 | 1.09 | 0.83 | 0.77 | 0.66 | 0.52 | 0.44 | 0.37 | 0.24 |
| 1977  | 2.60 | 2.24 | 1.49 | 1.67 | 1.28 | 1.01 | 0.78 | 0.55 | 0.54 | 0.41 | 0.39 | 0.29 | 0.21 |
| 1978  | 2.14 | 1.95 | 1.72 | 1.42 | 1.34 | 0.94 | 0.74 | 0.59 | 0.44 | 0.38 | 0.33 | 0.28 | 0.18 |
| 1979  | 2.40 | 2.10 | 1.75 | 1.45 | 1.30 | 1.29 | 1.04 | 1.03 | 0.80 | 0.64 | 0.55 | 0.43 | 0.29 |
| 1980  | 3.36 | 2.82 | 2.51 | 2.08 | 1.70 | 1.24 | 1.15 | 0.88 | 0.68 | 0.48 | 0.39 | 0.28 | 0.19 |
| 1981  | 2.60 | 2.30 | 2.06 | 1.72 | 1.21 | 1.20 | 1.08 | 0.79 | 0.65 | 0.36 | 0.30 | 0.20 | 0.16 |
| 1982  | 1.70 | 1.46 | 1.29 | 1.06 | 0.95 | 0.79 | 0.78 | 0.74 | 0.59 | 0.48 | 0.44 | 0.35 | 0.17 |
| PROM. | 2.67 | 2.29 | 1.91 | 1.77 | 1.46 | 1.19 | 1.01 | 0.81 | 0.63 | 0.49 | 0.38 | 0.30 | 0.20 |
| DS.   | 0.67 | 0.51 | 0.56 | 0.43 | 0.38 | 0.34 | 0.27 | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.08 | 0.08 | 0.04 |
| MAX.  | 3.82 | 3.27 | 2.83 | 2.61 | 2.29 | 1.90 | 1.58 | 1.29 | 1.06 | 0.87 | 0.55 | 0.43 | 0.29 |
| MIN.  | 1.70 | 1.46 | 1.03 | 1.06 | 0.95 | 0.79 | 0.74 | 0.53 | 0.44 | 0.36 | 0.29 | 0.20 | 0.16 |

Tabla 2.10.1.2. Intensidad de precipitación máxima anual absoluta de Gotera. En mm/ min. para diez periodos.

| AÑO   | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 45   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 240  | 360  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1962  | 2.80 | 2.60 | 2.33 | 2.10 | 1.60 | 1.19 | 0.93 | 0.78 | 0.66 | 0.47 | 0.40 | 0.31 | 0.21 |
| 1963  | 2.88 | 2.69 | 2.31 | 2.08 | 1.80 | 1.63 | 1.42 | 1.17 | 1.08 | 0.88 | 0.74 | 0.18 | 0.07 |
| 1964  | 2.56 | 2.05 | 1.81 | 1.76 | 1.47 | 1.11 | 0.86 | 0.58 | 0.46 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.12 |
| 1965  | 3.16 | 2.26 | 2.06 | 1.89 | 1.61 | 1.23 | 1.00 | 0.77 | 0.48 | 0.40 | 0.34 | 0.26 | 0.06 |
| 1966  | 3.40 | 3.14 | 2.63 | 2.14 | 1.52 | 1.02 | 0.84 | 0.61 | 0.53 | 0.51 | 0.41 | 0.21 | 0.18 |
| 1967  | 3.04 | 2.22 | 1.95 | 1.76 | 1.44 | 1.12 | 0.97 | 0.81 | 0.43 | 0.27 | 0.24 | 0.19 | 0.13 |
| 1968  | 2.68 | 2.59 | 2.43 | 2.32 | 1.92 | 1.33 | 0.84 | 0.67 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.08 |
| 1969  | 3.80 | 3.80 | 2.95 | 2.49 | 2.14 | 1.68 | 1.45 | 1.00 | 0.76 | 0.63 | 0.53 | 0.41 | 0.28 |
| 1970  | 3.32 | 2.41 | 2.00 | 2.00 | 1.95 | 1.44 | 1.10 | 0.75 | 0.40 | 0.33 | 0.28 | 0.22 | 0.19 |
| 1971  | 1.98 | 1.96 | 1.67 | 1.50 | 1.33 | 0.97 | 0.97 | 0.77 | 0.60 | 0.50 | 0.45 | 0.33 | 0.23 |
| 1972  | 2.01 | 1.96 | 1.17 | 1.12 | 1.00 | 0.90 | 0.76 | 0.53 | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.22 | 0.17 |
| 1973  | 3.36 | 2.57 | 2.43 | 2.05 | 1.61 | 1.33 | 1.13 | 0.85 | 0.67 | 0.56 | 0.49 | 0.38 | 0.28 |
| 1974  | 2.00 | 1.96 | 1.96 | 1.75 | 1.31 | 0.95 | 0.71 | 0.48 | 0.36 | 0.28 | 0.30 | 0.28 | 0.20 |
| 1975  | 2.80 | 1.90 | 1.57 | 1.45 | 1.23 | 0.96 | 0.77 | 0.62 | 0.48 | 0.39 | 0.33 | 0.26 | 0.18 |
| 1976  | 2.58 | 2.39 | 1.96 | 1.87 | 1.60 | 1.28 | 1.06 | 0.73 | 0.55 | 0.44 | 0.40 | 0.32 | 0.21 |
| 1977  | 3.22 | 2.82 | 2.82 | 1.88 | 1.55 | 1.08 | 0.83 | 0.62 | 0.41 | 0.34 | 0.29 | 0.22 | 0.20 |
| 1978  | 3.24 | 3.09 | 2.71 | 2.52 | 1.87 | 1.55 | 1.22 | 0.83 | 0.63 | 0.50 | 0.42 | 0.32 | 0.19 |
| 1979  | 2.00 | 2.00 | 1.87 | 1.60 | 1.50 | 1.34 | 1.16 | 0.81 | 0.65 | 0.55 | 0.49 | 0.29 | 0.24 |
| 1980  | 2.60 | 2.20 | 1.93 | 1.78 | 1.40 | 1.01 | 0.81 | 0.58 | 0.50 | 0.60 | 0.52 | 0.29 | 0.29 |
| 1981  | 2.06 | 2.06 | 1.90 | 1.82 | 1.58 | 1.09 | 0.67 | 0.45 | 0.34 | 0.28 | 0.19 | 0.21 | 0.16 |
| 1982  | 3.04 | 2.33 | 1.40 | 1.36 | 1.23 | 1.03 | 0.92 | 0.69 | 0.56 | 0.47 | 0.47 | 0.39 | 0.28 |
| PROM. | 2.79 | 2.43 | 2.09 | 1.87 | 1.56 | 1.20 | 0.97 | 0.72 | 0.53 | 0.44 | 0.38 | 0.27 | 0.19 |
| DS.   | 0.54 | 0.48 | 0.46 | 0.35 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.07 | 0.07 |
| MAX.  | 3.80 | 3.80 | 2.95 | 2.52 | 2.14 | 1.68 | 1.45 | 1.17 | 1.08 | 0.88 | 0.74 | 0.41 | 0.29 |
| MIN.  | 1.98 | 1.90 | 1.17 | 1.12 | 1.00 | 0.90 | 0.67 | 0.45 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.06 |

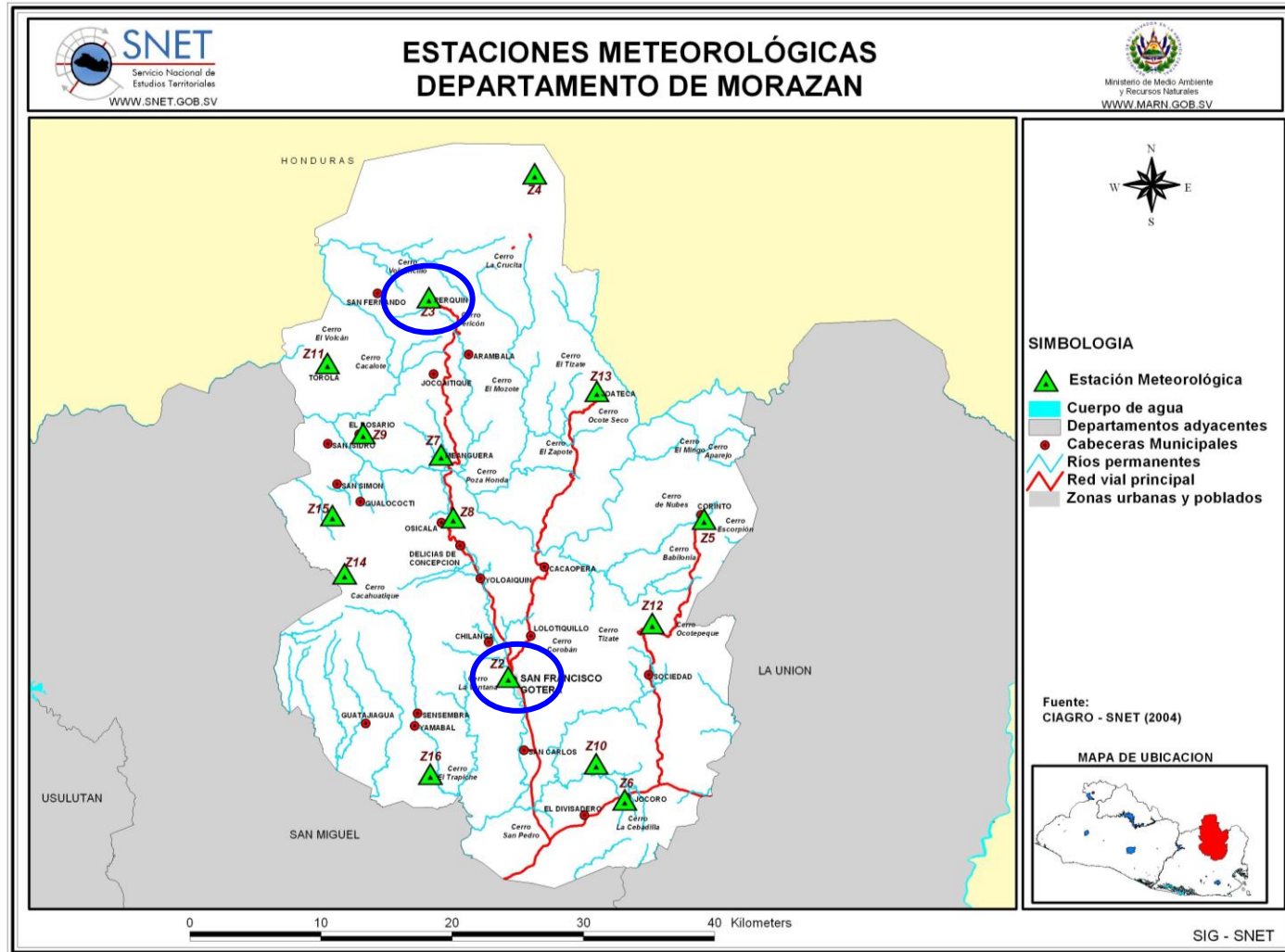


Figura. 2.10.1.1. Ubicación de estaciones pluviométricas de Perquin y Gotera.



### 2.11 Topografía de la zona.

La comunidad Segundo Montes, se encuentra en zonas topográficas muy accidentadas con elevaciones entre 650.00 m.s.n.m y 400.00 m.s.n.m de Norte a Sur y de Este a Oeste a de 450.00 m.s.n.m a 400.00 m.s.n.m en promedio, además, le complementan algunos cerros al Este y al Oeste. Al Este, el Cerrón (658.00 m), De Blas (400.00 m) y al Oeste, el Potrero (679.00 m), Guacamaya y Gato de Monte (500.00 m), San Luís (550.00 m) y el Tablón (550.00 m). Ver figura 2.1.1.

### 2.12 Agua potable rural en la comunidad Segundo Montes.

El agua potable en la comunidad Segundo Montes no se tiene adecuadamente, ya que los habitantes de los sectores de esta comunidad hacen uso directo del agua que les provee la quebrada Las Marías, con agua no tratada permanente, que en estación seca su caudal es 15.00 l/s y en estación lluviosa 40.00 l/s. La gente de esta comunidad no posee conexión domiciliar y no tienen otra alternativa más que buscar sus propias fuentes y aplicar la desinfección física, únicamente para consumo humano y uso doméstico, sin embargo, por simple inspección hecha, la contaminación que presenta el agua de esta quebrada es baja, por mostrar únicamente sólidos en suspensión y presentar color, olor, turbidez aceptables, en cuanto al sabor se percibe levemente contenidos orgánicos. Estas condiciones, posibilitan hacer una propuesta técnica sustentable, de bajo costo, para captar el agua superficial y hacer un su proceso de potabilización con el uso de energía limpia orientada a satisfacer la necesidad de agua potable en esta comunidad rural ubicada en el municipio Meanguera, departamento Morazán. Ver figuras 2.4.1 y figura 2.4.2.

### 2.12.1 Conclusiones.

- La comunidad Segundo Montes es muy poblada, con proyección al desarrollo propio para resolver sus propios problemas de agua potable en la zona, se encuentra en posición geográfica favorable al proyecto de abastecimiento de agua distribuido por gravedad, para disminuir los costos de realización del proyecto y los de operación, que cuando hay bombeo, la realización del proyecto abasteciendo con agua permanente de la quebrada Las Marías, la más cercana que se encuentra a la comunidad, favorece con su elevación de 650.00 m.s.n.m, ya que está más elevada que los sectores beneficiados, disponiendo de 100 m de columna de presión, hasta el caserío Cutuco para permitir ejecutar todo el proyecto por gravedad.
- Esta zona, cuenta con organizaciones comunitarias dispuestas a ayudar a la realización de este proyecto, su operación y mantenimiento permanente, para su buen funcionamiento. La comunidad Segundo Montes, posee promoción y acción de trabajo de autogestión, superación comunal y familiar. Tienen capacidad de autogestión en proyectos comunales. En ellos, existe voluntad colectiva para la superación y mejoramiento de la calidad de vida en general. La ejecución del proyecto requiere una inversión inicial alta y se realizaría únicamente con ayuda mutua comunitaria, con fondos de la Cooperación Española, por medio de SABES, colaboración de la alcaldía municipal de Meanguera y colaboración de la comunidad.

### 2.12.2 Recomendaciones.

- Abastecer el sistema de agua con la quebrada Las Marías, ya que al realizar el proyecto con otra quebrada de agua, de la zona de estudio se esperaría que los costos de operación sean mayores, por

encontrarse a una elevación menor y tener que utilizar equipo de bombeo.

- Realizar estudios, de prevención de impacto al agua disponible con análisis y medidas de mitigación de riesgos de contaminación respectivos al terreno y agua de la quebrada utilizada como fuente de abastecimiento, con el fin de satisfacer permanentemente la demanda de agua requerida por los habitantes de la comunidad Segundo Montes.

#### Bibliografía.

- Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de dotación del servicio de agua potable rural 2006.
- [.http://www.apartados.hacienda.gob.mx/cartera/temas/lineamientos/documentos/lineamientos\\_050106.pdf](http://www.apartados.hacienda.gob.mx/cartera/temas/lineamientos/documentos/lineamientos_050106.pdf)
- [www.rrasca.org/salvador/index.html](http://www.rrasca.org/salvador/index.html)
- [www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/](http://www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/)
- Información y criterios dados en entrevistas personales proporcionadas por el Dr. Luís Boigues, representante de SABES, en el país.
- Centro Nacional de Registros, CNR, cuadrante 2557 I SW, escala 1:25,000.

## Capítulo III

Formulación y Desarrollo del  
proyecto. Abastecimiento de  
agua potable en la  
comunidad Segundo Montes.  
Departamento Morazán.

### **3. Capítulo III: Formulación y Desarrollo del proyecto. Abastecimiento de agua potable en la comunidad Segundo Montes. Departamento Morazán.**

#### **3.1 Introducción.**

El sistema de abastecimiento de agua potabilizada desarrollado por gravedad en la comunidad Segundo Montes, tendrá como elementos principales: la extracción desde la fuente natural, almacenamiento, filtración, desinfección y distribución de agua, en los cuales es, necesario desarrollar un estudio detallado y apropiado aplicado al proyecto. También, es necesario hacer, los estudios de suelos del caserío Cutuco, donde se colocará el reservorio, topografía de la zona de los sectores beneficiados, aforo y análisis físico – químico de agua de la quebrada Las Marías, que servirá como fuente de abastecimiento al sistema en general, parámetros de diseño de la línea de distribución principal y el diseño del reservorio enterrado e impermeabilizado en su área hidráulica recubierto con geomembrana sintética como una sola burbuja, dispuesto como sedimentador principal.

#### **3.2 Tipos de reservorios.**

Las instalaciones de almacenamiento de agua tratada y desinfectada, desempeñan una función vital en el abastecimiento de agua segura, adecuada y confiable. Las escuelas, comunidades, cantones, y caseríos de la zona rural dependen de un abastecimiento constante y confiable, de agua potable apta para consumo humano. Si no se logra mantener la integridad estructural y sanitaria de las instalaciones de almacenamiento, se pueden producir pérdidas en propiedad, vidas humanas y producir enfermedades.

##### **3.2.1 Información básica.**

La finalidad del almacenamiento del agua en estado natural, es asegurar la disponibilidad constante de agua segura para la población en situaciones normales y de emergencia. Los tanques de almacenamiento se construyen, generalmente, de mampostería, concreto reforzado y metálicos, se colocan sobre torres de acero y concreto reforzado a una elevación adecuada para que haya presión de la columna de agua. El servicio de agua debe proveer agua

potable en todo momento, con caudales requeridos y presión suficiente (normalmente, no menor que  $2.40 \text{ kgf/cm}^2$  ó  $24.00 \text{ m}$  de columna de agua, en cualquier punto del sistema). Cuando el almacenamiento es deficiente, es porque la presión ha bajado, los volúmenes son inadecuados y la contaminación de los reservorios son el resultado de deficiencias en: a) diseño, b) construcción, c) operación y d) mantenimiento. La variación en la demanda de agua durante el día, produce cambios significativos en el sistema de distribución, por ello, un reservorio de agua que actúa como reserva o amortiguador principal, previene cambios súbitos en la presión del agua. La planta de tratamiento de agua superficial se ubicará junto al reservorio, ya que este proporcionará el agua filtrada, de donde se distribuirá para el almacenamiento en tanques de concreto reforzado, proceder a su desinfección y luego distribuirla a los sectores de la comunidad Segundo Montes.

### 3.2.2 Almacenamiento por gravedad.

Tipos. Las instalaciones (tanques) de almacenamiento por gravedad, se ubican en un lugar elevado para mantener la presión suficiente en el sistema, a fin de atender a todos los usuarios del área de servicio. Esa elevación se logra de la siguiente manera: 1) montado el tanque en soportes estructurales sobre el terreno y 2) construyendo el tanque en una colina o promontorio. Ver figura 3.1.2.1.

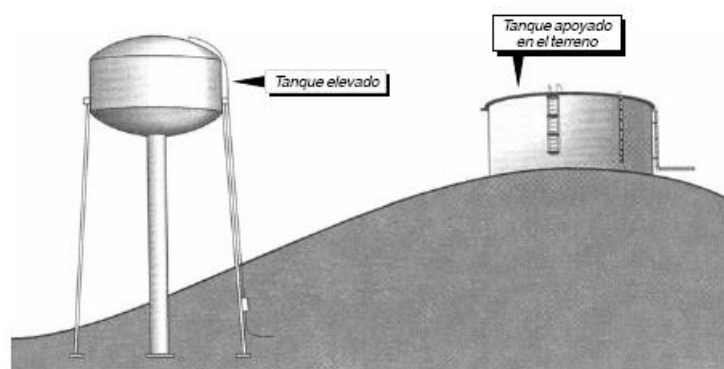


Figura 3.2.2.1. Ubicación regular de tanques de almacenamiento.

### 3.2.2.1 Preferencia por tanques de gran diámetro.

En sistemas que utilizan almacenamiento por gravedad, la presión de carga del sistema de distribución fluctúa según el nivel de agua en el tanque y se prefieren poco profundos y de mayor diámetro, porque tienen más agua por metro de descenso de nivel y, por ende, son menos propensos a los cambios de presión.

### 3.2.2.2 Riesgos sanitarios del almacenamiento por gravedad.

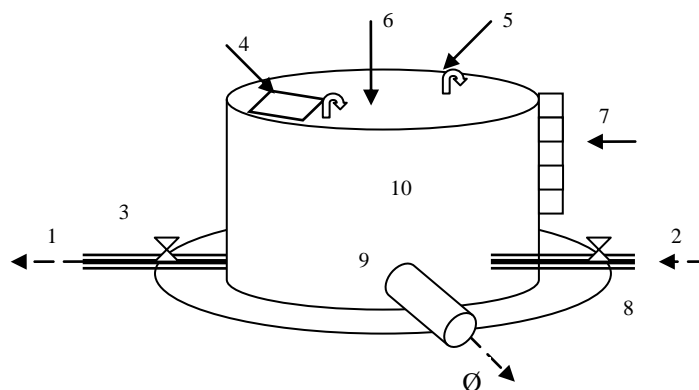
1. Los sistemas que trabajan directamente por gravedad, a diferencia de los sistemas flotantes, tienen un tanque de almacenamiento que proporciona un tiempo de contacto adicional del cloro. También, tienen mayor fluctuación en la presión de carga que sistemas flotantes. Si la filtración en la planta de tratamiento no es adecuada, puede representar un riesgo sanitario.
2. En sistemas de almacenamiento por gravedad, la capacidad total de almacenamiento en el tanque debe ser igual a la demanda promedio diaria de uno a cinco días y el tanque de almacenamiento debe tener capacidad de reserva para superar condiciones extremas, por ejemplo, sequías, inundaciones e incendios. Las instalaciones sin almacenamiento adecuado corren el riesgo de perder la presión del sistema.
3. Por el contrario, los tanques que están sobredimensionados corren el riesgo de producir agua con sabor y olor desagradables. El cloro residual se puede perder si no se usa y reemplaza el agua regularmente.
4. El tanque de agua se debe ubicar por encima del sistema de distribución para producir presiones mínimas de operación de 2.40 kgf/cm<sup>2</sup> (35 psi) (cerca de 24 m u 81 pies de columna de agua), pero de preferencia de 2.70 kgf/cm<sup>2</sup> a 4.10 kgf/cm<sup>2</sup> (40-

60 psi) (de 27 metros a 41 metros, es decir, 92 pies a 139 pies de columna de agua), aunque también depende de los requisitos de las normas de ANDA y el Ministerio de Salud.

5. Las presiones no deben exceder de  $7.00 \text{ kgf/cm}^2$  (100 psi) (70.00 m ó 231.00 pies). En comunidades con topografía variable, los usuarios que viven en las zonas más altas podrían experimentar condiciones de presión baja si el sistema de almacenamiento por gravedad no se diseña con zonas de presión separadas, donde el almacenamiento y buen funcionamiento en la distribución estén bien diseñados, y esto se garantice. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe evaluar la estrategia de operación del sistema de almacenamiento.
6. El operador debe comprender las funciones de los sistemas de control y ser capaz de hacer ajustes menores. Debe haber un registro que indique a qué elevación y presión se controla cada fase y con qué presión se activan las alarmas. En el caso de válvulas reguladoras de nivel y sistemas de tanques múltiples, el operador debe poder tomar lecturas del nivel de presión y agua, y ajustar las válvulas para controlar los niveles del tanque.
7. Los controles automáticos del suministro mantendrán al mínimo la distancia de subida y bajada del nivel de agua en el reservorio y tanques de almacenamiento, para mantener un volumen adecuado de agua y a presión constante en el sistema de distribución. Se puede permitir, que el nivel de agua, en el reservorio y tanque, suba lo más cerca a la tubería de rebose antes de detener el suministro. Sin embargo, el nivel máximo de agua no debe exceder ese límite, a fin de evitar derrames durante la operación automática.



8. Determinar si los controles son confiables y si funcionan adecuadamente. Cada tanque, se equipa con un interruptor de nivel y un sistema de alarma que advierta los niveles bajos de agua y fallas en la bomba. El inspector debe verificar la correcta condición de los dispositivos de control, y que haya protección adecuada contra factores externos.
9. Todos los tanques de almacenamiento se deben equipar con un instrumento confiable para medir el nivel de agua. El indicador de nivel más confiable, es una escala hidrométrica con flotador, siempre que se mantenga adecuadamente. Los manómetros se usan para determinar el nivel de agua, pero se deben realizar chequeos visuales ocasionales del tanque para comprobar la exactitud del manómetro.
10. El mantenimiento de los sistemas de control requiere experiencia en controles industriales. El operador debe estar capacitado en esa área o debe contar con la ayuda de un experto para solucionar cualquier falla en el sistema.
11. Aspectos de la contaminación directa. Los siguientes aspectos de la inspección son de gran importancia para la salud y bienestar de los habitantes de la comunidad.
  1. Los tanques de almacenamiento de agua tratada se deben proteger para prevenir el ingreso de contaminantes del aire, aves, insectos, mamíferos, algas, etc. La cubierta debe ser hermética, resistente y con drenaje. La cubierta del reservorio y tanque no se debe usar para otro propósito que pudiera contaminar el agua almacenada. El techo y las paredes laterales se deben sellar. Ver figura 3.1.2.2.1.



- |                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Tubería de salida.   | 6. Tapadera del tanque.       |
| 2. Tubería de entrada.  | 7. Escaleras.                 |
| 3. Válvula de control.  | 8. Plataforma de apoyo.       |
| 4. Tapadera de control. | 9. Tubería de drenaje.        |
| 5. Rebose.              | 10. Tanque de almacenamiento. |

Figura. 3.2.2.2.1. Tanque de almacenamiento típico y elementos básicos.

## 2. Tuberías de rebose.

- a) Se ubican de 30 cm a 60 cm (12 a 24 pulgadas) por encima del suelo. Todas las tuberías de drenaje y rebose del tanque deben descargar libremente en un recipiente abierto o sobre un salpicadero. La tubería de descarga se debe ubicar de 30 cm a 60 cm (12 a 24 pulgadas) por encima del recipiente abierto o salpicadero. Las aguas de rebose nunca se deben bombear directamente al alcantarillado o tubería para aguas de lluvia.
- b) Rejilla. Todas las tuberías de rebose deben tener rejillas desmontables con malla 24 para evitar la entrada de aves, insectos, roedores y contaminantes.

- c) Salpicadero. previene la erosión del área ubicada directamente debajo del rebose y la socavación de los soportes y base del tanque.
- d) Cuando la tubería de rebose o el drenaje sean inundables, colocar una brida ciega para prevenir el ingreso de una contracorriente de agua contaminada al tanque. Todo tanque debe protegerse de inundaciones. La estructura y sus componentes deben ser herméticos. Si existe suelo por encima del tanque subterráneo se debe nivelar para drenar agua superficial fuera del tanque y prevenir el empozamiento de agua superficial en los alrededores. El drenaje subterráneo, se debe descargar lejos de la estructura.

### 3. Ventilación.

- a) La ventilación del techo debe terminar boca abajo y se debe proteger de la lluvia.
- b) Una ventilación bien construida debe terminar 3 diámetros por encima del techo para prevenir el ingreso de excrementos secos de aves que pueden ser levantados por el viento.
- c) Se debe usar una rejilla con malla 4 para prevenir la entrada de aves en el tanque; sin embargo, esa malla no evita la entrada de insectos, plumas, césped ni otro material externo. Se necesitaría una malla 24 para el control de insectos. Las mallas delgadas pueden obstruir la ventilación, lo que podría crear condiciones implosivas. Si bien, las mallas delgadas son necesarias para mantener el agua limpia, se deben diseñar para

ceder, en caso de que se produzca un vacío, a fin de evitar que el tanque se rompa.

4. Las placas de acceso. si no se sellan en su totalidad permiten que los excrementos (guano) de aves se escurran directamente al agua potable.
  - a) La tapa de entrada debe estar rodeada con paredes laterales de 10 cm (4 pulgadas) de alto o más. La tapa o cubierta debe descender al menos 5 cm (2 pulgadas) sobre las paredes laterales. La tapa se debe sellar para prevenir la aspiración e ingreso de excrementos secos y plumas de aves al orificio de la tapa de entrada. Las cubiertas de la tapa de entrada que no encajan adecuadamente son un problema común a resolver hasta que esta quede satisfactoriamente ajustada.
  - b) Las tapas de entradas de acceso se deben cerrar con una cubierta hermética y un candado. No es extraño que la fuerza del viento levante una cubierta abierta. A menudo, si no hay buen cerramiento, las personas suelen levantar las tapas para nadar o tirar objetos en los reservorios o tanques.
5. Tanque, se debe poder desactivar cada tanque del sistema, para inspección y mantenimiento, sin necesidad de interrumpir todo el sistema. Esto es posible, si se instalan válvulas esclusa y una tubería de drenaje. El operador debe probar las válvulas regularmente para asegurar su integridad.
6. Protección del tanque. El área de almacenamiento se debe cercar para prevenir la entrada de personas no autorizadas. Las escaleras que se dirigen hacia la parte superior de los

tanques de almacenamiento deben estar 3 m (10 pies) por encima del suelo para impedir que se pueda trepar personas sin autorización.

- a) Revestimientos. La pintura, que está en contacto con el agua, debe tener la aprobación de la autoridad correspondiente. Los revestimientos no autorizados pueden crear problemas debido a la contaminación orgánica e inorgánica de las aguas almacenadas o toxicidad.
  - b) Después de pintado un tanque, se debe dejar un tiempo adecuado de curado. Antes de poner el tanque en servicio, se enjuaga, desinfecta y se llena con agua. Se toman muestras para determinar la existencia de coliformes y compuestos orgánicos volátiles (COV).
7. Causas de ruptura del revestimiento. La preparación indebida de la superficie, aplicación y curado, uso del tipo equivocado de revestimiento, exposición ambiental y falta de mantenimiento, pueden producir rupturas en el revestimiento. El ascenso y descenso del nivel de agua en el tanque puede producir corrosión. Las superficies metálicas expuestas que se sumergen y luego se exponen al aire (oxígeno) se corroen con mayor rapidez. Los tanques metálicos que almacenan agua deberían tener protección catódica. Los representantes autorizados de proveer el servicio deben inspeccionar y mantener anualmente estos sistemas.
- a) El inspector debe basar su respuesta en la observación visual de las bases, signos de ruptura de las mismas, agrietamiento del concreto, fugas en el tanque,

curvatura del acero, varillas de soporte flojas, corrosión, etc.

- b) En algún momento de la inspección sanitaria, se debe determinar la corrosividad del agua. Durante el tratamiento se deben adoptar medidas para corregir las propiedades corrosivas. El agua corrosiva puede dañar gravemente el tanque de almacenamiento hecho de acero si el revestimiento protector no está completamente intacto.
8. Frecuencia de inspección y limpieza en general. El operador debe inspeccionar diariamente los tanques de almacenamiento. Durante las visitas diarias, el operador debe verificar el nivel de agua en el tanque (con indicador visual o manómetro), el funcionamiento adecuado de los controles, la condición de la tubería de rebose y la seguridad. En las instalaciones con techo de fácil acceso, se deben incluir orificios de ventilación y tapa de entrada. El personal calificado debe inspeccionar anualmente el interior y exterior del tanque.
- a) Además de la inspección anual, se debe realizar una inspección minuciosa de la estructura y el revestimiento (aproximadamente cada cinco años). Esta inspección debe ser realizada por inspectores certificados.
9. Desinfección de tanques de almacenamiento después del mantenimiento. Los reservorios y tanques elevados en el sistema de distribución se deben desinfectar antes de entrar en operación, luego de reparaciones o limpieza

intensiva. Los procedimientos de desinfección se deben seguir de acuerdo con la norma vigente.

10. Disposiciones para mantener el suministro de agua cuando el tanque de almacenamiento está fuera de servicio por mantenimiento. Antes de retirar el tanque para su mantenimiento, el personal de la comunidad debe coordinar y practicar los procedimientos para mantener la presión del sistema de distribución. Esto podría ser relativamente sencillo en sistemas equipados con instalaciones adecuadas de reserva. Un sistema pequeño que sólo tiene un tanque de almacenamiento o un almacenamiento de reserva limitada, requiere un medio más complejo para mantener el suministro de agua. Esto podría incluir, por ejemplo, la operación manual de válvulas de control. Se deben establecer, probar y practicar medidas temporales, antes de retirar el tanque para su mantenimiento. Se debe notificar previamente a todos los usuarios del sistema de agua y a la estación de bombeo sobre la disminución en la presión del sistema de agua para implementar planes alternativos de conservación. Cuando sea necesario, también se debe notificar a los usuarios de mayor consumo.
11. Procedimientos de emergencia. El inspector debe conocer el procedimiento para la detección y respuesta a bajos niveles en el tanque (presión baja) y determinar si ese programa es adecuado. Se debe disponer de una lista con información sobre dónde obtener repuestos y servicios esenciales para el tanque en caso de reparaciones o

emergencias. También debe existir una fuente de agua alterna.

12. Precauciones de seguridad. Existen riesgos al momento de trepar a los tanques de almacenamiento de agua. Las escaleras deben ser seguras y estar en buenas condiciones. El inspector debe determinar si se cuenta con equipo de seguridad para trepar y entrar a espacios confinados.

### 3.2.3 Ventajas de un sistema de agua que trabaja por gravedad.

Un sistema de almacenamiento por gravedad ofrece varias ventajas en comparación con el sistema de bombeo u otro, como sigue:

1. Mayor flexibilidad para satisfacer las demandas máximas con menor variación de presión.
2. Almacenamiento en caso de control de incendios.
3. Almacenamiento de uno a cinco días para satisfacer la demanda de agua.
4. Uso de tanques de baja capacidad (tanques requeridos para satisfacer la demanda máxima del sistema y obtener mejor control en la dotación servida a los habitantes de la comunidad).
5. Diseño adecuado para aprovechar la gravedad y no incluir descuentos por tarifas eléctricas (capacidad de bombeo durante las horas de menor demanda y costo).

### 3.2.4 Limpieza y desinfección de reservorios de agua potable.

#### a) Trabajos previos.

1. Identificación de materiales de construcción y equipamiento de las unidades de almacenamiento de agua.
2. Cálculo de los volúmenes de las unidades.
3. Identificación del grado de limpieza de las unidades.
4. Reconocimiento de horas de abastecimiento público de agua y otras formas de abastecimiento.



5. Ubicación de puntos de energía eléctrica y facilidad para uso de escaleras y equipos de bombeo.
  6. Coordinar el trabajo.
  7. Verificar el reglamento general de construcciones, sobre instalaciones sanitarias en cisternas y tanques elevados.
  8. Muestreo microbiológico del agua. Colorimetría.
- b) Control físico.
1. Corregir deficiencia sanitaria según se diagnostique.
    - a. Instalando buzones de acceso, tapas sanitarias, brechas aire, tubería de ventilación con malla, eliminando fisuras en techos o tapas de las unidades y óxido de las escaleras de acceso interior y de las tuberías.
    - b. Pintando con pintura anticorrosiva.
    - c. Reparando las instalaciones hidráulicas, fugas en las válvulas del flotador.
    - d. Instalando tubería de rebose que evite conexiones cruzadas.
- c) Limpieza de las unidades.
1. Vaciar la unidad en caso de reservorios enterrados y dejar un tirante de agua de 0.10m en caso de tanque elevado.
  2. Eliminar todos si hubiera presente.
  3. Aspersar todas las superficies con solución clorada de 100 a 250 ppm. (para sacar, soltar hongos y algas).
  4. Limpieza de techo, paredes y fondo con solución clorada de 50 ppm y escobillar.
  5. Desechar restos y agua por la tubería de desagüe, en caso de tanque elevado o mediante bombeo o baldes en caso de cisternas.
  6. Enjuagar bien las superficies o aspersar agua, eliminando restos de cloro, algas, hongos y suciedad.

7. Eliminar todo sedimento en el fondo, aristas y esquinas más bajas del tanque, así como los flóculos de todas las paredes internas y la que su acumulación provoca baja calidad del agua en olor, color, sabor, toxicidad y otras contaminaciones micro orgánicas y bacteriales auto provocadas por presencia de resultados del abasto y almacenamiento.
  8. Muestrear la calidad del agua en consumo.
- d) Tratamiento químico.
1. Desinfectar techo, paredes y fondo embebiendo o aspersando las superficies con solución desinfectante.
  2. Dejar en contacto una hora.
- e) Actividades pos tratamiento.
1. Enjuagar las superficies con agua potable o aspersar agua.
  2. Abrir la válvula de distribución para desinfectar las instalaciones interiores de agua en caso de tanque elevado.
  3. Abrir llaves interiores para establecer contacto por 30 minutos.
  4. Eliminar excedentes por válvulas y llaves interiores.

### 3.3 Propuesta del diseño de reservorio en la comunidad Segundo Montes.

Consiste en el diseño de un reservorio enterrado<sup>15</sup> para captar agua de la fuente natural, integrado en un sistema de abastecimiento de agua potable que distribuirá el agua potabilizada a los caseríos de la comunidad Segundo Montes ubicada en el municipio Meanguera, al norte de Morazán, para beneficiar a 933 familias. Ver figura 2.1.1. Los asentamientos que se abastecerán son los siguientes: Cutuco, Copinolar, Guajiniquil, San Luís, Barrial, Poza Honda, Los Hatos 1, Hatos 2. Esta obra se desarrolla bajo la modalidad de ayuda comunal, SABES aporta su participación con estudios de suelos, topográfica, censo de población, aforos de la fuente, análisis de calidad del agua, diseño del reservorio, pago de mano de obra calificada, presupuesto de financiamiento, planos, tubería, accesorios, para el

<sup>15</sup> Ver tabla 3.2.2. Latitudes, longitudes y elevaciones de cada elemento del sistema de agua potable de la comunidad Segundo Montes, municipio Meanguera, departamento Morazán.

desarrollo del proyecto. La dirección de la construcción promoción y capacitación para la organización comunal, por el Dr. Luís Boigues. La ayuda comunal se refleja con mano de obra no calificada. Este proyecto de abastecimiento de agua comunal, es el de mayor magnitud y costo, que está en realización en el país, con la participación directa de la comunidad. El reservorio propuesto para la comunidad Segundo Montes, consiste en un depósito sin divisiones, apoyado sobre el terreno, con borda de tierra del lugar y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción del techo y su área hidráulica recubierta con geomembrana sintética confinando el agua en una sola burbuja, sellada. Ver figura 3.5.2.1. Para establecer el reservorio con seguridad y funcionalidad necesaria para almacenar agua a filtrar, se debe contar como mínimo con lo siguiente:

1. Sistema de impermeabilización completo en su área hidráulica.
2. Sistema de detección de pérdidas de agua.
3. Aislamiento completo del medio ambiente.
4. Control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento y gases.

### 3.3.1 Memoria de cálculo.

Como punto de partida de diseño se conoce, que la cantidad de agua a almacenar en el reservorio es 17,000 m<sup>3</sup> totalmente confinado, y además, con una área hidráulica en una geometría semejante a una pirámide truncada invertida en dirección al suelo, la base mayor es el broquel con borda de material del lugar, con este dato, es posible determinar las dimensiones del reservorio, necesarias para confinar el agua requerida durante 25 años<sup>16</sup>. El reservorio tiene que ser cubierto<sup>17</sup> en su parte superior para evitar principalmente los contaminantes de la zona, por ejemplo, hojas, viento y principalmente lluvia esta situación se supera por el tipo de recubrimiento de una sola burbuja que confina el sello su continuidad captada y guardada, ver

---

<sup>16</sup> Según especificaciones de la vida útil para la geomembrana sintética utilizada en el área hidráulica del reservorio.

<sup>17</sup> Cuando realmente son a cielo abierto, requieren estructura de techo y cubierta adecuada en cada caso, con un diseño propio que proteja de toda influencia del ambiente externo que puede generar suministro de contaminantes.

anexo 1, plano del diseño de reservorio. Los datos de diseño<sup>18</sup> para el reservorio son los siguientes:

- Volumen = 17,000m<sup>3</sup>
- Vida útil = 25 años.
- Recubrimiento de área hidráulica = geomembrana sintética HDPE de 1.50 mm de espesor.
- Se necesita que se cubra su parte superior para evitar contaminación del entorno y evitar daños en la superficie expuesta de la geomembrana donde están sus controles de inspección.
- Se requiere que tenga bordas.
- Tubería de desagüe para limpieza.

Definición de variables a utilizar en el cálculo del reservorio en el cálculo del volumen a almacenar:

ab: Área mayor de la pirámide truncada.

cd: Área menor de la pirámide truncada.

$h_p$  : Altura o profundidad de la pirámide truncada.

$V_R$  : Volumen del reservorio.

$$V_R := h(ab + cd + \sqrt{abcd})/3 \quad \text{Ecuación 3.3.1.1}$$

Tabla. 3.3.1.1. Dimensiones propuestas para el diseño del reservorio natural enterrado, con borda. Cálculo del reservorio con el volumen a almacenar.

| Dimensiones en metros. |           |             |             |            | Volumen, m <sup>3</sup> . |
|------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|---------------------------|
| a                      | b         | c           | d           | h          |                           |
| 70                     | 60        | 40          | 35          | 6.5        | 17387.22                  |
| 70                     | 60        | 50          | 30          | 6.5        | 17788.29                  |
| 70                     | 60        | 45          | 30          | 6.5        | 17184.22                  |
| 70                     | 50        | 50          | 40          | 6.5        | 17649.13                  |
| <b>70</b>              | <b>50</b> | <b>48.5</b> | <b>38.5</b> | <b>6.5</b> | <b>17167.99*</b>          |
| 70                     | 50        | 49          | 39          | 6.5        | 17327.30                  |

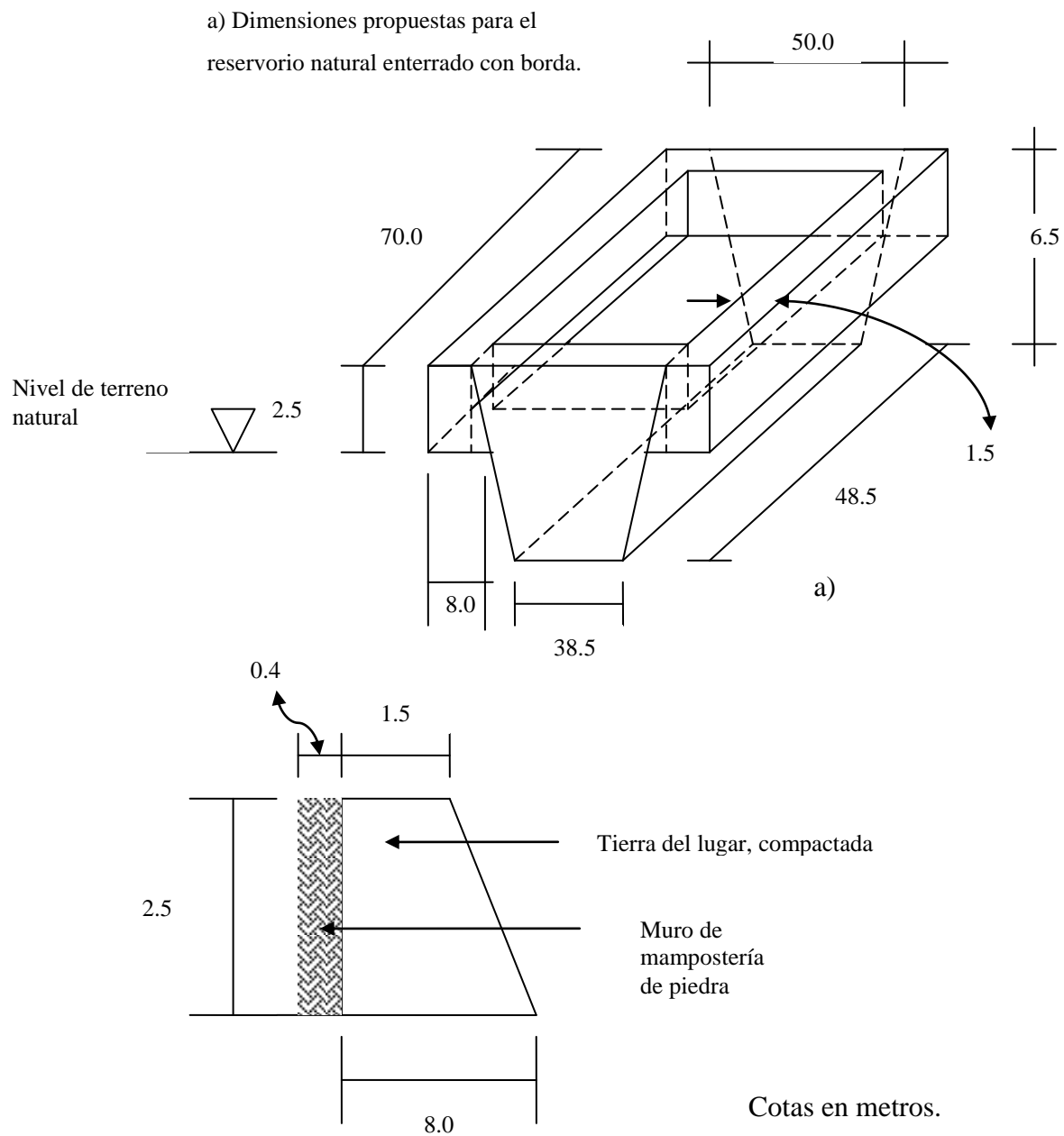
\* Cumple con el volumen requerido.

<sup>18</sup> Ver figura 3.3.1.2, dimensiones propuestas para el reservorio natural enterrado, con borda de material del lugar, pagina 109.

Ver la figura 3.3.1.1 fotografía de reservorio de 17,000 m<sup>3</sup> construido y recubierto con geomembrana sintética en el caserío Cutuco y figura 3.3.1.2 que ilustra el tanque pirámide truncada invertida con vértice donde su base mayor va en superficie a cielo abierto y vértice enterrado.



Figura. 3.3.1.1. Reservorio construido en Cutuco, como sedimentador principal del sistema de agua potable abastecido de la quebrada Las Marías.



b) Borda enterrada conformando el extremo base menor de la pirámide invertida en el broquel del reservorio de almacenamiento de agua

Figura.3.3.1.2. Dimensionamiento del reservorio natural enterrado, con borda de material del lugar.

Tabla. 3.3.1.2. Latitudes, longitudes y elevaciones de cada elemento del sistema de agua potable de la comunidad Segundo Montes.

| Sitio.   | Coordenadas de posición. |           |                        | Comentario.  |
|--|--------------------------|-----------|------------------------|--|
|  | Latitud.                 | Longitud. | Elevación,<br>m.s.n.m. |  |
| Fuente de abasto, quebrada Las Marías.                     | 88° 08.5'                | 13° 54.9' | 650.00                 | Punto de extracción.                                 |
| Reservorio natural enterrado, ubicado en Cutuco.           | 88° 08.7'                | 13° 52.1' | 600.00                 | Principal de almacenamiento de agua a filtrar.       |
| Planta de tratamiento 1, ubicado en Cutuco.                | 88° 08.8'                | 13° 52.2' | 600.00                 | filtra el agua que pasa a Copinolar y Cutuco.        |
| Planta de tratamiento 2, ubicado en Cutuco.                | 88° 08.8'                | 13° 52.2' | 600.00                 | filtra el agua que pasa al tanque de almacenamiento. |
| Tanque de almacenamiento, ubicado entre Cutuco y San Luís. | 88° 08.8'                | 13° 51.8' | 550.00                 | Almacenamiento de agua filtrada de planta 2.         |
| Tanque de distribución 1, ubicado en Cutuco.               | 88° 08.8'                | 13° 52.2' | 500.00                 | Distribución de agua.                                |
| Tanque de distribución 2, ubicado en San Luís.             | 88° 08.5'                | 13° 51.5' | 500.00                 | Distribución de agua.                                |
| Tanque de distribución 3, ubicado en Barrial.              | 88° 07.1'                | 13° 50.7' | 450.00                 | Distribución de agua.                                |
| Entrada a red 1.   | 88° 08.7'                | 13° 52.3' | 550.00                 | Copinolar y Cutuco.                                  |
| Entrada a red 2.   | 88° 08.2'                | 13° 50.7' | 450.00                 | San Luís, los Hatos 1 y 2.                           |
| Entrada a red 3.   | 88° 07.0'                | 13° 50.7' | 450.00                 | Barrial, Poza Honda y Guajiniquil.                   |

3.3.2 Proyecto de ingeniería. El proyecto incluirá la construcción de tres tanques y reparación de un tanque, ubicado en caserío San Luís capacidad de 150 m<sup>3</sup>, los tanques a construir son: uno de 100.00 m<sup>3</sup>, uno de 150.00 m<sup>3</sup> y otro de 300.00 m<sup>3</sup> para el almacenamiento del agua, todos ubicados aguas abajo (en relación al flujo del agua potable que se distribuirá).

- 3.3.2.1 Gaviones. Utilizados como mecanismos para evitar el paso de sólidos de gran tamaño, por el paso de la quebrada hacia la bocatoma. Ver capítulo 4, inciso 4.2.1 b).
- 3.3.2.2 Bocatoma<sup>19</sup> y tubería de alimentación al sistema. El mecanismo instalado como obra de toma de agua, consiste en una caja que intercepta el flujo de agua desde la quebrada, siendo esta de mampostería de ladrillo de obra, repellada en toda su superficie interior y exterior de 1.00 m por lado y 1.40 de altura (volumen 1.40 m<sup>3</sup>). Cuenta con una entrada de 25 cm por lado y ubicada en el fondo y al centro de la caja a un lado de la quebrada, además, se construye una área hidráulica en forma de trapecio, en sus extremos rectos de 2.00 m que captan el agua y consta de una pequeña presa de mampostería de piedra con base mayor 1.00 m, base menor 0.50 m y altura 1.00 m, esta mide 2.50 m de frente a la quebrada, posee dos compuertas metálicas que controlan el agua que se pretende entre en la caja de entrada de agua y se prolonga la presa de enrocamiento en los tramos rectos del área hidráulica con una muro de mampostería de piedra de 75 cm de altura y 0.50 de base para encausar el agua, dirigirla hacia la caja de captación del sistema y protegerla de deslizamientos de tierra, también un fondo de mampostería de piedra, repellada, que ayuda a la captación del agua. La caja de captación consta de dos tuberías, una utilizada para realizar la alimentación de la quebrada con el sistema, y consta de tubo galvanizado de 6 pulgadas, en tramo de 1.00 km, una válvula que controla la entrada de agua y la segunda de PVC y 4 pulgadas de diámetro para limpieza de la caja de captación y permite volver al cauce normal de la quebrada. Se colocarán

---

<sup>19</sup> Ver figura 3.2.2.2.1. fotografía de bocatoma ubicada en la quebrada Las Marías.



gaviones de piedra a 10 m, 20 m y 30 m desde la bocatoma, para evitar el paso de sólidos de gran tamaño y que obstruyan o desvíen el curso original del agua. Ver figura 3.2.2.2.1, página 135.



a) lado interno de bocatoma.



b) lado externo de bocatoma.

Figura. 3.3.2.2.1. Bocatoma de captación de agua, construida en la fuente de abastecimiento.

3.3.2.3 Reservorio natural enterrado o Sedimentador. Aquí se separarán físicamente los sólidos suspendidos del agua, por la acción de la fuerza gravitacional, dando como resultado un manto de lodos en la parte baja del sedimentador y un efluente clarificado en la parte superior, con un 90 % a 95 % de remoción de sólidos finos suspendidos. Ver figura 3.3.1.1, página 110

3.3.2.4 Planta de tratamiento. El sistema de tratamiento empleado en esta planta, tiene como base la operación y proceso unitario de filtración, el cual se realiza con filtros lentos de arena de 13.50 m x 4.00 m x 1.20 m, en serie, colocando dos filtros de este tipo, en paralelo, para realizar limpieza cuando sea necesario suspender el que esté en operación de filtrado, la arena a utilizar será pómez y cantos rodados, para permitir el paso del agua sin complicaciones. De este punto, pasa el agua a los tanques de almacenamiento donde se realizará la desinfección del agua a servir. Ver figura 3.2.2.4.1 página 133.

- 3.3.2.5 Desinfección del agua, se realizará con tabletas de hipoclorito de calcio dosificado que recibe el agua en los tanques de almacenamiento que distribuirán agua filtrada y desinfectada a los diferentes sectores.
- 3.3.2.6 Tanques de almacenamiento. Almacenarán de forma segura el agua filtrada en la planta de filtración, y permitirán la dosificación de desinfectante para luego distribuirla por gravedad a los sectores servidos. Cada tanque de almacenamiento debe contar con una purga para controlar la presión que existe en el tanque y una tubería de limpieza en caso de mantenimiento. Ver figura 3.3.2.6.1.



Figura 3.3.2.6.1. Fotografía del tanque de 100m<sup>3</sup> construido en el caserío Cutuco.

- 3.3.2.7 Evaluación del sistema de potabilización<sup>20</sup>. Para evaluar el sistema, se determinará, con base a ensayos de control básicos, por ejemplo, pH, color y turbidez, los resultados que se

---

<sup>20</sup> Desarrollado en el capítulo 5.

esperarían de la evaluación del sistema, en cuanto a la calidad del agua, se describen en el inciso 3.4.4.

3.3.2.8 Costos y aportes<sup>21</sup>. El aporte financiero de la comunidad, para este proyecto, fue incluido dentro del programa de agua potable, financiado por la Cooperación Española por medio de SABES, en su mayoría, y asignaciones laborales familiares para la realización del proyecto, según se indica en la tabla 3.3.2.8.1

Tabla 3.3.2.8.1. Financiamiento de Proyecto

| Partidas.  | Costo, \$. |
|--|------------|
| Terreno.   | 40,000.00  |
| Movimientos de terracería <sup>22</sup> .                  | 162,487.50 |
| Geotextil.   | 7,699.68   |
| Compra e instalación de geomembrana HDPE de 1.50 mm        | 77,749.65  |
| Tubería galvanizada 1 km y 6 pulgadas de diámetro, 160 psi | 54,980.00  |
| Tubería de PVC 1.2 km y 6 pulgadas de diámetro, 160 psi.   | 21,252.00  |
| Tubería de PVC 6.6 km y 4 pulgadas de diámetro, 160 psi    | 99,792.00  |
| 12 Válvulas de control de 4 pulgadas de diámetro.          | 2,030.76   |
| 4 Válvulas de control de 6 pulgadas de diámetro.           | 1,499.52   |
| Accesorios <sup>23</sup> varios.                           | 14,736.50  |
| Membrana que sirve de cubierta superior para reservorio.   | 65,150.25  |
| Total. \$  | 547,377.86 |

3.4 Estudio del sitio determinado para construir el reservorio natural enterrado con borda, techado y recubierto con geomembrana. Anteproyecto, proyecto y ejecución de este.

El sitio<sup>24</sup> determinado para la construcción del reservorio es en el caserío Cutuco ubicado entre el caserío el Rodeo y San Luís que pasa por la carretera CA 7, 18 km hacia Honduras, elevación 550.00 m.s.n.m y población estimada de 147 familias.

<sup>21</sup> Ver formato No 6 de la carpeta técnica, para un detalle del presupuesto de financiamiento, en el capítulo IV, inciso 4.4.

<sup>22</sup> Los movimientos de terracería comprenden excavación, conformación de borda con material del lugar y desalojo a una distancia de 300m.

<sup>23</sup> Se consideró el 5% del costo total de la tubería principal, para accesorios galvanizados y de PVC del sistema en general.

<sup>24</sup> El terreno donde se construirá el reservorio y la planta de filtración fue donado por la alcaldía.



La quebrada que se encuentra cerca del caserío Cutuco es la quebrada La Caridad, tributaria del río La Joya. El sitio donde se construye el reservorio en Cutuco se encuentra cerca de la carretera principal CA 7 que permite trasladar los materiales de construcción del reservorio y una proyección de reparaciones sin mayor complicación en cuanto a llegar a las instalaciones principales del proyecto, además de proyectar el diseño de un segundo reservorio de 35,000 m<sup>3</sup> que serviría de almacenamiento para una ampliación del sistema futuro ubicado a 30 m del reservorio de 17,000 m<sup>3</sup> y dar cobertura a más familias de la zona. La planta de filtración se construirá junto al reservorio para filtrar el agua después de sedimentarla en el reservorio y luego distribuirla a los tanques de regulación donde se realizará la desinfección pertinente. La ruta es muy accidentada desde la quebrada Las Marías hasta Cutuco y se pasará por la colonia Acaem, para facilitar la colocación de la tubería principal para continuar de forma paralela por la carretera CA 7, 25 km del cantón y caserío el Rodeo. Ver figura 3.3.1.

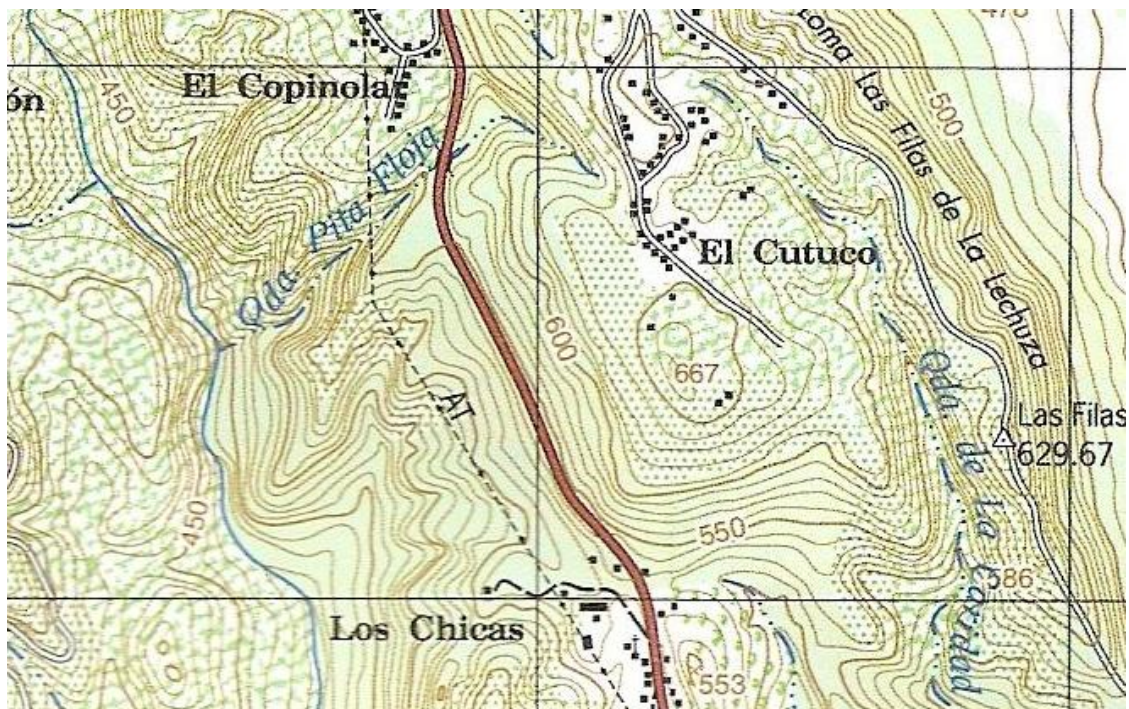


Figura 3.4.1. Cutuco, sitio determinado para la construcción del reservorio natural enterrado.

### 3.5 Estudios para el proyecto. Planos.

Los estudios básicos e indispensables realizados al proyecto en la construcción del reservorio son:

#### 3.5.1 Estudios del suelo.

La calidad del suelo encontrado en el sitio determinado para construir el reservorio, se realizó con el ensayo de cinco sondeos que variaron en profundidad de 0.50 m a 2.50 m, con la prueba de penetración estándar y muestreo de suelos con cuchara partida, desiaración ASTM D 1586 para determinar la capacidad de carga del subsuelo con la determinación del parámetro “N” o número de golpes para penetrar 30 cm (ver tabla 3.5.1.1.2) y presentaron las características siguientes:

3.5.1.1 Determinación de la cantidad de agua en el suelo y rocas, ASTM D 2216. ver tabla 3.5.1.1.1.

3.5.1.2 Descripción e identificación de suelos, ASTM D 2488. ver tabla 3.5.1.2.1

3.5.1.3 Determinación de los límites líquido, plástico e índice plástico de suelos, ASTM D 4318.

3.5.1.4 Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería, ASTM D 2487.

Tabla. 3.5.1.1.1. Contenido de humedad encontrada en los diferentes sondeos explorados del sitio determinado para la construcción del reservorio.

| Sondeo No. | W (%)máxima, (prof. en m) | W (%)mínima, (prof. en m) | W (%) promedio. |
|------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1          | 45.3 (0.00 – 0.50)        | 44.8 (0.50 – 1.00)        | 45.1            |
| 2          | 48.9 (0.50 – 1.00)        | 19.4 (0.00 – 0.50)        | 34.2            |
| 3          | 38.6 (1.00 – 1.50)        | 19.4 (0.00 – 0.50)        | 18.8            |
| 4          | 59.6 (1.50 – 2.00)        | 30.4 (0.00 – 0.50)        | 43.7            |
| 5          | 35.6 (1.00 – 1.50)        | 29.1 (0.00 – 0.50)        | 33.0            |

Tabla. 3.5.1.1.2. Tabulación de valores de N, obtenidos en el sitio mediante la prueba de penetración estándar, A.S.T.M. D 1586.

| Sondeo No. | Profundidad, en m |                   |                   |                   |                    |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|            | 0.50              | 1.00              | 1.50              | 2.00              | 2.50               |
| 1          | 3                 | 30 <sup>(1)</sup> | -                 | -                 | -                  |
| 2          | 7                 | 12                | <sup>(1)</sup>    | -                 | -                  |
| 3          | 8                 | 4                 | 15                | 32 <sup>(2)</sup> | 110 <sup>(2)</sup> |
| 4          | 10                | 8                 | 29                | 17                | 80                 |
| 5          | 18                | 14                | 15 <sup>(1)</sup> | -                 | -                  |

(1) rechazo al avance, sección 7.2.3 ASTM D 1586.

(2) penetración con punta cónica.

Tabla.3.5.1.2.1 características de suelos encontrados en el sitio de exploración.

| Clasificación de suelo encontrado. | Símbolo. | Color.             | % de limos | Límites encontrados, %. | Contenido de arena, %.            |
|------------------------------------|----------|--------------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Limo arenoso de alta plasticidad.  | MH       | Café, gris.        | 80 - 85    | LL=86.6<br>IP=39.1      | Arenas finas,<br>15 - 20          |
| Limo arenoso de baja plasticidad.  | ML       | Café, café oscuro. | 75 - 80    |                         | 20 - 25                           |
| Arena limosa.                      | SM       | Café claro.        | 25 - 40    |                         | Arena pumítica,<br>pómez, 60 - 75 |

#### 3.4.1.a Conclusiones según el estudio de suelos.

- No se detectó nivel freático, ni roca en los estratos atravesados.
- Los contenidos de humedad encontrados, se consideran normales, de acuerdo con los tipos de suelo encontrados, presentándose el máximo de 59.6 % en el sondeo No 4, a la profundidad de 2.50 m a 3.00 m.
- Se obtuvo rechazo al avance de la cuchara muestrera en el fondo de los sondeos Nos. 1, 2 y 5, tal como lo indica la sección 7.2.3 de la especificación de la ASTM D 1586 que dicta: “no se ha observado avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo”.
- De los cinco sondeos realizados, los sondeos 1,2 y 5 se encontraron en condición de rechazo y en el sondeo No 4 un suelo muy compacto.

- e) De los trabajos de campo junto con los de laboratorio, se determinó por medio de correlaciones, un valor de cohesión aparente de  $2.0 \text{ ton/m}^2$  y un peso volumétrico de  $1,800 \text{ kg/m}^3$ .

#### 3.4.1.b Recomendación según el estudio de suelos.

- a) Deben evitarse escurrimientos superficiales nocivos, empozamientos o filtraciones de cualquier tipo, dentro y fuera de las áreas de excavación para fundaciones, ya que los suelos de matriz cohesiva son susceptibles de cambios volumétricos y pérdida de resistencia al corte en presencia del agua. Por tanto, se considera necesario dejar un sistema de drenaje para aguas lluvias que evite estancamientos.

#### 3.5.2 Estudios topográficos.

Las elevaciones topográficas existentes en la comunidad Segundo Montes, son muy favorables para realizar el proyecto por gravedad, se colocará tubería principal de 6 pulgadas y 4 pulgadas a lo largo de la ruta seleccionada y en especial, el paso de quebradas vecinas, por ejemplo, la quebradona, que está a 600 m.s.n.m; las elevaciones topográficas varían de 650.00 m.s.n.m donde se encuentra la fuente de abastecimiento hasta 400.00 m.s.n.m donde se encuentran las comunidades los Hatos 1 y 2, que es la parte más baja que abarca el proyecto, donde se proporcionará este servicio. Se utiliza el cuadrante topográfico 1:25,000 que muestra un levantamiento Plano-Altimétrico, para determinar las elevaciones requeridas desde Jocoaitique hasta la zona baja de Meanguera. Ver anexo A3.1 cuadrante topográfico 1:25,000. Las quebradas, constituyen los mayores accidentes topográficos en el área en estudio, a ellas se asocian colinas de relieve fuerte, con los que se obtienen diferencias de alturas hasta de 44 m. Este tipo de relieve, es muy común en esta zona de Morazán, y la mayor ventaja es la estabilidad de la superficie, ya que se trata de un terreno de los más antiguos de la formación Morazán.

### 3.5.3 Aforo del caudal de la fuente de abastecimiento.

El aforo de la quebrada<sup>25</sup> se realizó durante un periodo de 4 meses y se determinó, que el caudal mínimo que circula por esta quebrada en época seca es de 15 l/s y en época de invierno alcanza 40 l/s, la ubicación de la quebrada es, cerca del cantón el rodeo, ver figura 3.4.3.1. Este aforo se realizó midiendo el ancho de la quebrada 1.25 m dividiendo en cinco tramos a cada 0.25 m. Se calcula su área transversal y área hidráulica en todo su ancho y se multiplica por la velocidad que tarda una bola de tenis de mesa (peso 2 gr) en recorrer 5 metros, por la garganta de la quebrada y por ser una quebrada poco profunda, tirante de 10 cm en época de lluvia y 3.20 cm en época seca, la velocidad promedio real es, 0.95 m/seg. Así, el caudal de la quebrada es:

$$\text{Caudal (cm}^3/\text{s)} = \text{área (cm}^2\text{)} \times \text{velocidad (cm/s)} \quad \text{ec. 3.4.3.1.}$$

Tabla 3.5.3.1. Tabla de registro de datos de aforo en la quebrada Las Marías.

| Caudal en época lluviosa de la quebrada Las Marías. |                |                           |                  |                       |
|---|----------------|---------------------------|------------------|-----------------------|
| Sub sección   | Distancia, cm. | ancho de sub sección, cm. | Profundidad, cm. | Área, cm <sup>2</sup> |
| 1   | 25             | 25                        | 1.30             | 16.25                 |
| 2   | 50             | 25                        | 2.80             | 70.00                 |
| 3   | 75             | 25                        | 9.80             | 245.00                |
| 4   | 100            | 25                        | 3.00             | 75.00                 |
| 5   | 125            | 25                        | 1.50             | 18.75                 |
| Área total = 425.00                                 |                |                           |                  |                       |
| Velocidad = 95.6 cm/seg, caudal total = 40.63 l/s   |                |                           |                  |                       |
| Caudal en época seca de la quebrada Las Marías.     |                |                           |                  |                       |
| Sub sección   | Distancia, cm. | Ancho de sub sección, cm. | Profundidad, cm. | Área, cm <sup>2</sup> |
| 1   | 25             | 25                        | 1.30             | 16.25                 |
| 2   | 50             | 25                        | 2.00             | 50.00                 |
| 3   | 75             | 25                        | 3.20             | 80.00                 |
| 4   | 100            | 25                        | 1.70             | 42.50                 |
| 5   | 125            | 25                        | 1.00             | 12.50                 |
| Área total = 201.25                                 |                |                           |                  |                       |
| Velocidad = 75.40 cm/seg, caudal total = 15.17 l/s  |                |                           |                  |                       |

Nota: 1 litro = 1,000 cm<sup>3</sup>

<sup>25</sup> El método de la sección y velocidad de la corriente es más exacto que el de la botella o una cubeta que se lleva en un tiempo t. El método de concentración de sal o calorimetría son confiables pero se deben saber aplicar bien, su técnica, para resultados confiables y representativos.



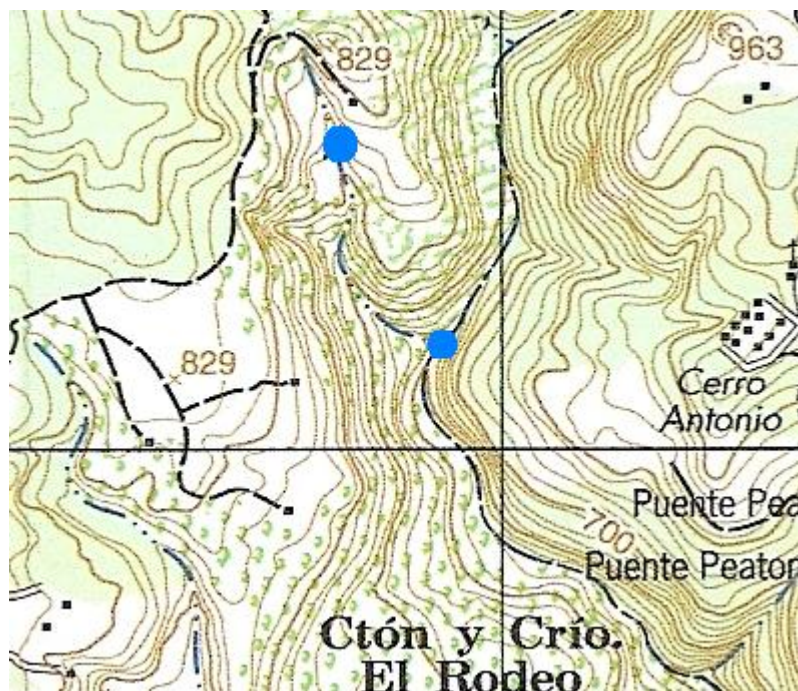


Figura 3.5.3.1. Ubicación de la quebrada Las Marías, tributaria del río Las Marías.

#### 3.5.4 Ensayos físico-químicos de la calidad del agua.

3.5.4.1 Calidad del agua de la quebrada Las Marías, generalmente evaluada y basada en parámetros físico-químicos tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH y la concentración de sólidos disueltos totales, etc. Estos parámetros cambian rápidamente en respuesta a la actividad microbiológica en el agua de la quebrada y actividad antrópica aguas arriba, por lo que se recomienda la toma muestras para análisis en un laboratorio, determinando lo siguiente:

- a. Temperatura. En el entorno de la quebrada se estima temperatura promedio de 22 °C que interacciona entre la atmósfera y la flora que la rodea.
- b. Oxígeno disuelto. Relativamente alto, debido a que existe un intercambio de gases con la atmósfera, lo que promueve concentraciones cerca al nivel de saturación. También, la

actividad fotosintética, durante las horas del día, aumenta la concentración de oxígeno.

- c. El pH. Se mide en una escala del 1 a 14. Valores altos de pH ( $> 7$ ) sugieren condiciones alcalinas, mientras que un bajo pH ( $< 7$ ) sugiere condiciones ácidas. Para el caso de la quebrada Las Marías, las concentraciones se encuentran cerca de 7 y sugieren condiciones de equilibrio.
- d. Concentración de sólidos disueltos totales (TDS). Una baja concentración de TDS, sugiere una baja concentración de iones en solución, lo cual podría asociarse, en ocasiones, a no existencia de problemas de contaminación.

Para el caso de la quebrada Las Marías, la tabla 3.5.4.1.1 muestra los análisis y resultados realizados.

Tabla 3.5.4.1.1. Análisis y resultados de la fuente de abastecimiento de agua superficial, quebrada Las Marías.

| Análisis.   | Parámetro.                | Resultados.            | Limite.  |
|-------------|---------------------------|------------------------|--|
| Toxológico. | Nitrato                   | No detectable          | 10 mg/l  |
| Físico.     | Temperatura               | 20.5                   | 18°C a 30°C  |
|             | Apariencia                | Clara,<br>transparente | No rechazable  |
| Químicos.   | pH <sup>26</sup>          | 7.6                    | 6.0 – 8.5  |
|             | Sólidos totales disueltos | 93.3                   | 300 mg/l a 600 mg/l                                      |
|             | Dureza total              | 60.2                   | 100 mg/l a 400 mg/l                                      |
|             | Sulfatos                  | 1.98                   | 400 mg/l   |
|             | Cloruros                  | 0.15                   | 25 mg/l a 250 mg/l                                       |
|             | Hierro total              | 0.072                  | 0.05 mg/l a 0.30 mg/l                                    |
|             | Manganeso total           | 0.024                  | 0.05 mg/l a 0.10 mg/l                                    |
|             | conductividad             | 143.7                  | 500 a 1600 $\mu$ mos/cm                                  |
|             | Fluoruros*                | 0.083                  | Límite inferior: 0.7 mg/l:<br>límite superior: 1.2 mg/l. |

\*Temperatura media y máxima del año 17.7 °C – 21.4°C.

<sup>26</sup> Ensayo practicado a 20.5°C.

### 3.6 Características de la Geomembrana.

Los materiales más comunes empleados en la fabricación de geomembranas son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el cloruro de polivinilo (PVC), ambos, contienen aditivos que permiten mejorar el desempeño de estos materiales con los espesores apropiados. En la tabla 3.5.1, se presentan sus principales características. La geomembrana en el proyecto del reservorio su composición, espesor y propiedades físicas cumplirán las especificaciones propias de material y requisitos para actuar como membrana impermeabilizante. Muy resistente a todo intemperismo, incluyendo la amenaza antrópica.

Tabla.3.6.1. Características generales de geomembranas sintéticas.

| Material. | Aditivos.                      | Ventajas.  | Desventajas.                      |
|-----------|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| HDPE.     | Antioxidantes y protección UV. | Dureza, resistencia a los aceites y productos químicos, baja permeabilidad, resistencia a la intemperie y altas temperaturas.  | Poca resistencia a la punción.    |
| PVC.      | Plastificantes.                | Resistencia a la punción, abrasión y elongación, buena flexibilidad, resistencia a los inorgánicos, fácil de soldar y reparar. | Poca resistencia a los orgánicos. |

#### 3.6.1 Requisitos de las Geomembranas.

Los requisitos que deben cumplir estas barreras sintéticas son:

- a) Resistencia a químicos, clima y microorganismos.
- b) Flexibilidad, dureza y elasticidad.
- c) Fácil de instalar, reparar y cambiar cuando fuese necesario.

#### 3.6.2 Las geomembranas de Polietileno se clasifican en dos grupos:

- a) Geomembranas de LLDPE ó VFPE (Lineal Low Density Polyethylene o Very Flexible Polyethylene).
- b) Geomembranas de HDPE ( High Density Polyethylene).
  - a. Geomembranas de Polietileno, de Alta Densidad (HDPE). Su densidad es mayor que  $0.94 \text{ g/cm}^3$ . Su principal uso es la impermeabilización y almacenamiento de líquidos y sólidos. Esta posee gran resistencia química y excelentes propiedades mecánicas, además, contiene 2.00 % a 3.00 % de negro de humo, lo que la hace resistente a la radiación ultravioleta. Tienen una

aplicación generalizada en agricultura, construcción y minería como elemento de contención de líquidos, como revestimiento, por ejemplo, en pilas de lixiviación, depósitos, canales, embalses, reservorios y estanques de almacenamiento. Este tipo de geomembranas, son resistentes a una amplia gama de productos químicos, incluyendo ácidos, sales, alcoholes, aceites e hidrocarburos. Estos productos químicos pueden actuar concentrados y diluidos a diferentes temperaturas. Se presentan en rollos de 7.00 m de ancho, calibres entre 0.50 mm y 5.00 mm y longitudes entre 381.00 m y 156.00 m respectivamente. Normalmente, se garantiza su duración hasta por 25 años con evidencia que puede durar ese período.

- b. La instalación de la geomembrana. Se realiza totalmente en obra, los rollos que pesan 1.50 toneladas, se extienden usando métodos que no ocasionen daños, estiramientos o cizalladuras o rayaduras y raspaduras superficiales al material. La inspección continua verificará esta situación durante su instalación. Ver figura 3.6.2.1.



Fig. 3.6.2.1. Rollos de Geomembrana e instalación de Geomembrana.

- c. Recomendaciones para la instalación de la geomembrana.
1. El personal que camine sobre la geomembrana estará provisto de zapatos y ropa adecuada, para no ocasionar daños.
  2. Sólo se permitirá el acceso de personal autorizado al perímetro de trabajo.
  3. Por ninguna circunstancia se permitirá que el personal fume dentro del perímetro de trabajo de la geomembrana o existencia de flama o braza de algún tipo, incluyendo fósforos o encendedores fáciles de accionar la combustión del material y se puede ocasionar un desastre..
  4. El tránsito directo, de cualquier equipo diferente al utilizado en la instalación estará totalmente prohibido.
  5. Reparaciones. Cuando se presenten defectos, huecos, cizallamientos o roturas y punzadas, se procederá a realizar las reparaciones mediante la colocación de un parche del mismo material utilizando equipo de extrusión.
  6. La superficie a recubrir debe estar perfilada, compactada, taludes definidos libre de raíces, rocas angulosas, piedras mayores que 2.5 cm de diámetro que puedan cortopunzar la geomembrana, no deben presentar depósitos de agua, suciedad o humedad excesiva.
  7. La empresa verificará condiciones del terreno para aceptarlas y aprobarlas cuando el contratante informe sobre la culminación de las tareas de adecuación.
  8. Si presenta niveles freáticos altos y presencia de gases, se debe colocar previa a la impermeabilización un sistema de drenaje que elimine este aspecto.

### 3.6.3 Aplicaciones en ingeniería ambiental, geotécnica e hidráulica.

Las Geomembranas son ideales para el control de filtraciones por su muy baja permeabilidad ( $10^{-10}$  a  $10^{-12}$  cm/seg) que le permite actuar como barrera al paso de fluidos y gases.

1. Lodos petroleros. Los lodos de perforación, compuestos por bentonita, trazas de petróleo y agua, forman un líquido viscoso muy contaminante por lo que debe ser tratado en lagunas impermeabilizadas con geomembranas sintéticas antes de su disposición final.
2. Lagunas de oxidación. Con geomembranas sintéticas se evita la filtración de aguas residuales, a través del suelo antes que estos puedan contaminar fuentes de agua subterránea.
3. Rellenos sanitarios. Por su flexibilidad y gran resistencia química y bacteriológica, la impermeabilización de rellenos sanitarios con geomembranas sintética, evita que el lixiviado generado de la composición de la basura contamine el suelo y fuentes de agua subterránea.

### 3.7 Distribución de agua potabilizada, salida, distribución y conducción.

El agua a potabilizar se tomará desde la quebrada Las marías que pasa cerca del cantón y caserío El Rodeo, con el fin de aprovechar la elevación, 650 m.s.n.m, de la quebrada que favorece las presiones necesitadas y desarrollar el proyecto por acción de la gravedad, desde ahí, se establecerá la ruta menos accidentada para llegar a la colonia Acaem (que posee variaciones en elevación de 550.00 m.s.n.m., 600.00 m.s.n.m. y 650.00 m.s.n.m.) con una tubería galvanizada de 6 pulgadas de diámetro, en los puntos más críticos<sup>27</sup>, por ejemplo, paso de quebradas, luego se llega con dirección paralela a la carretera CA 7, donde se continua hasta el caserío Copinolar (550.00 m.s.n.m) y Cutuco (550.00 m.s.n.m.) con una tubería de PVC de 4 pulgadas, donde se construye el reservorio enterrado de 17,000 m<sup>3</sup> y junto a este,

---

<sup>27</sup> Ver capítulo 4, inciso 4.2.1 e).

la planta de tratamiento de agua superficial. Ver figura 3.7.1. En el caserío Cutuco, se construirán dos tanques uno de 300.00 m<sup>3</sup>, uno de 150.00 m<sup>3</sup> y otro de 100.00 m<sup>3</sup>, este último, abastecerá a los caseríos Copinolar y Cutuco, además, para estos caseríos se establece una planta de tratamiento, independiente, debido a las condiciones topográficas propias de la zona. Después, se realizan dos ramificaciones independientes desde el tanque de 300.00 m<sup>3</sup>, con tuberías de 4 pulgadas. La primera tubería de 4 pulgadas partirá desde el tanque de almacenamiento de 300.00 m<sup>3</sup> y llegará directamente al caserío el Barrial, siguiendo la ruta paralela de la carretera CA 7, y luego continuará por la ruta menos accidentada, hasta llegar al caserío Barrial, donde se construirá un tanque de 100.00 m<sup>3</sup> que servirá como almacenamiento y permitirá distribuir el agua potable a los caseríos de Barrial y Guajiniquil con una tubería de 4 pulgadas. La segunda tubería de 4 pulgadas, transportará el agua desde el tanque de almacenamiento de 300.00 m<sup>3</sup> hasta el caserío San Luís, donde existe un tanque de almacenamiento de 150.00 m<sup>3</sup> y podrá dar abasto a San Luís, Poza Honda, y los Hatos 1 y 2, con una tubería de 4 pulgadas. Se utilizará tubería galvanizada en puntos críticos, por ejemplo, salida de la bocatoma y pasos de quebradas vecinas y tuberías de PVC en puntos menos accidentados y enterrados a profundidad de 40 cm. Asimismo, se colocan purgas de agua en los pasos de quebradas y purgas aire en puntos estratégicos para controlar la presión que se genera en estos sistemas, por ejemplo, purgas de agua a cada paso de quebrada y purgas de aire a cada 3 km. La desinfección del agua se realizará en cada uno de los tanques de almacenamiento y se determinará por prueba y error hasta alcanzar el cloro residual establecido por el Ministerio de Salud y ANDA. Un esquema sin escala de la fuente y la captación, está indicado en la figura 3.2.2.2.1, así mismo, la posición de los tanques respecto a la fuente, para captación o distribución, se indica en la tabla 3.7.1 y la figura 3.7.1 y 3.7.2.

Tabla 3.7.1. Indicando las diferencias de elevación entre caseríos y la fuente de abastecimiento.

| Sitio.                   | Elemento del sistema.   | Elevación, m.s.n.m. | Diferencia de elevación entre caseríos, m.s.n.m | Diferencia de elevación con respecto a la fuente de abastecimiento, m.s.n.m | Diámetro en pulgadas, Ø |
|--------------------------|---|---------------------|---|---|-------------------------|
| Fuente de abastecimiento | Bocatoma.   | 650                 | -   | 0   | 6                       |
| Cutuco.                  | Reservorio, tanque de almacenamiento, distribución y plantas de filtración. | 550                 | 0   | 100   | 4 y 6                   |
| Copinolar.               | -   | 550                 | 50  | 100   | 4                       |
| San Luís.                | Tanque de distribución.   | 500                 | 50  | 150   | 4                       |
| Barrial.                 | Tanque de distribución.   | 450                 | 0   | 200   | 4                       |
| Guajiniquil.             | -   | 450                 | 50  | 200   | 4                       |
| Poza honda.              | -   | 400                 | -50   | 250   | 4                       |
| Los hatos 2              | -   | 450                 | 50  | 200   | 4                       |
| Los hatos 1              | -   | 400                 |   | 250   | 4                       |



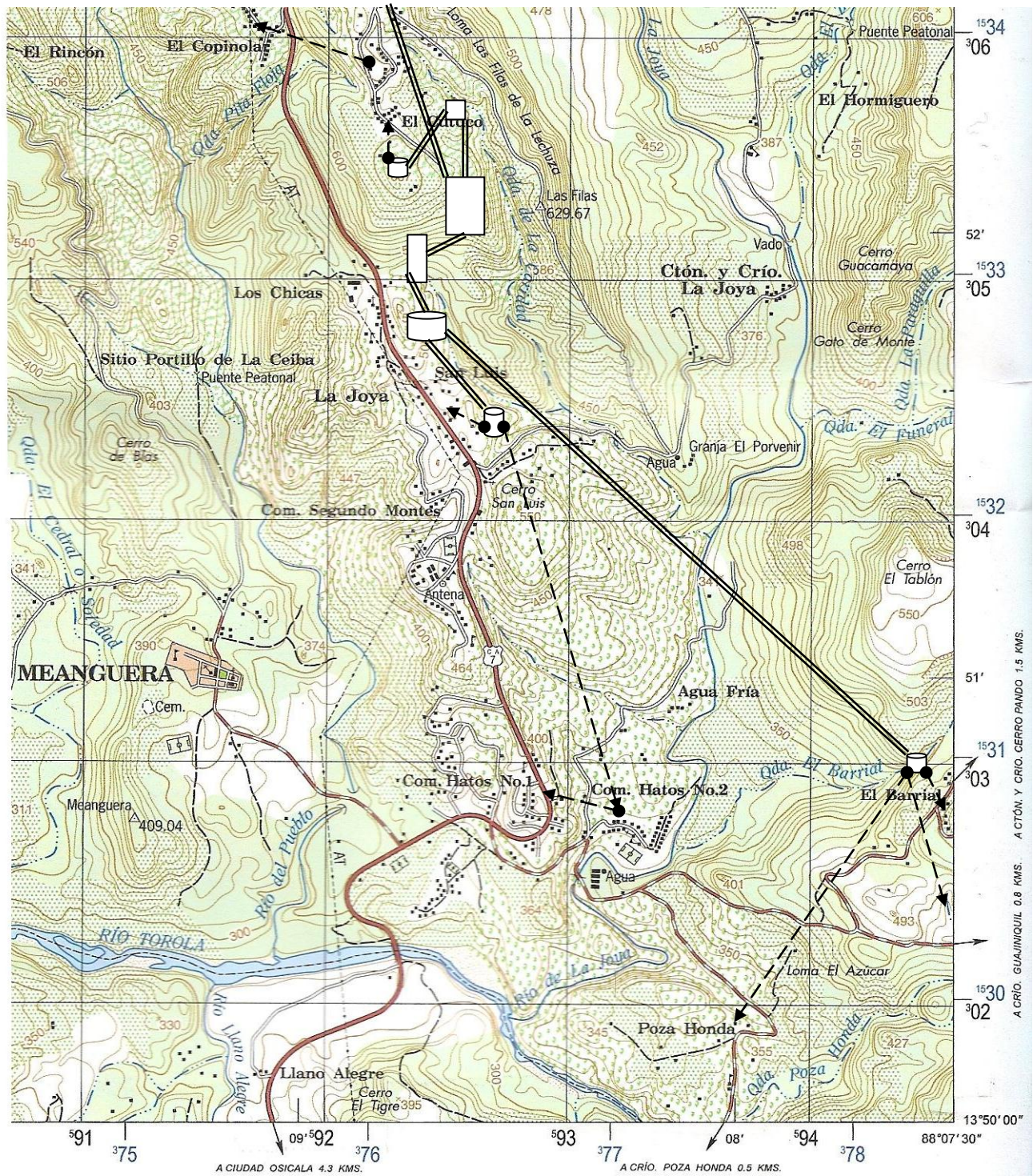


Figura. 3.7.1. Esquema del sistema de distribución de agua por gravedad, artefactos o tanques y plantas y líneas de conducción y entronques. Trayectoria que siguen en el área indicada.



### 3.7.1 Conclusiones.

- Se tienen buenas condiciones naturales para la realización del proyecto de Potabilización de agua para distribuir por gravedad a los caseríos que conforman la comunidad Segundo Montes.
- Los procesos de filtración y desinfección aplicados al agua de la quebrada Las Marías, se espera que resulten ser suficientes para potabilizar el agua y proporcionarla de forma domiciliar a los habitantes de la comunidad Segundo Montes.
- Al utilizar el agua de la quebrada Las Marías, los costos para conducción hacia el almacenamiento y filtrado aumentan, en cuanto a las tuberías y accesorios utilizados, sin embargo, resulta más económico en cuanto a mantenimiento y operación se refiere, ya que al utilizar un sistema de bombeo desde una quebrada de agua más cercana, pero más baja en elevación con respecto a la comunidad, los costos son mayores, así como el mantenimiento continuo del sistema de bombeo.
- Utilizar el punto caserío Cutuco, como centro de operaciones principales, por ejemplo, colocación del reservorio enterrado, planta de filtración, tanque de almacenamiento, etc, esta área resultaría beneficiosa, ya que es el caserío con una elevación de 550.00 m.s.n.m mayor que San Luís 500.00 m.s.n.m, Barrial 450.00 m.s.n.m, Guajiniquil 400.00 m.s.n.m, Posa Honda 400.00 m.s.n.m, los Hatos 1, 400.00 m.s.n.m y los Hatos 2, 450.00 m.s.n.m, a excepción del caserío Copinolar, que junto a Cutuco, están a la misma elevación de 550.00 m.s.n.m, y se establecería una planta de filtración y tanque de distribución independiente para ellos, por condiciones topográficas existentes.
- Al construir un segundo reservorio de 35,000 m<sup>3</sup> junto al de 17,000 m<sup>3</sup> podría proporcionarse el servicio de agua potable a unas 2,000

familias de la zona y se cubriría además la tasa de crecimiento poblacional que es de 1.6 %.

- Las aguas subterráneas no se contaminarían, ya que no se entraría en contacto con ellas por no encontrarse el nivel freático en el estudio de suelos realizado.

### 3.7.2 Recomendaciones.

- Cuando se coloque la tubería principal de distribución en el sistema, debe seguirse la ruta menos accidentada, con el fin de evitar excesos de presión en la tubería, lo que podría provocar daños físicos y servicio deficiente en el sistema.
- Con el fin de evitar cambios bruscos de presión en la tubería principal, colocar, en puntos estratégicos, purgas de aire y lodos, por ejemplo, purgas de lodos en quebradas vecinas.
- En el paso de quebradas vecinas, se debe colocar tubería galvanizada apoyada sobre pilotes que se encuentren empotrados al suelo y cuenten con obras de protección de deslizamientos de tierra y socavación de la base.

### Bibliografía.

- Información y criterios proporcionados por el Dr. Luís Boigues, representante de SABES, en el país.
- [http://luq.lternet.edu/outreach/schoolyard/Activities/2006Internship/Reports/Taller\\_Schoolyard\\_](http://luq.lternet.edu/outreach/schoolyard/Activities/2006Internship/Reports/Taller_Schoolyard_)
- <http://www.iwla.org/sos/>
- [http://www.aguasabes.org/pages/sistemas\\_agua.htm](http://www.aguasabes.org/pages/sistemas_agua.htm)
- [sabes.agua@integra.com.sv](mailto:sabes.agua@integra.com.sv)
- Informe de finalización del proyecto piloto “diseño, construcción y sostenibilidad de un reservorio de agua lluvia en villa el rosario, departamento de Morazán”

- [www.inia.gob.pe/boletin/boletin0008/RESERVORI...tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html](http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0008/RESERVORI...tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html)
- [www.unizar.es/fnca/america/index2.php?idioma=es&x=01](http://www.unizar.es/fnca/america/index2.php?idioma=es&x=01)

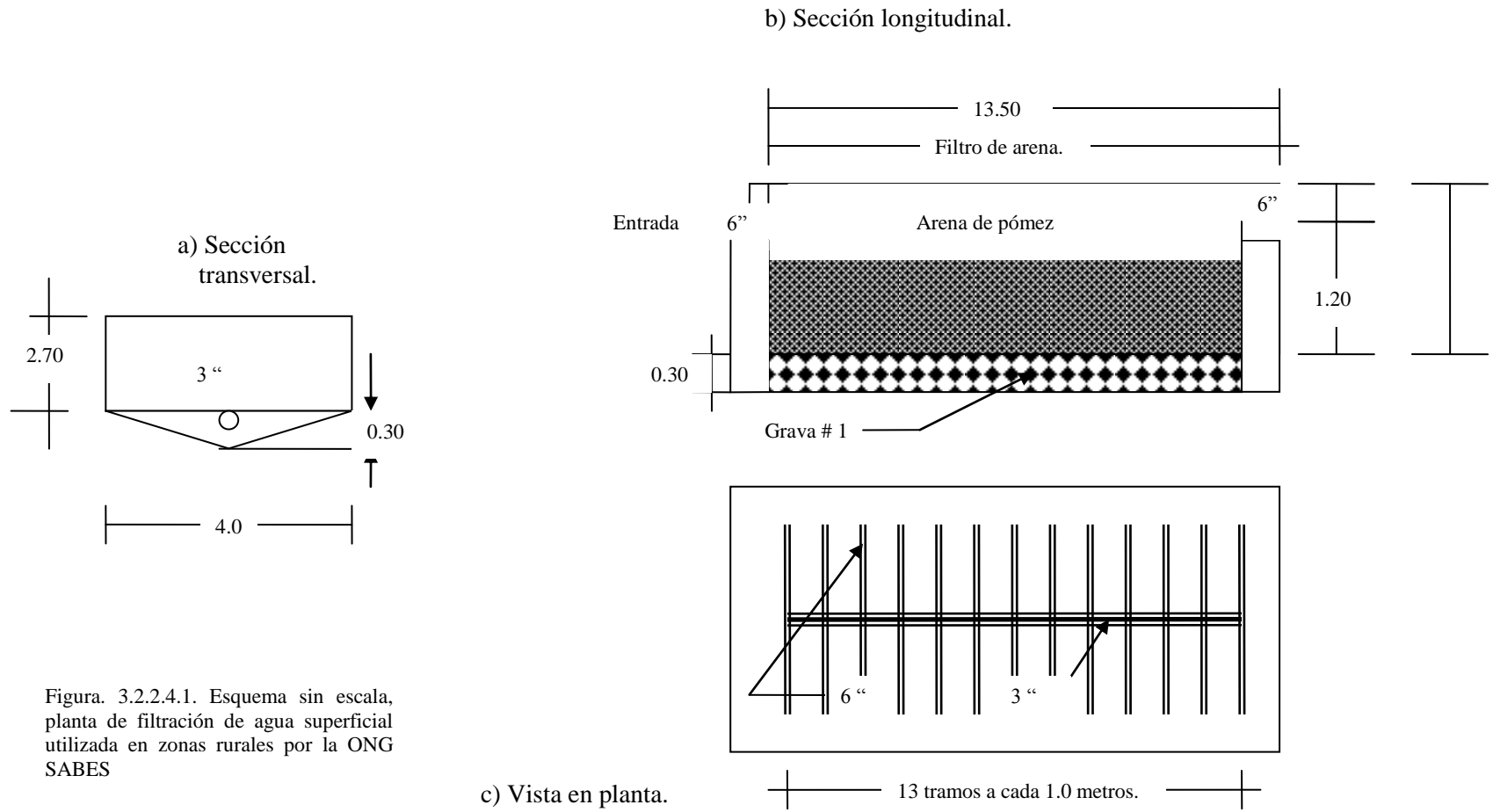


Figura. 3.2.2.4.1. Esquema sin escala, planta de filtración de agua superficial utilizada en zonas rurales por la ONG SABES

c) Vista en planta.

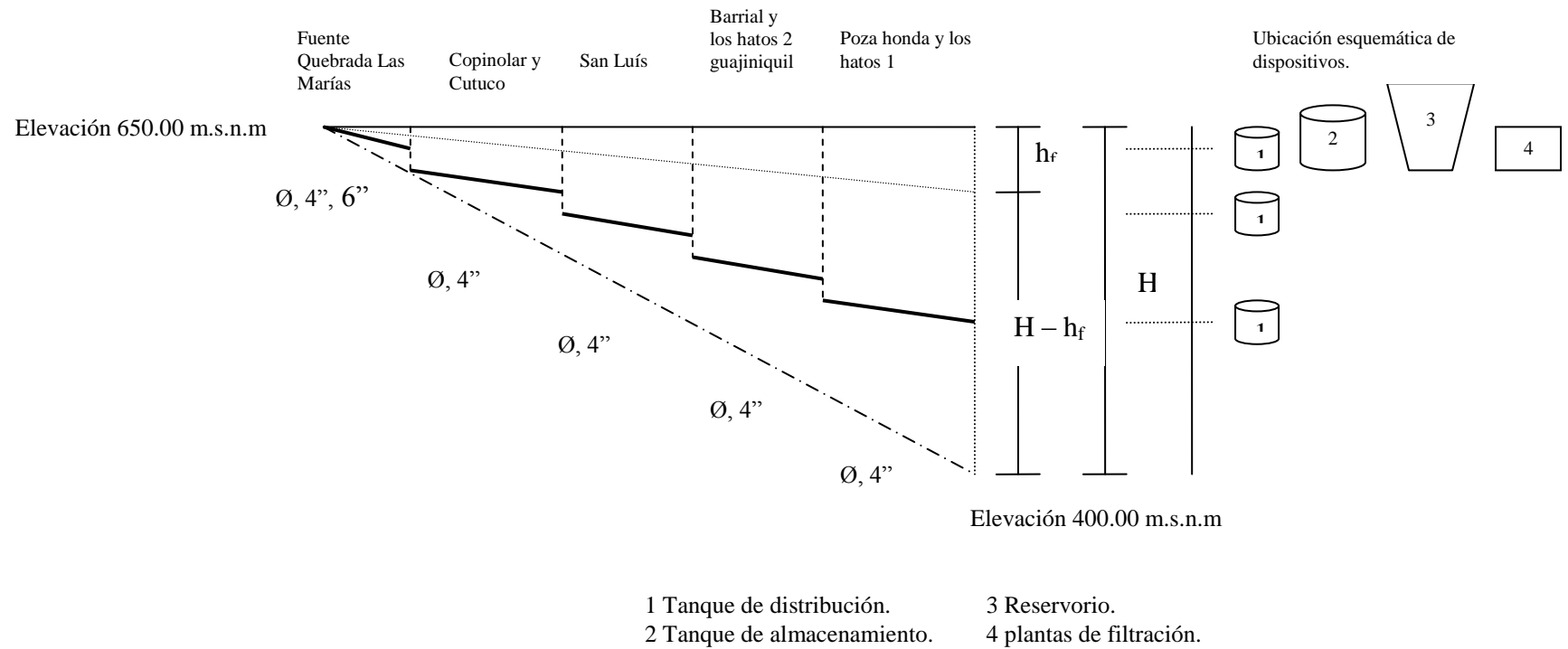


Figura 3.7.2. Esquema de cargas de presión sobre el sistema de agua potable, en la comunidad Segundo Montes.

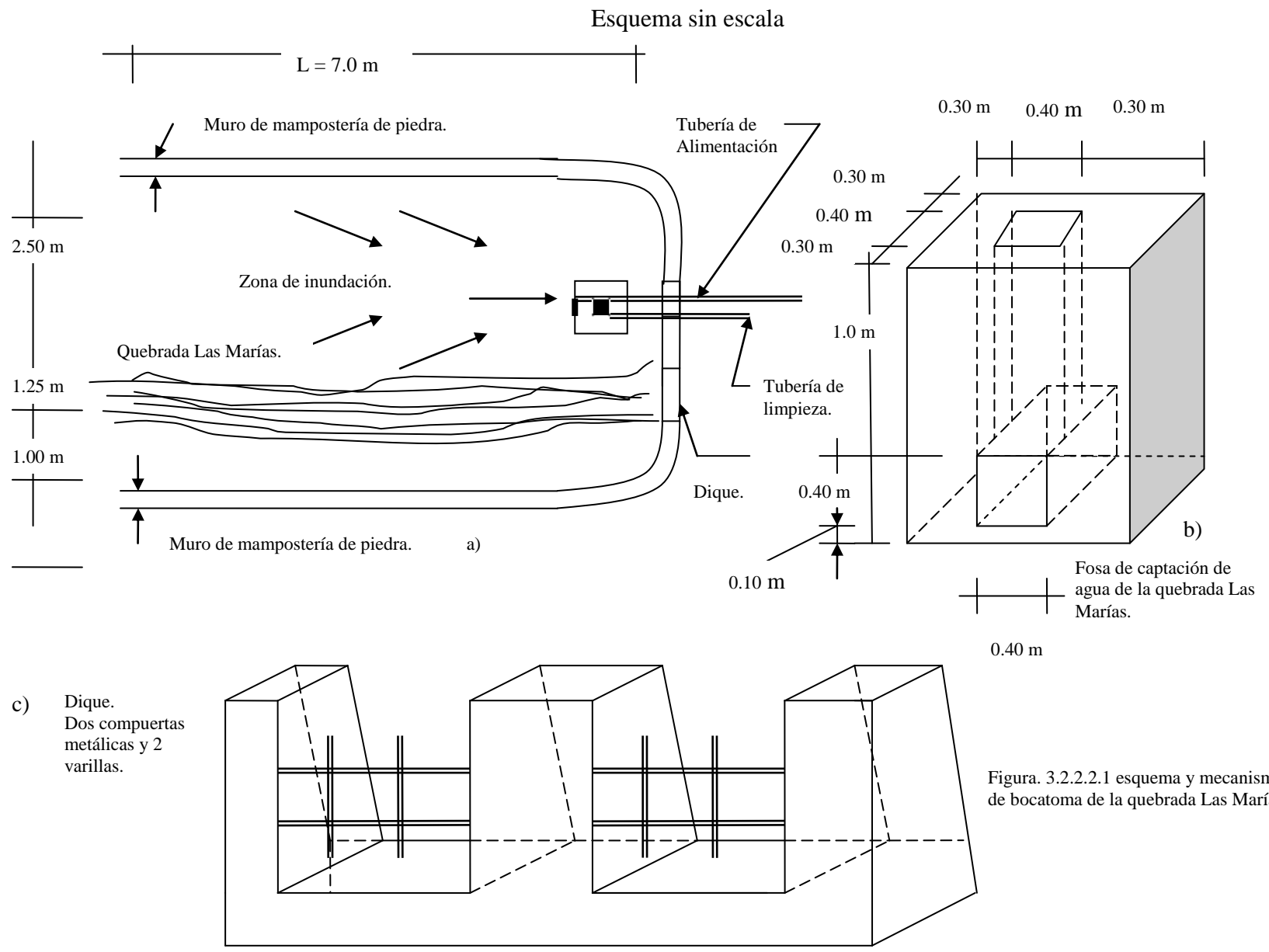


Figura. 3.2.2.2.1 esquema y mecanismos de bocatoma de la quebrada Las Marías.

# **Capítulo IV**

## **Bases técnicas.**



## 4. Capítulo IV: Bases técnicas.

### 4.1 Introducción.

El proyecto del sistema de agua potable abastecido con agua de la quebrada Las Marías con agua superficial, permanente y distribuido por gravedad requiere de normas técnicas que dicten los parámetros a muestrear en la calidad de agua de la fuente de abastecimiento para establecer tratamientos respectivos y hacerla apta para consumo humano. Asimismo, es importante desarrollar las especificaciones de cada componente del sistema y equipos necesarios para realizar los monitoreos al agua y sistema en general, para que después se formule la carpeta técnica que requeriría el FISDL en caso de desarrollar el proyecto con fondos del Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local para el Salvador.

### 4.2 Normas técnicas.

El agua potable contaminada origina las enfermedades, en los países subdesarrollados y en países desarrollados. El MSPAS<sup>28</sup>, establece la Norma Salvadoreña Obligatoria ratificada el 26 de junio de 1,998, donde asegura la calidad del agua potable en zonas rurales y urbanas. Las normas establecen criterios de calidad y requisitos básicos que orientan a realizar actividades relacionadas con el consumo de agua segura.

4.2.1 Calidad del agua potable. La Norma Salvadoreña Obligatoria fue aprobada como NSO<sup>29</sup> 13.07.01.'97, elaborada por CONACYT<sup>30</sup>, la cual hizo una adaptación de la Guía para la calidad del agua potable de la OMS<sup>31</sup>. Esta norma tiene por objeto establecer valores recomendados para la calidad del agua, procedimientos, registros, frecuencia mínima de muestreos y métodos

---

<sup>28</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

<sup>29</sup> Norma Salvadoreña Obligatoria.

<sup>30</sup> Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

<sup>31</sup> Organización Mundial de la Salud

estandarizados. En la tabla 4.2.1.1 se muestran los valores recomendados por la NSO 13.07.01. '97 para establecer la calidad del agua potable en zonas rurales y urbanas.

Tabla 4.2.1.1 Valores establecidos para agua potable.

| Parámetros                | Unidad                   | Valor recomendado | Valor máximo admisible |
|---------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|
| Color aparente            | -                        | NR                | -                      |
| Color verdadero           | mg/l<br>(Pt- Co)         | -                 | 1                      |
| Conductividad             | µmho/cm a 25<br>°C       | 500               | 1,600                  |
| Olor                      | Nº de umbral<br>de olor  | NR                | 3                      |
| pH                        | -                        | 6.0 – 8.5         | -                      |
| Sabor                     | Nº de umbral<br>de sabor | NR                | 1                      |
| Sólidos totales disueltos | mg/l                     | 300               | 600                    |
| Temperatura               | °C                       | 18 a 30           | NR <sup>+</sup>        |
| Turbidez                  | UNT                      | 1                 | 5                      |

Fuente. Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad de agua potable (NSO 13.07.01. '97).

4.2.1.1 Para reservorio sin contaminación propia. El almacenamiento hermético y el agua sólo permanece en contacto por la geomembrana sin contaminantes, cuya especificación garantizan esta condición como lo indica la tabla 4.2.1.1.1 basado en las normas de la A.S.T.M para este material con propósito de salud humana.

Tabla. 4.2.1.1.1 Geomembrana HDPE.

| Propiedades ensayadas.                                | Método de ensayo                               | frecuencia  | Valor mínimo. |
|---|--|-------------|---------------|
| Espesor milímetros.                                   | ASTM D5199                                     | Cada rollo. | 1.40          |
| Densidad, gr/cm <sup>3</sup> .                        | ASTM D1505                                     | 200,000 lb. | 0.94          |
| Resistencia a la tracción,<br>(cada dirección).       | ASTM D6693, tipo<br>IV                         | 20,000 lb.  | 243           |
| Resistencia a la rotura, lb. /in.                     | Dumbell, 2 ipm                                 |             |               |
| Resistencia a la fluencia, lb.<br>/in.                |  |             |               |
| Elongación a la rotura, %.                            | G.L. 2.0 in<br>(51 mm).                        |             |               |
| Elongación a la fluencia, %.                          | G.L. 1.3 in (33<br>mm).                        |             |               |
| Resistencia al desgarro, lb.                          | ASTM D1004                                     |             |               |
| Resistencia al punzonamiento,<br>lb.                  | ASTM D4833                                     | 45,000lb    | 119           |
| Contenido de negro humo.                              | ASTM D1603                                     | 20,000lb.   | 2.0           |
| Dispersión de negro humo.                             | ASTM D5596                                     | 45,000 lb.  | + nota 1      |
| Resistencia al agrietamiento<br>(carga, etc.), horas. | ASTM D5397                                     | 200,000 lb. | 400           |
|   |  |             |               |
| Propiedad en referencia.                              | Método de ensayo.                              | Frecuencia. | Valor mínimo. |
| Tiempo de inducción a la<br>oxidación, minutos.       | ASTM D3895, 200<br>°C; O <sub>2</sub> , 1 atm. | 200,000 lb. | > 100         |
| Longitud del rollo,<br>aproximado en ft.              |  |             | 689           |
| Anchura del rollo, ft.                                |  |             | 23            |
| Área del rollo, ft <sup>2</sup> .                     |  |             | 15,847        |

- + nota 1: la dispersión aplica únicamente a los aglomerados esféricos cercanos.
- Este tipo de geomembranas esta disponible en rollos que pesan cerca de 4,600lb.
- La geomembrana tiene una estabilidad dimensional de  $\pm 2\%$  cuando son probadas con la norma ASTM D 1204 y LTB de 77°C cuando son probadas con la norma ASTM D 746.

### 4.3 Especificaciones técnicas.

La evaluación del sistema de agua potable requiere que se cumplan las condiciones mínimas para consumo humano y establecer de esta manera el buen funcionamiento del sistema en general, en caso de no cumplir, se deberá reevaluar los tratamientos practicados a la potabilización del agua, mediante un tratamiento más completo, a efectos de su cumplimiento. Para el sistema de agua potable abastecido de agua superficial en la comunidad Segundo Montes, las especificaciones son las siguientes:

#### 4.3.1 Componentes del sistema.

- a) Fuente de abastecimiento agua superficial. Se realizarán los ensayos necesarios descritos en capítulo 3, inciso 3.4.4 y cumplirán los parámetros de la tabla 3.4.4.1 cada mes.
- b) Gaviones. Deben estar a una distancia medida desde la bocatoma de 10 m, 30 m y 50 m y permitirán quitar los sólidos suspendidos de mayor tamaño en el agua, luego de haber realizado un dragado a esta quebrada.
- c) Dique frontal. Debe proporcionar la inundación adecuada de agua en el área hidráulica de la bocatoma, con la ayuda de dos compuertas metálicas para control. Ver figura 3.2.2.2.1, página 135.
- d) Bocatoma. Conducirá el agua de la quebrada al sistema en general, además, cuenta con la tubería principal, tener una tubería de limpieza y realizarla por lo menos una vez a la semana. Ver capítulo 3 inciso 3.2.2.2.
- e) Línea de conducción y accesorios de control. Se debe utilizar tubería galvanizada en pasos de quebradas vecinas y casos semejantes. Se permite tubería de PVC, en casos donde sea posible enterrarla y protegerla de vandalismo. Se debe contar con válvulas de control, purgas de lodos y purgas de aire para

controlar el ingreso de agua al sistema y sus elementos, asimismo, controlar la presión del sistema en general, ubicadas estratégicamente.

- f) Reservorio o sedimentador. Debe cumplir con el diseño propuesto en el capítulo 3, incisos 3.2.1, 3.2.2.3, tabla 3.3.1.1 y figura 3.2.2.2. Almacena el agua y sedimenta los sólidos suspendidos.
- g) Planta de tratamiento de filtración lenta con arena. Deberá cumplir lo dictado en el capítulo 3, inciso 3.2.2.4 y la figura 3.2.2.4.1 página 133.
- h) Tanque de almacenamiento y distribución. Serán de concreto reforzado y se realizará la desinfección en cada uno, antes de distribuir el agua y cumplirá con lo escrito en el capítulo 3, incisos 3.1.2 y 3.2.2.6.
- i) Desinfección. La desinfección puede realizarse con pastillas de cloro, cal clorada o lejía, en cada tanque de distribución al momento de llenarlos. Las dosis recomendadas son las siguientes:
  - a. Pastillas de cloro "HTH"(70% de cloro). Se aplicará como sigue:
    - i. Tanque de  $100 \text{ m}^3 = 1,600$  pastillas\*
    - ii. Tanque de  $150 \text{ m}^3 = 2400$  pastillas\*

\*pastillas de 0,24gr. Para otra presentación, adecuar las recomendaciones según prescripción del fabricante.

Es conveniente preparar una solución previa y concentrada en una jarra de agua para facilitar su aplicación.
  - b. Cal clorada (30% de cloro).

Preparar una solución colocando dos cucharas y media de cal clorada en una botella de 1 litro, luego llenarla con agua y mezclar bien. El sedimento remanente es sólo cal.

El líquido sobrenadante es el que se utiliza para desinfectar. Todo tipo de material sedimentable se debe desechar. Las dosis son las siguientes:

- i. Tanque de  $100 \text{ m}^3 = 20$  litros.
- ii. Tanque de  $150 \text{ m}^3 = 30$  litros.

La desinfección del agua en los tanques se realiza vertiendo la solución desinfectante antes del llenado. El objetivo es producir una buena mezcla entre el desinfectante y el agua.

- c. La lejía (o blanqueador).

Se emplea la dosis directamente de acuerdo con lo siguiente:

- i. Tanque de  $100 \text{ m}^3 = 300$  cucharadas de lejía
- ii. Tanque de  $150 \text{ m}^3 = 450$  cucharadas de lejía

Una vez realizada la desinfección, se tapan para evitar la contaminación exterior. La limpieza, de los tanques, debe realizarse como máximo cada tres meses.

#### 4.4 Equipos utilizados.

Los equipos utilizados en campo, tendrán como función principal servir como herramientas necesarias para garantizar la calidad sanitaria del agua, funcionamiento y mantenimiento óptimo del sistema, controlar el nivel de contaminación del agua de la fuente, toma de decisiones y criterios en casos de correcciones, etc.

##### 4.4.1 Aparatos utilizados en campo.

- a. Comparador de pH. Se utiliza para medir el pH del agua. Método colorimétrico. Ver figura 4.3.1.
- b. Comparador de cloro. Se utiliza para medir la concentración de cloro residual en el agua que ha sido desinfectada con él.
- c. Termómetro de mercurio. Mide la temperatura desde  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta  $110^{\circ}\text{C}$ .

d. Otros:

- Frascos para tomar muestras.
- Hielera con hielo.

4.4.2 Material necesario para realizar el muestreo del agua en campo del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad Segundo Montes.

- a) Inventario de puntos de muestreo.
- b) Lista de parámetros a monitorear en cada punto de muestreo, especificando, si deben realizarse directamente en campo o laboratorio.
- c) Hojas de campo. (Estadillos).
- d) Bolígrafo y libreta de campo.
- e) Tabla para apoyar las hojas en que se realizan las anotaciones de campo.
- f) Aparatos de campo:
  - Comparador de pH.
  - Comparador de cloro (completo con tapones y suficiente fenol rojo para realizar la prueba de pH y las pastillas para medir cloro residual, etc.).
  - Termómetro de mercurio.
- g) Frascos de vidrio estériles para muestras bacteriológicas y
- h) físicas-químicas.
- i) Hielera con hielo para transportar las muestras al laboratorio.
- j) Cinta adhesiva para etiquetar los frascos y plumón permanente para rotularlos adecuadamente.
- k) Bolsas plásticas para cubrir la etiqueta de los botes y evitar que se borre la identificación de la muestra.



Figura. 4.2.1. Comparador de pH y cloro, utilizado en campo

- 4.4.3 Compuertas metálicas. Las compuertas se manejarán de forma manual y se utilizarán para confinar o dar paso al agua de la quebrada e inundar la caja de captación de agua ubicada en la bocatoma de la fuente de abastecimiento. El agua confinada a cielo abierto ingresa a la tubería principal de conducción que posee válvula de control. Ver figura 4.4.3.1



a) vista del lado interno de la zona de inundación. b) vista del lado externo de la zona de inundación.

Figura 4.4.3.1. Ubicación de compuertas metálicas en bocatoma.

- 4.4.4 Válvulas de retención horizontal o válvula check. Esta válvula permitirá el ingreso de agua al sistema en general y elementos de almacenamiento, distribución, plantas de filtración y sedimentación. Ver figura 4.4.4.



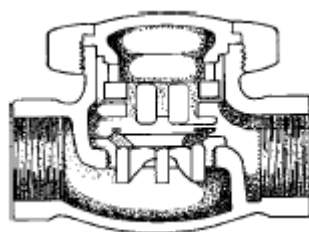


Figura. 4.4.4.1 Válvula de retención horizontal

#### 4.4 Carpeta técnica.

La carpeta técnica establecida, representa una síntesis de los requisitos requeridos por el FISDL, para formular el anteproyecto y proyecto en general, que seguirán para las distintas gestiones administrativas financieras y la ejecución del proyecto para cuando se apruebe y garantice la ejecución por lo que se desarrollan todos los estudios y tramites necesarios, por ejemplo, programa de formulación y trabajo, estudios del suelo, bases de diseño, trazos geométricos preliminares. La carpeta técnica, además, comprende formatos establecidos con información básica necesaria para la formulación y ejecución del proyecto, estos describen aspectos sobre la información general, factibilidad, diagnóstico económico, trámites, ficha simplificada de estudio de impacto ambiental y costo estimado del proyecto, responsabilidades, que en este caso lo desarrolla la Cooperación Española, por medio de SABES, interviene la alcaldía de Meanguera y la ayuda de la comunidad Segundo Montes.

##### 4.4.1 Carpeta técnica del proyecto de la comunidad Segundo Montes.

Las inversiones hechas por las municipalidades en agua y saneamiento, la mayor parte provienen de fondos del FISDL constituyendo 6% del presupuesto nacional, el cual es transferido por el gobierno central a todos los municipios. Las ONG's, también aportan como ayuda internacional al país, por ejemplo, SABES, trabajan directamente con municipalidades y comunidades, dando asistencia técnica en servicios de agua en las zonas rurales,

principalmente. La Cooperación Española, por medio de SABES, ayuda a resolver poco a poco esta deficiencia en zonas rurales. La gerencia de sistemas rurales de ANDA tiene un equipo para dar asistencia a los proyectos del ex- PLANSABAR, la cual tiene una capacidad limitada y pocos recursos para asistirlos. SABES no tiene un equipo para dar seguimiento técnico a los proyectos construidos con fondos de la Cooperación Española, por eso, trabaja con municipalidades y comunidades que proporcionen el seguimiento apropiado, capacitando personal del lugar para su adecuado funcionamiento, operación y mantenimiento. Los requisitos que el FISDL necesita conocer para el desarrollo de proyectos de esta naturaleza, con fondos del gobierno del país, son los siguientes:

#### 4.4.1.1 Fase de anteproyecto.

- a) Programa de trabajo de la fase de anteproyecto. Ver formato No1 y programa en página 205.
- b) Estudios topográficos. La comunidad Segundo Montes se encuentra en el municipio de Meanguera, al norte de Morazán, en una zona montañosa. Ver capítulo 2, ítem 2.1
- c) Trámites. Ver formato No 4, página 160.
  - a. Preliminares.
    - i. Factibilidad de servicios públicos y privados. Los servicios existentes en la comunidad Segundo Montes son los descritos en el capítulo 2, inciso 2.5. además de existir la alcaldía de Meanguera quien apoya este tipo de proyectos.
    - ii. El sitio determinado para la construcción del reservorio es un espacio de poca vegetación

- extiende en un 95 % matorrales y 5 % de árboles no frutales de 50 años de edad.
- iii. El patrimonio cultural no se ve afectado de ninguna manera, ya que donde se construirá el reservorio y por donde pasará la tubería no existe algún bien controlable por el patrimonio cultural e histórico y arqueológico.
  - iv. Impacto ambiental se completó el formulario No. 5, página 162 donde se cumple con lo establecido.
  - v. Se requiere realizar carta de solicitud, a la ONG SABES, para solicitar el apoyo económico de la Cooperación Española. Ver capítulo 2, inciso 2.7.
- b. Permiso de construcción y aprobaciones finales. Los permisos de construcción y aprobación para este proyecto fueron otorgados por la alcaldía de Meanguera.
  - c. Pagos. La facilitación y pago de trámites necesarios para realizar el proyecto de forma ágil y legal, fueron cubiertos por la alcaldía municipal de Meanguera, como ayuda a la comunidad.
- d) Estudios de suelos. De cinco sondeos realizados en el sondeo No 4, se encontró suelo muy compacto, cohesión aparente de  $2.0 \text{ ton/m}^2$  y un peso volumétrico de  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Ver capítulo 3, inciso 3.4.1.
  - e) Bases y criterios de diseño. Ver formato No 2, página 154.
    - a. Memoria descriptiva.
      - i. Población a servir, 933 familias. Ver capítulo 2, tabla 2.1

- ii. Proyección futura.  $933 \times 1.60 = 1493$  familias.
  - iii. Fuente de abastecimiento propuesta. Quebrada Las Marías. Ver capítulo 3, figura 3.4.3.1.
  - iv. Aforos de fuente. Época seca 15 l/s, época lluviosa 40 l/s. Ver capítulo 3, inciso 3.4.3, tabla 3.4.3.1.
  - v. Las elevaciones correspondientes a la fuente y población a servir se muestran en el capítulo 3, tabla 3.6.1.
- b. Memoria de cálculo hidráulico.
- i. Memoria y resumen de cálculos para caudal medio diario más caudal de incendio (1.0 l/s).  
El caudal medio diario será calculado mediante la ecuación:  
$$Q_m = F \times (P \times D) / 86400, \quad \text{ec. 4.4.1.1.1}$$
En donde:  
Qm: caudal medio diario, l/s  
Tasa de crecimiento poblacional. 1.6 %  
F: factor de fugas<sup>32</sup>, 20%.  
P: población final al periodo de diseño.  $933 \times 5 \times 1.6 = 7464$  habitantes.  
D: dotación futura 85 (l/p/d)<sup>33</sup>.  
 $Q_m = 1.468 \text{ l/s} + 3.0 \text{ l/s}$   
 $Q_m = 4.468 \text{ l/s}$
  - ii. Memoria y resumen de cálculo para caudal máximo diario.  
Caudal máximo diario Qmd.  
El Qmd se calcula con la siguiente ecuación.

---

<sup>32</sup> Ver tabla 4.4.1.1.4

<sup>33</sup> Ver tablas 4.4.1.1.1, 4.4.1.1.2 y 4.4.1.1.3

$$Q_{md} = KMD \times Q_m \quad \text{ec. 4.4.1.1.2}$$

Donde:

$Q_{md}$ : Caudal máximo diario (l/s).

KMD: factor de mayoración máximo diario.

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio.

$$Q_{md} = 1.20 \times 4.468$$

$$Q_{md} = 5.362 \text{ l/s}$$

- iii. Memoria y resumen para el caudal máximo horario.

Caudal Máximo horario. (Rige el diseño).

El caudal máximo horario se calculará con la ecuación:

$$Q_{mh} = KMH \times Q_m \quad \text{ec. 4.4.1.1.3}$$

En donde:

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario (l/s)

KMH = Factor de mayoración máximo horario

El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor 1.50 para todos los niveles de servicio.

$$Q_{mh} = 1.5 \times 4.468$$

$$Q_{mh} = 6.702 \text{ l/s}$$

Tabla. 4.4.1.1.1. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua

| Nivel | Descripción   |
|-------|---|
| 0     | Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua. |
| Ia    | Grifos públicos.  |
| Ib    | Grifos públicos mas unidades de agua para lavado de ropa y baño.                                    |
| IIa   | Conexiones domiciliarias con un grifo por casa.   |
| IIb   | Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa.  |

Tabla. 4.4.1.1.2. Dotación de agua para diferentes niveles de servicio

| Nivel de servicio | Clima frío. l/p/d | Clima cálido. l/p/d |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| Ia                | 25                | 30                  |
| Ib                | 50                | 65                  |
| IIa               | 60                | 85                  |
| IIb               | 75                | 100                 |

Tabla. 4.4.1.1.3. Consumo mínimo per-capita de uso cotidiano.

| Uso                   | Consumo, l/p/d |
|-----------------------|----------------|
| Bebida                | 2              |
| Alimentación y cocina | 6              |
| Lavado de utensilios  | 13             |
| Aseo corporal menor   | 9              |
| Baño de ducha         | 30             |
| Lavado de ropa        | 15             |
| Inodoro               | 10             |
| Total per-capita      | 85             |

Tabla. 4.4.1.1.4. Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

| Nivel de servicio | % de fugas. |
|-------------------|-------------|
| Ia y Ib           | 10          |
| IIa y IIb         | 20          |

- iv. Constancias de las tomas de presión en puntas muertas de sistemas existentes. La red no se ha instalado todavía.
- v. Especificar método analítico, formulas y consideraciones utilizadas.
  - 1. Cualquiera que sea el nivel de servicio, la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario,  $Q_{mh}$ .
  - 2. La presión estática máxima será de 4  $kg/cm^2$ .
  - 3. La presión dinámica máxima será de 3  $kg/cm^2$ .
  - 4. La presión dinámica mínima será de 0.70  $kg/cm^2$ .
  - 5. La red dispone de válvulas que permiten independizar los sectores servidos para su operación y mantenimiento, sin necesidad de suspender el servicio en toda la comunidad.
  - 6. El cálculo del caudal de la quebrada se realizó con la ecuación 3.4.3.1. ver capítulo 3, inciso 3.4.3.
  - 7. el volumen del reservorio se cálculo con la ecuación 3.2.1.1. capítulo 3, inciso 3.2.1.
- vi. Los análisis físico-químicos practicados a la muestra de agua, se encuentran en el capítulo 3, tabla 3.5.4.1.1.

vii. Sistemas de almacenamiento, son tanques de concreto reforzado construidos sobre colinas, ver capítulo 3, inciso 3.1.2.

f) Trazos geométricos preliminares.

a. El agua se toma de la quebrada Las Marías en el municipio Jocoaitique, se llega al caserío Cutuco y luego se distribuye. Ver capítulo 3, inciso 3.6 y figura 3.6.1.

g) Anteproyecto final.

a. Propuestas preliminares. La instalación de tubería principal se realizará según los trazos preliminares y se colocarán tubería de 6 pulgadas desde la bocatoma hasta la colonia Acaem y luego se cambia a 4 pulgadas para continuar de este punto hasta colocar el resto de la tubería principal del proyecto.

b. Se construirán tres tanques y se reparará uno, ver capítulo 3, inciso 3.2.2.

c. Memoria descriptiva. La fuente de abastecimiento será la quebrada Las Marías, el proyecto se realizará por gravedad. ver capítulo 3, inciso 3.6, ver formato No 3.

d. Estimaciones preliminares de costos. Los costos presentados se refieren al financiamiento de este tipo de proyecto, para este caso ver el formato No 6.

4.4.1.2 Fase de proyecto final.

a) Programa de trabajo de la fase de diseño. Ver página 206.

b) Planos topográficos. Se utilizó el cuadrante 2557 I SW, escala 1:25,000 Jocoaitique, ver capítulo 3, inciso 3.4.2.



- c) Planos de demoliciones. No realizarán demoliciones en ningún punto de la ruta trazada.
- d) Planos de diseño final. Este proyecto se desarrolla con la ayuda de la Cooperación Española por medio de SABES y no se establecen planos topográficos respectivos con los requisitos presentados por FISDL y se utiliza únicamente información de cuadrantes topográficos y condiciones existentes de la comunidad beneficiada.
- e) Memoria descriptiva. Ver formato 1 y anexo A3.1, página 204 donde se muestran los caseríos colindantes alrededor de la ubicación del reservorio.
- f) Especificaciones técnicas. Ver capítulo 4, inciso 4.2
- g) Plan de oferta. No se realizó, debido a que la ejecución es con la participación directa de la comunidad privada.

### **FORMATO No. 1**

#### **INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO**

1. Nombre del Proyecto: Sistema de agua potable de la comunidad Segundo Montes, Meanguera, Morazán.
2. Ubicación:  
Cantón y Caserío: La Joya.  
Municipio: Meanguera.  
Departamento: Morazán.
3. Valor del Contrato: \$ 11000,000.00
4. Código del Proyecto No.:
5. Profesionales Responsables:  
Formulador: Joaquín Alfredo López Menéndez.  
Firma:  
Realizador: Dr. Luís Boigues.  
Firma:  
Supervisor: Ing. Rogelio Ernesto Godínez González.  
Firma:

## **FORMATO No. 2**

### **FACTIBILIDAD DEL PROYECTO**

#### **1. DATOS BASICOS GENERALES**

- a) Nombre del Proyecto. Sistema de agua potable de la comunidad Segundo Montes, Meanguera, Morazán.
- b) Ubicación. Comunidad Segundo Montes.
- c) Departamento. Morazán.
- d) Municipio. Meanguera.
- e) Rural.
- f) Tipo de Obra: Sistema nuevo de abastecimiento de agua.

#### **2. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROBLEMA**

##### 2.1 Diagnóstico del problema.

¿Cómo surge el problema?

La comunidad Segundo Montes no posee el servicio de agua potable en los caseríos que la comprende y consume el agua de la quebrada más cercana aplicando desinfección física únicamente, para satisfacer sus necesidades hídricas en cuanto a consumo y uso doméstico corresponde.

¿Qué efectos causa?/Población Afectada directamente e indirectamente.

Acarrean agua caminando, hasta de una hora a pie por mujeres y niños, desde la quebrada más cercana hasta su casa y la consiguen sin tratamiento lo cual, generalmente produce enfermedades de origen hídrico al consumirla generalizadamente, y al estar en contacto con agua contaminada por diferentes medios.

¿Cómo afecta a la colectividad?

Evita el desarrollo que se podría producir al contar con este servicio, por ejemplo, recreación, comedores más higiénicos sanitariamente, prevenir enfermedades de tipo epidemiológico, por ejemplo, cólera, conjuntivitis, dermatitis, etc.

## 2.2 ¿Qué se ha hecho al respecto para afrontar dicha problemática?

Solicitar el apoyo económico de la Cooperación Española, por medio de SABES, para realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable, abasteciéndose de la quebrada Las Marías, aplicando los procesos para potabilizar el agua natural de esta fuente que provee un caudal permanente con caudal mínimo de 15 l/s en época seca.

## 2.3 ¿Quién los ha apoyado anteriormente y qué han hecho? ¿Qué organización o institución?

SABES, contacta comunidades para posteriormente hacer un diagnóstico preliminar que consiste en:

- a) Ubicación de posibles fuentes.
- b) Ubicación de otras comunidades cercanas.
- b) Visita a las fuentes y aforo.
- c) Reunión con la comunidad para explicar las conclusiones preliminares.
- d) Fase de estudios técnico. Topografía, dibujo, diseño, preparación de informes y del proyecto.

Bajo esta estrategia se mantiene trabajando fundamentalmente en zonas geográficas rurales, por ejemplo, Área del Cerro de Guazapa (departamento de Cuscatlán), Área de Jucuarán (departamento de Usulután), Área del norte de San Miguel (Carolina, Ciudad Barrios, San Antonio del Mosco), Área del norte de Morazán (Villa El Rosario, Jocoaitique), de cara a preparar futuros proyectos.

Proyectos realizados.

Los proyectos ejecutados desde 1992 hasta la fecha han sido diseñados por el Dr. Luís Boigues y construidos por miembros de SABES cuando trabajaban con ésta o con otras instituciones. Los proyectos son los descritos, en la tabla 2.3.1.

Tabla.2.3.1. Proyectos SABES ejecutados y funcionando en El Salvador.

| Nº | Sitio.  | Municipio.            | Departamento.             |
|----|---|-----------------------|---------------------------|
| 1  | Tacuba.   | Tacuba.               | Ahuachapán                |
| 2  | Cantón La Loma  | Jujutla.              | Ahuachapán                |
| 3  | Comunidad Ita-Maura.  | San Pablo Tacachico   | La Libertad               |
| 4  | El Sicahuite.   | Las Vueltas.          | Chalatenango.             |
| 5  | Medardo Gómez.  | Las Vueltas.          |                           |
| 6  | San Antonio Grande.   | El Paisnal.           | San Salvador              |
| 7  | Ciudadela Ungo.   | (Suchitoto, Guazapa). | Cuscatlán - San Salvador. |
| 8  | Celina Ramos.   |                       |                           |
| 9  | El Papaturre.   |                       |                           |
| 10 | Loma Chata.   |                       |                           |
| 11 | Piedra Labrada.   |                       |                           |
| 12 | El Sitio, Valle Verde, Corozal, Mazatepec, Puertas de San Antonio, San Antonio del Monte. | Suchitoto.            | Cuscatlán.                |
| 13 | La Mora, Los Almendros.   |                       |                           |
| 14 | Milingo, Caulote, La Bermuda, Las Américas.   |                       |                           |
| 15 | Las Delicias Hacienda de La Cabaña.   |                       |                           |
| 16 | La Renglera.  | Jucuarán.             | Usulután                  |
| 17 | Valle Seco, Planon, La Colonia.   |                       |                           |
| 18 | Moropala, Gualchua.   |                       |                           |
| 19 | Los Conventos, El Quebracho.  |                       |                           |
| 20 | Las Flores.   |                       |                           |
| 21 | El Jutal, El Encantado.   |                       |                           |
| 22 | Playa El Espino.  |                       |                           |
| 23 | Los Castillos.  |                       |                           |
| 24 | Salón de Usos Múltiples.  | Santiago de María.    |                           |
| 25 | Concepción Batres.  |                       |                           |
| 26 | Cantón Loma de los González II.   |                       |                           |
| 27 | Comunidad La Tranquilidad.  |                       |                           |
| 28 | La Ceiba.   | Chilanguera           | San Miguel.               |
| 29 | Cantón EL Ámate.  |                       |                           |
| 30 | Comunidades del Bajo Lempa.   |                       |                           |
| 31 | Las Marías - La Peña.   | Chinameca             |                           |
| 32 | Playa El Cuco.  | Chirilagua            |                           |
| 33 | Cantón Chilanguera.   |                       |                           |
| 34 | Comunidad El Delirio.   |                       |                           |
| 35 | Minicentral Hidroeléctrica La Chácara.  | Carolina              |                           |
| 36 | Los Quebrachos, El Volcancillo.   | Jocoaitique           | Morazán.                  |
| 37 | Cooperativa I.Ellacuria.  | Yamabal               |                           |
| 38 | Piedra Parada.  | San .Isidro           |                           |
| 39 | El Redondel.  | Meanguera             |                           |
| 40 | El Rincón.  | San Simón             |                           |
| 41 | Cantón Potrero Adentro.   |                       |                           |
| 42 | Quebradas.  | Intipuca              | La Unión                  |
| 43 | Gualoso-El Carao.   |                       |                           |
| 44 | Isla de Meanguera del Golfo.  |                       |                           |
| 45 | Conchagua.  | Conchagua             |                           |

También, a parte de estas acciones se han realizado otras actividades para preparar otros proyectos. Como se sabe, en la época de verano es cuando se tienen que realizar los aforos de los nacimientos para poder valorar la factibilidad de los proyectos. Desde abril 1992 hasta la fecha, el conjunto de los proyectos ejecutados hacen las cifras de la tabla 2.3.2.

Tabla. 2.3.2. Cobertura de los proyectos de agua por número de familias y año.

| Años                 | 1992/94 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002  | 2003 | 2004  |
|----------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| Cobertura (familias) | 485     | 430  | 1283 | 1375 | 1590 | 370  | 728  | 984  | 2900  | 1650 | 1907  |
| Población (personas) | 2910    | 2580 | 7698 | 8250 | 9540 | 2220 | 4368 | 5904 | 14500 | 8250 | 11442 |
| Tubería (Km)         | 40      | 40   | 69   | 76   | 25   | 25   | 50   | 30   | 125   | 78   | 114.5 |

#### 2.4 ¿Cómo está organizada y qué nivel de concientización tiene la población para afrontar este problema?

La población está organizada como se muestra en la tabla 2.4.1, y la concientización se realiza en casas comunales instruyendo sobre la contaminación de los cuerpos de agua.

Tabla 2.4.1. Organización de la comunidad Segundo Montes.

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Instituciones no gubernamentales.     |    |
| ONG's de desarrollo productivo.       | 31 |
| Total.                                | 31 |
| Iniciativas de asociación municipal.  |    |
| Micro región norte de Morazán.        |    |
| Micro región nor-oriental de Morazán. |    |
| Total.                                | 2  |
| Organizaciones comunitarias.          |    |
| ADESCOS                               | 25 |
| Cooperativas agropecuarias.           |    |
| Cooperativas de ahorro y crédito.     |    |
| Círculos vecinales agropecuarios.     |    |
| Total.                                | 25 |

#### 2.5 ¿En qué medida el proyecto resolverá el problema?

La ejecución del proyecto beneficiará a los habitantes de forma permanente ya que tendrán servicio de agua potable, permanentemente, para consumo humano y uso doméstico. Además, disminuirán las enfermedades de tipo hídrico, los que se producen al estar en contacto y consumir agua contaminada o no tratada.

### **3. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

El proyecto de abastecimiento de agua potable comprende, gaviones, bocatoma, reservorio natural enterrado con borda y confinado completamente en su área hidráulica, planta de tratamiento, desinfección del agua, tanques de almacenamiento ver capítulo 3, inciso 3.2.2 y 2.8 km de tubería principal de conducción de agua, ver capítulo 3, inciso 3.6

### **4. BENEFICIARIOS**

a) Población Total en el área de influencia. 1493 familias

b) Beneficiarios directos:

1. No. de Familias. 933

2. No. de Habitantes. 3,732

3. No. de Niños. 746

4. No. de Hombres. 1,463.

5. No. de Mujeres. 1523

c) Ingreso familiar mensual promedio de los beneficiados \$ 155.00/mes

### **5. MODALIDAD DE EJECUCION**

Ayuda comunitaria mutua con la Cooperación Española, SABES, alcaldía de Meanguera y la comunidad Segundo Montes.

### **6.POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONSERVACION**

El caudal de la quebrada Las Marías disminuirá ligeramente después del punto donde se construirá la bocatoma del sistema, sin embargo se brindará mayor protección del cuerpo de agua con cerca perimetral, dragado del área hidráulica y evitando el acceso de personas y animales a la quebrada.

### **FORMATO No. 3**

#### **DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO**

**1. Censo Familiar Total.** Número de personas en la comunidad por edad y sexo.

Ver capítulo 2, inciso 2.1.4

**2. Listado de familias beneficiadas con el proyecto.** En este caso únicamente se cuenta con el número de familias beneficiadas, ver capítulo 2, tabla 2.1 y figura 2.1.1.

**3. Índice de crecimiento poblacional. 1.6 %**

**4. Población Futura beneficiada al final del período de diseño del proyecto. 5,971 habitantes.**

**5. Servicios Básicos existentes en la Comunidad.**

- Alcantarillado.
- Acceso/Caminos.
- Vivienda.
- Energía Eléctrica.
- Transporte Colectivo.
- Infraestructura de Salud y Educativa.
- Infraestructura Económica y Municipal.

nota: no están bien definidos pero son informales.

**6. Actividad Económica en la Zona.**

- Uso y explotación de la tierra.
- Producción Agrícola (Granos Básicos, hortalizas, agroindustria, etc.)
- Producción Pecuaria (Vacuno, Bovino, Porcino, etc.)
- Otro tipo de producción (Maquila, Apícola, Piscicultura, Hortalizas, etc.).

nota: estas actividades son misceláneas y no son contabilizables formalmente.

**7. Actividades Socio Económicas principales de la Zona.**

- Empresas Industriales.
- Empresas Agroindustriales.
- Empresas Comerciales.

- Empresas de Servicios.

nota: Sólo se pueden encontrar en el lugar, pequeñas unidades de artesanías.

### **8. Actividades Socio Económicas principales de la Población beneficiada.**

- Ventas en los mercados
- Empleo eventual
- Empleo permanente

nota: estas actividades tienen una base sólo informal.

### **9. Nivel de Ingreso de la Zona.**

\$ 180.00 mensual máximo.

### **10. Nivel de ingreso de las Comunidades.**

\$ 155.00 mensual máximo.

## **FORMATO No. 4**

### **T R A M I T E S \***

(A realizar para la ejecución del proyecto)

#### **FACTIBILIDADES:**

| <b>INSTITUCION</b> | <b>TIPO DE TRAMITE</b>          | <b>ESTADO DEL TRAMITE</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| <b>Alcaldía</b>    | <b>Permiso de construcción.</b> | <b>APROBADO<br/>SI</b>    | <b>Forma parte de la ayuda que brindo la alcaldía al desarrollo del proyecto.</b> |

#### **LINEA DE CONSTRUCCION:**

| <b>INSTITUCION</b> | <b>TIPO DE TRAMITE</b>                                   | <b>ESTADO DEL TRAMITE</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
|--------------------|--|---------------------------|---|
| <b>Alcaldía</b>    | <b>Paso de línea de tubería principal de conducción.</b> | <b>APROBADO<br/>SI</b>    | <b>La tubería va enterrada 40 cm y no afecta en el desarrollo de actividades de los habitantes por donde pasa la tubería.</b> |



**CALIFICACION DE LUGAR:**

| <b>INSTITUCION</b> | <b>TIPO DE TRAMITE</b>  | <b>ESTADO DEL TRAMITE</b>   | <b>OBSERVACIONES</b>   |
|--------------------|---|-----------------------------|--|
| <b>Alcaldía</b>    | <b>Verificación del lugar donde se desarrolla el sistema.</b> | <b>APROBADO<br/><br/>SI</b> | <b>El terreno es zona rural y la flora y fauna no se ve afectada de forma significativa.</b> |

**PERMISO AMBIENTAL:**

| <b>INSTITUCION</b> | <b>TIPO DE TRAMITE</b>      | <b>ESTADO DEL TRAMITE</b>   | <b>OBSERVACIONES</b>   |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <b>CADEM</b>       | <b>Permisos ambientales</b> | <b>APROBADO<br/><br/>SI</b> | <b>Fueron facilitados para ejecutar el proyecto con mayor fluidez.</b> |

**OTROS:**

| <b>INSTITUCION</b> | <b>TIPO DE TRAMITE</b>                              | <b>ESTADO DEL TRAMITE</b>   | <b>OBSERVACIONES</b>  |
|--------------------|---|-----------------------------|---|
| <b>MSPAS</b>       | <b>Calificación de la fuente de abastecimiento.</b> | <b>APROBADO<br/><br/>SI</b> | <b>Quebrada Las Marías ubicada en el municipio Jocoaitique.</b> |

◆ El Formulador deberá utilizar el número de hojas que sean necesarias para ampliar la información, según sea requerida.

◆ Adjuntar comprobantes de presentación de solicitudes.

\* Indicados para cualquier caso de formulación y ejecución.

**FORMATO No. 5**  
**FICHA SIMPLIFICADA PARA**  
**ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS**

Ubicación del Proyecto:

Departamento: Morazán.

Municipio: Meanguera.

Cantón: La Joya.

Comunidad: Segundo Montes.

**1.0 DESCRIPCION DEL PROYECTO:**

1.1 Nombre del proyecto identificado por la comunidad como prioritario:

Sistemas de agua potable en la comunidad Segundo Montes.

1.2 Nombre de la persona responsable de asuntos ambientales en el Comité de Proyecto:

Dr. Luís Boigues.

1.3 Breve descripción general del proyecto:

Tomar el agua de la quebrada Las Marías conducirla por gravedad hasta Cutuco donde se le dará tratamiento y de allí se distribuirá a tanques de distribución ubicados en Cutuco, San Luís y Barrial y luego a los diferentes caseríos beneficiados con el desarrollo del proyecto.

1.4 Envergadura del proyecto (área, longitud, superficie o capacidad): 45,058 m<sup>2</sup>

1.5 Mencione las etapas de construcción o componentes del proyecto.

Estudio de sitios y áreas del proyecto, e indagación comunal. Estudios requeridos. Gestión de proyecto y permisos. Formulación de proyecto para gestiones de factibilidad y aprobaciones y ejecución. Destacando actividades como las siguientes: selección del sitio, limpieza y descapote, trazo, excavación, construcción de reservorio e impermeabilización, construcción de bocatoma, de tanques de concreto reforzado, plantas de filtración, colocación de tubería principal y secundaria.

1.6 Listar los materiales y materias primas que se utilizarán en el proyecto:

- Tuberías y accesorios galvanizados.
- Tuberías y accesorios de PVC.
- Pegamento de PVC.
- Geomembrana sintética.
- Geotextil.
- Bloques tipo saltex de 10cm x 20cm x 40cm.
- Ladrillos de obra.
- Varilla de hierro de Ø 3/8”
- Cemento.
- Piedra.
- Agua.
- Arena.
- Gaviones.

1.7 Listar los equipos que se utilizarán en la ejecución y operación del proyecto:

Durante la ejecución:

- Pala mecánica.
- Camiones de carga de materiales.
- Pick up.
- Achicadoras.
- Pala, piocha, azadón, carretillas, Valdés metálicos, escaleras, etc.
- Durante la operación: ver capítulo 4, inciso 4.3

**DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE EXISTENTE EN LA COMUNIDAD**

1.8 AGUA:

(a) ¿Existen ríos que atraviesan el caserío o la comunidad?

Sí [x] No [ ]

En caso “sí”, ¿cuántos hay?

Cuatro.

Nombre de ríos existentes:

Río Las Caras, río del pueblo, río Torola, río La Joya.

(b) ¿Existen lagos o lagunas dentro o en contacto con la comunidad?

Sí [ ] No [x]

(c) ¿Hay quebradas existentes dentro de la comunidad?

Sí [x] No [ ]

En caso “sí”, ¿cuántas?:

Seis.

(d) ¿Existen esteros cercanos o en contacto con la comunidad?

Sí [ ] No [x]

En caso “sí”, nombre del estero:

(e) ¿Existen pozos artesianos o perforados con maquinaria?

Sí [x] No [ ]

¿A qué profundidad está el agua? 15 m.

#### 1.9 SUELO:

(a) Identificación del área: Urbana [ ] Rural [x]

(b) Topografía predominante dentro de la comunidad

Plana [ ] Con pendiente [ ] Muy quebrada [x]

% de pendiente en el área de proyecto. 30%.

(c) Usos del suelo en la comunidad:

Agricultura: Sí [x] No [ ]

Tipos de cultivo: Maíz [x] Frijol [x] Caña [ ]

Café [x] Pasto [x] Frutales [ ]

Otros: d) Ganadería: Sí [x] No [ ]

Tipos de ganado: Vacas  Cabras  Cerdos  Aves

Otros:

e) Fábricas: Sí  No

En caso “sí”, tipo de fábrica:

g) Otro tipo de uso:

### **AMBIENTE BIOLOGICO:**

#### 1.10 FLORA:

(a) ¿Existen dentro de la comunidad masas boscosas?

Tipo: Bosque natural

Bosque plantado

Sombra de café

Matorrales

Manglares

Otros:

#### 1.11 FAUNA:

(a) ¿Existen dentro de la comunidad animales silvestres?

Sí  No

¿Cuáles? (Mencionar nombres comunes):

Nutria, Puma, Rey Zope, Cotorra frente blanca, Garza tigre, Marlin pescador verde, el Garrobo espinudo

### **AMBIENTE SOCIOECONOMICO – CULTURAL:**

#### 1.12 SITIOS HISTORICOS:

(a) ¿Existe dentro de la comunidad edificios o construcciones históricas?

Sí  No

Identificarlos: Coloniales  Cementerios

Casas de personajes ilustres [ ] Iglesias [ ]

Otros:

(b) ¿Existe dentro de la comunidad evidencia de restos arqueológicos?

Sí [ ] No [x]

Identificarlos: Construcciones pre-hispánicas [ ]

Construcciones coloniales [ ]

Otros:

### 1.13 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

(a) ¿Está el proyecto en una zona de atracción turística? (Especificar el lugar)

Sí [x] ¿dónde? Cera del municipio de Perquín.

No [ ]

(b) Principales actividades económicas que se desarrollan en la comunidad:

siembra de granos básicos, tales como fríjol, maíz, café, etc, en pequeña escala.

## **DETERMINACION DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS**

### **AMBIENTE FISICO:**

#### 2.0 AGUA:

(a) Las actividades del proyecto causarán alguna alteración de los cuerpos de agua superficiales cercanos (Por ej. arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes)

Sí [x] No [ ] No aplica [ ]

Explique brevemente: En el lugar de extracción, disminuirá ligeramente el caudal de la quebrada utilizada como fuente de abastecimiento en 6.0 l/s para cubrir la demanda hídrica de la comunidad ya que en aforos realizados en época seca el caudal es de 15 l/s, y en época lluviosa 40 l/s.

- (b) Las actividades del proyecto podrían causar alguna alteración de las aguas subterráneas cercanas.

Sí  No  No aplica

- (c) El agua que abastecerá el proyecto reunirá la calidad sanitaria adecuada para el consumo humano?

Sí  No  No aplica

- (d) ¿Será necesario hacer algún tratamiento al agua, para hacerla apta para el consumo? (si, esto aplica presentar los resultados del análisis físico-químico-bacteriológico)

Sí  No  No aplica

Explique brevemente: los análisis físicos-químicos y bacteriológicos, se aplicarán los procesos de sedimentación, filtración y desinfección para garantizar su potabilización permanente.

## 2.1 SUELO:

- (a) El proyecto implica hacer cortes y/o rellenos? Sí  No

Explique brevemente: se construirá un reservorio natural enterrado con borda del material del lugar, de 17,000 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento, en el terreno y será necesario realizar la excavación para su conformación, la excavación manual de zanjos para colocación de tubería principal.

- (b) ¿El proyecto ocasionará algún tipo de erosión? Sí  No

- (c) ¿Será necesaria la conformación de taludes para evitar pérdidas de suelo y protección de obras? Sí  No

## 2.2 AIRE:

- (a) ¿Habrà producción excesiva de polvo a causa del proyecto? Sí  No

- (b) ¿Habrà producción excesiva de ruido a causa del proyecto? Sí  No

**AMBIENTE BIOLÓGICO:****2.3 FLORA:**

(a) ¿Habrá perturbación de flora en el área del proyecto?

Sí  No  No aplica

(b) ¿Se requerirán trabajos de desmonte y tala, corte o poda?

Sí  No  No aplica

(c) En caso “sí”, ¿se tiene permiso de Alcaldía o MAG para realizar esta actividad, según indica la normativa? Sí  No

(d) ¿Cuántos árboles se podarán o talarán?

2 árboles no frutales.

Mencionar sus nombres comunes:

Matorrales, cutuco y arbustos.

**2.4 FAUNA:**

(a) ¿El proyecto ocasionará alteración de lugares que sirven de refugio para fauna?

Sí  No  No aplica

Mencionar los animales que pudieran verse afectados (nombres comunes):

Palomas, armadillos, garrobos, ardillas.

**2.5 AMBIENTE SOCIOECONÓMICO – CULTURAL**

(a) ¿El proyecto causará daños o alteraciones a edificaciones prehispánicas, coloniales u otras de interés histórico?

Sí  No  No aplica

**2.6 OTRAS MEDIDAS GENERALES QUE NO SE INCLUYAN EN ESTA FICHA:**

Se proveerá de un dragado particular a la quebrada utilizada como fuente de abastecimiento.



## **MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCIÓN**

### **AMBIENTE FÍSICO:**

#### **3.0 AGUA:**

- (a) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua superficiales, cercanos al proyecto (por arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes?)

Sí  No  No aplica

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo: la construcción de la bocatoma será construida con mampostería de piedra y se colocarán compuertas metálicas para controlar el cauce de la quebrada. Y con el dragado realizado en esta quebrada, se evitará la alteración de los cuerpos de agua cercanos.

- (b) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua subterránea cercanos al proyecto (Por Ej. contaminación por aguas no tratadas, basuras u otros contaminantes)

Sí  No  No aplica

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo:

No se estará en contacto de ninguna manera y en ningún momento con el agua subterránea.

- (c) Se tomarán las medidas necesarias para que la calidad del agua para el consumo humano sea sanitariamente adecuada.

Sí  No  No aplica

Habrá tratamiento al agua para hacerla apta para el consumo humano.

Sí  No  No aplica

Explique brevemente:

Se realizaran los procesos de sedimentación, filtración, aireación y desinfección para potabilizar el agua de la fuente de abastecimiento.

### 3.1 SUELO:

- (a) Se evitará la promoción de erosión ocasionada por las actividades necesarias para la ejecución del proyecto (Como terracerías).

Sí  No  No aplica

Explique brevemente las medidas que tomará: el movimiento de tierras será mínimo comparado a otro tipo de proyecto, por ejemplo, obras viales. La tierra removida es la misma que se usa para enterrar la tubería y se apisonará bien así que la posible erosión es muy despreciable o nula.

- (b) Se tomarán medidas para proteger la estabilidad de los suelos y protección de las obras (Como conformación de taludes, engramados, siembra de vetiver, etc.)

Sí  No  No aplica

Explique brevemente la medida que se tomará: se aplicará compactación de taludes hasta alcanzar su estabilidad.

### 3.2 AIRE:

- (a) Habrá aspersión de agua, cubrimiento de superficies u otras medidas para evitar la promoción o incidencia de polvo en las personas.

Sí  No  No aplica

Explique: no existirá polvo en el aire de forma excesiva en la ejecución del proyecto.

- (b) Habrán medidas que ayuden a evitar o disminuir la incidencia de ruidos excesivos, que puedan causar malestar en las personas.

Sí  No  No aplica

Explique: el ruido no será excesivo, por lo tanto no existirá necesidad de medidas para evitar estos incidentes. No se genera este tipo de ruido.

### **AMBIENTE BIOLOGICO:**

#### 3.3 FLORA:

- a) Para ejecutar el proyecto se escogerá un área que cause una mínima afectación de la vegetación arbórea del lugar.

Sí  No  No aplica

Explique la situación:

El proyecto se desarrolla a lo largo de la comunidad y se seguirá la ruta menos accidentada y más accesible para la colocación de tuberías principales de 6 pulgadas y 4 pulgadas de diámetro donde se construirá el reservorio es una zona de árboles no frutales, ni maderables.

- b) Se posee permiso del MAG o de la Alcaldía respectiva para talar árboles.

Sí  No  No aplica

(No se podrán talar árboles sin alguno de estos permisos el cual deberá acompañar la carpeta del proyecto)

- c) Por cada árbol talado se sembrarán cinco dentro de la comunidad o un área adecuada.

Sí  No  No aplica

#### 3.4 FAUNA:

- a) Se evitará todo daño físico a cualquier tipo de fauna encontrada en el área del proyecto.

Sí  No  No aplica

Explique: la construcción del sistema de agua se realizará con la ayuda de personas del lugar que conocen las especies del lugar, además no les temen y respetan.

## **AMBIENTE SOCIO ECONOMICO CULTURAL**

### 3.5 SITIOS HISTORICOS:

- a) Se evitará hacer daño o alterar edificaciones prehispánicas, coloniales u otras de interés histórico:

Sí  No  No aplica

En caso “sí”, se deben tener los permisos de Concultura.

Sí  No

### 3.6 AMBIENTE SOCIOECONÓMICO:

- a) Se evitará afectar actividades económicas importantes dentro de la comunidad.  
Sí  No  No aplica

Explique: en el caso que sea necesario pasar la tubería principal por un terreno privado se solicitará el permiso al propietario o se rodeara para evitar daños a propiedad privada.

## **FORMATO No. 6**

### **COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO**

Costo Total del Proyecto. US\$ 1,000,000.00

(Monto Cooperación Española + Contraparte).

Cantidad Solicitada a Cooperación Española. US\$ 840,000.00.

Total de Contraparte: US\$ 160,000.00.

◆ Aporte de la Alcaldía Municipal. US\$ 50,000.00.

◆ Aporte de la Comunidad. US\$ 100,000.00

◆ Aporte de SABES. US\$ 10,000.00

Cuadro 6.1. Presupuesto del Proyecto

| <b>PARTIDA*</b>           | <b>DESCRIPCION</b>  | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b> | <b>PRECIO<br/>UNITARIO, US\$</b> | <b>COSTO<br/>TOTAL,<br/>US\$</b> |
|---------------------------|---|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Alcaldía de Meanguera     |   |                 |                 |                                  |                                  |
| 1.                        | Terreno   | Metro cuadrado  | 7,000.00        | 2.86                             | 19,950.00                        |
| Movimiento de terracería. |   |                 |                 |                                  |                                  |
| 2.                        | Excavación.   | Metro cúbico    | 14,000.00       | 1.00                             | 14,000.00                        |
|                           | Desalojo de material restante.                                |                 | 13,937.50       | 1.00                             | 13,937.50                        |
| 3                         | Tramites  | Suma global     | -               | -                                | 2,112.50                         |
|                           |   |                 |                 | Subtotal                         | 50,000.00                        |
| Cooperación Española      |   |                 |                 |                                  |                                  |
| 4.                        | Geotextil   | Metro cuadrado  | 6,416.40        | 1.20                             | 7,699.68                         |
| 5.                        | Geomembrana sintética HDPE de 1.50 mm                         | Metro cuadrado  | 6,450.00        | 12.05                            | 77,722.5                         |
| 6.                        | Tubería galvanizada de 6 pulgadas de diámetro                 | Metros lineales | 1000            | 54.98                            | 54,980.00                        |
| 7.                        | Tubería de PVC de 6 pulgadas de diámetro.                     | Metros lineales | 1200            | 17.71                            | 21,252.00                        |
| 8.                        | Tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro.                     | Metros lineales | 6600            | 15.12                            | 99,792.00                        |
| 9.                        | Válvulas de control de 6 pulgadas de diámetro.                | unidades        | 4               | 374.88                           | 1,499.52                         |
| 10.                       | Válvulas de control de 4 pulgadas de diámetro.                | unidades        | 12              | 169.23                           | 2,030.76                         |
| 11.                       | Accesorios varios   | Suma global     | -               | -                                | 14,736.50                        |
| 12.                       | Membrana que sirve de cubierta superior para reservorio       | Suma global     | -               | -                                | 65,150.25                        |
| 13.                       | Hechura de bocatoma   | Suma global     | 1               | 2,000.00                         | 2,000.00                         |
| 14.                       | Hechura de tanque de concreto reforzado de 300 m <sup>3</sup> | Unidad          | 1               | 122,000.00                       | 122,000.00                       |
| 15.                       | Hechura de tanque de concreto reforzado de 150 m <sup>3</sup> | Unidad          | 1               | 55,000.00                        | 55,000.00                        |

|                          |  |                 |          |           |              |
|--------------------------|--|-----------------|----------|-----------|--------------|
| 16.                      | Hechura de tanque de concreto reforzado de 100 m <sup>3</sup>  | Unidad          | 1        | 40,000.00 | 40,000.00    |
| 17.                      | Reparación de tanque de concreto reforzado de 150 m <sup>3</sup>   | Unidad          | 1        | 5,000.00  | 5,000.00     |
| 18.                      | Hechura de planta de filtración 1  | Unidad          | 2        | 2170.40   | 4,340.80     |
| 19.                      | Hechura de planta de filtración 2  | Unidad          | 1        | 1,853.20  | 1, 853.20    |
| 20                       | Mano de obra calificada  | Suma global     | -        | -         | 264,942.79   |
| Subtotal                 |  |                 |          |           | 840,000.00   |
| SABES                    |  |                 |          |           |              |
| 21.                      | Dirección de ejecución y administración del proyecto.  | Suma global     | -        | 5,000.00  | 5,000.00     |
| 22                       | Costos transporte, papelería, teléfono, alimentación, alojamiento  | Suma global     | -        | 5,000.00  | 5,000.00     |
| Subtotal                 |  |                 |          |           | 10,000.00    |
| Comunidad Segundo Montes |  |                 |          |           |              |
| 23.                      | Conformación de borda.   | Metro cúbico    | 2,850.00 | 8.00      | 22,800.00    |
| 24.                      | Colocación de tubería principal de 6 pulgadas y 4 pulgadas enterrada 40 cm sobre la superficie del terreno | Metros lineales | 6600     | 3.84      | 25,344.00    |
| 25.                      | Colocación de gaviones en quebrada Las Marías  | Metro cúbico    | 30       | 85.00     | 2,550.00     |
| 26.                      | Colocación de gaviones en zona de operaciones  | Metro cúbico    | 25       | 85.00     | 2,125.00     |
| 27                       | Mano de obra no calificada   | Suma global     | -        | -         | 47,181.00    |
| Subtotal                 |  |                 |          |           | 100,000.00   |
| TOTAL                    |  |                 |          |           | 1,000,000.00 |

Nombre y firma de Formulator: Joaquín Alfredo López Menéndez

Representante de la Comunidad:

\_\_\_\_\_

Representante de la Alcaldía:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**\*Las partidas que se esperan en este formulario, son de tipo general, tales como: metros lineales de línea de energía, metros lineales por tipo de tubería, metros cuadrados de áreas techadas por tipo de edificación, etc.**

#### 4.4.1.3 Conclusiones.

- La norma NSO13.07.01'97 para agua potable, establece parámetros básicos y fundamentales que deben monitorearse por los habitantes de la comunidad Segundo Montes, con el fin de establecer, la calidad del agua a consumir, estos parámetros se considerarán de carácter obligatorio. En el caso de no obtenerse estas normas pueden considerarse descrito en el capítulo 5, ya que son extracciones de esta norma.
- Las especificaciones técnicas describen los aspectos básicos que deberán cumplirse en el funcionamiento del sistema de abastecimiento, apoyándose a su vez en las normas técnicas NSO 13.07.01. '97.
- Los equipos presentados resultan básicos e indispensables para realizar monitoreos necesarios y representativos en el caso de toma de muestras de agua de la fuente de abastecimiento durante su funcionamiento.

#### 4.4.1.4 Recomendaciones.

- Realizar visitas técnicas a comunidades que posean un sistema de abastecimiento semejante al desarrollado en la comunidad Segundo Montes, con el fin, de las normas aplicadas, especificaciones técnicas propias de proyecto, equipos utilizados y conocer de qué forma se gestionó la solución de abastecimiento de agua potable en ese sitio.

#### Bibliografía.

[www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.htm](http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.htm)



Capítulo V

Mantenimiento del  
reservorio natural, con borda  
y confinado en toda su área  
hidráulica con geomembrana  
sintética.

## **5 Capítulo V: mantenimiento del reservorio natural, con borda y confinado en toda su área hidráulica con geomenbrana sintética.**

### **5.1 Introducción.**

Cuando el sistema de abastecimiento de agua potable este funcionando se vuelve necesario establecer un plan de mantenimiento periódico y operación que garantice la calidad del agua a servir y para ello es indispensable realizar ensayos correspondientes a las muestras de agua potable, en diferentes puntos del sistema en general y por cada elemento que lo conforma. Asimismo se vuelve necesario capacitar personal de la comunidad Segundo Montes para realizar el monitoreo de estos puntos y supervisar el control de calidad del agua potable servida. Todo esto nos lleva a que el sistema se comporte según se formuló en un principio y se cumpla con el apoyo de las normas de calidad del agua potable elaboradas por CONACYT en el año 1997.

### **5.2 Operación y mantenimiento del reservorio.**

La operación y mantenimiento sistema de agua potable (frecuencia de limpieza, materiales e implementos de limpieza, muestreo de agua en diferentes puntos del sistema, costos, administración y responsables) tiene por finalidad garantizar el funcionamiento adecuado y permanente del sistema en general, así como prolongar la durabilidad de las distintas unidades del sistema, monitoreando su comportamiento, función en condiciones normales y emergencia.

#### **5.2.1 Descripción de puntos de muestreo.**

En la tabla 5.2.1.1, se describen los puntos de muestreos propuestos, parámetros a muestrear, y monitoreos en el sistema de abastecimiento de agua potable que se utiliza como fuente de abastecimiento desde la quebrada con agua superficial permanente y sirve a una población entre 5,000 habitantes y 100,000 habitantes en la comunidad Segundo Montes. Para tener un nivel aceptable de buena calidad del agua potable para consumo humano (ver capítulo 4, tabla 4.1.1.1.), es necesario realizar un control bimensual de parámetros representativos. Para la calidad

microbiológica, la Norma Salvadoreña describe la frecuencia del muestreo y detalla el número de muestras mensuales, en relación a la población servida. (Ver tabla 5.2.1.2). Para el análisis de parámetros bacteriológicos, a un sistema de agua que abastece a 5 mil ó 100 mil habitantes, se muestreará por lo menos en dos tanques y en 16 puntos de la red total. El análisis de parámetros químicos requiere de muestras a la entrada y salida de cada elemento del sistema, sin embargo, el pH se monitoreará en todos los puntos del sistema antes de entrar a la red, el cloro residual sólo en la red y a la salida de cada tanque en el que se realice la desinfección. Obtener muestras representativas, es difícil y la recolección puede ser una fuente de errores, mayores que los calculados que se dan durante el análisis. Escoger un punto de muestreo representativo y el uso apropiado de técnicas de recolección es fundamental. Cabe señalar, que se puede suspender un monitoreo si se presenta algún evento meteorológico, por ejemplo, un día lluvioso.

Tabla 5.1.1.1. Puntos propuestos de muestreo y parámetros a considerar.

| Sitio                                   | Puntos de muestreo   | Parámetros a muestrear   |
|---|--|--|
| Bocatoma                                | Antes de entrar al sistema.  | Pruebas microbiológicas, nitratos, nitritos, fosfatos, alcalinidad, sólidos totales disueltos, pH, conductividad, turbidez y dureza.   |
| Reservorio                              | Antes y después de entrar al elemento.   | Pruebas microbiológicas, pH, conductividad, turbidez, dureza, nitratos y fosfatos.   |
| Plantas de filtración                   |  | Pruebas microbiológicas, pH, conductividad, turbidez, alcalinidad y dureza.  |
| Tanque de almacenamiento y distribución |  | Pruebas microbiológicas, nitratos, nitritos, fosfatos, dureza, pH, conductividad, escherichia coli, cloro residual, coliformes totales y fecales, sólidos totales disueltos.   |
| Red de distribución                     | Se elegirá un punto significativo en el monitoreo de cada caserío, no menor que 16 puntos en toda la red <sup>34</sup> . | Pruebas microbiológicas, hierro, manganeso, pH, nitratos, dureza, conductividad.   |
| Sistema en general                      |  | Asegurarse que al tomar muestras de agua en la red, no se hayan realizado operaciones de mantenimiento poco tiempo antes, porque se pueden obtenerse resultados errados. En general <sup>35</sup> , no deben presentarse diferencias entre los puntos de muestreo, en la red que está siempre a presión, es decir, que el servicio no es interrumpido. Las diferencias pudieran ser, debido a fenómenos corrosivos locales (coloración, sustancias en suspensión, turbidez y ferrobacterias), que también pueden aparecer aguas abajo. Sin embargo, no debe haber diferencia en lo relacionado a los coliformes. |

<sup>34</sup> Se sugiere recoger muestras en tres puntos diferentes, distribuidos en distintas zonas de cada caserío que abastece el sistema. Estos puntos pueden ser los más alejados del sistema de cloración, lugares intermedios y zonas donde exista sospecha de contaminación. De preferencia se debe tomar muestras en el exterior de las viviendas. Hay que asegurar la limpieza de tanques, reservorio, plantas de filtración y tuberías internas de cada vivienda de tal manera que el análisis demuestre la calidad del agua servida.

<sup>35</sup> Si en la red existen interrupciones en el servicio, sustancias extrañas pueden infiltrarse al sistema a través de acoplamientos entre tubo y tubo o por medio de alguna fisura que esté presente.

Tabla. 5.1.1.2 Tamaño de población y número de muestras ensayadas al agua de la quebrada Las Marías.

| Número de habitantes. | Número mínimo de muestras por mes.                                   |
|-----------------------|--|
| Menor que 5,000       | Una muestra.   |
| 5,000 a 100, 000      | Una muestra por cada 500 habitantes.                                 |
| Mayor que 100,000     | Una muestra por cada 10,000 habitantes, más 10 muestras adicionales. |

Fuente. Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad de agua potable (NSO 13.07.01.'97).

### 5.3 Adiestramiento de personal.

Es necesario que la cuadrilla encargada, de la operación y mantenimiento del reservorio, posea nivel técnico en sus funciones a desarrollar. El jefe de cuadrilla resolverá, problemas técnicos que se presenten, basándose en conocimientos técnicos sobre el funcionamiento del sistema de agua potable abastecido con la quebrada con agua permanente, mientras que el personal subalterno debe ser orientado para cada uno de los casos que se presentan en sus funciones de rutina, para desarrollar esta actividad, se cumplirá lo siguiente:

1. Selección de personal.
2. Entrenamiento de personal.
3. Cursos de especialización para operadores.

#### 5.3.1 Selección de personal. Se realizará conforme lo siguiente:

- i. Realizar una invitación abierta a todas las personas de la comunidad, efectuando la inscripción de los interesados con datos completos.
- ii. Establecer bases para que las personas interesadas puedan calificarse, para cada función existente y necesaria en el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
- iii. De los interesados inscritos, aprobar los que califican e instruir después aquellos que no califican.
- iv. Realizar y revisar las pruebas respectivas, con la intervención de representantes de operación y mantenimiento de la oficina de la

institución encargada, y seleccionar los candidatos que obtuvieron resultados satisfactorios.

- v. Otorgar nombramiento de ocupación a desarrollar e ingreso de candidatos seleccionados según plazas obtenidas, y el resto, queda en espera de vacantes. Se realizará una nueva selección de personal cuando se agoten los candidatos calificados.

#### 5.3.2 Entrenamiento de personal.

- i. Para el caso de jefe de cuadrilla, se inicia de inmediato su entrenamiento con el cumplimiento, ejecución de obligaciones y funciones establecidas en plan de seguridad de operación vista en el capítulo 5, inciso 5.4, que tienen periodos de mantenimiento menores que un mes y cuya ejecución está asignada al jefe de cuadrilla. Las instrucciones de operación, serán proporcionadas por personal técnico conocedor de este tipo de sistemas en operación y especializados en el mantenimiento correspondiente para que luego esta persona, con experiencia, trabaje y prepare un nuevo jefe y así sucesivamente. Para el resto de personal de mantenimiento, el entrenamiento es casi similar por las actividades desarrolladas y problemas presentados, para ello, debe proporcionarse entrenamiento e instrucciones del personal técnico y facilitar más tiempo (de dos meses a seis meses), para lograr que el personal adquiriera criterio, junto al jefe de cuadrilla, para la toma de decisiones en casos de fallas del sistema o emergencias.

- a. Manejo de personal. Para jefes de cuadrilla, deberá establecerse expresamente y por escrito, la prohibición de dormir en horas del turno que le toque, así como sanciones al cometer esta falta, sanciones que deben ser progresivas en caso de reincidencia. Debido a la incurrencia de esta falta, es frecuente que, en muchas

ocasiones, se produzcan daños irreparables en las instalaciones o equipos utilizados en el sistema.

- b. Todo jefe de cuadrilla debe estar en turnos rotativos para garantizar la capacitación que poseen en cuanto a la operación y mantenimiento del sistema. Además, en casos de enfermedad, se pueden ejecutar reemplazos sin mayor complicación y continuar prestando el servicio.
- c. Definir estímulos para el personal, tales como bonificaciones por cargas familiares, especialización, puntualidad, etc, con el fin de que el personal tenga la seguridad que se le exige cumplimiento de sus obligaciones y se vela por su bienestar.

#### 5.3.3 Especialización de jefes de cuadrilla.

El desarrollo de entrenamiento básico debe ser complementado con seminarios teórico-práctico participativos permitiendo aprender sobre temas fuera de rutina del mantenimiento diario básico. La especialización se logra por medio de lo siguiente:

- i. Enviar personal fuera de la comunidad a diversas clases y categorías de seminarios o cursos relacionados con el tema.
- ii. Realizar seminarios de difusión de conocimientos adquiridos por el personal especializado y proporcionar entrenamiento en servicio al personal que colabora en el mantenimiento del sistema. Siempre habrá que seleccionar los candidatos aptos para tomar determinada especialización, a fin de que resulte provechosa la experiencia obtenida.

#### 5.4 Plan de seguridad para el buen funcionamiento permanente del sistema de abastecimiento comunal.

Antes de consumir agua del sistema de abastecimiento, deben realizarse ensayos de calidad al agua servida a los habitantes de la comunidad Segundo Montes en

diferentes puntos del sistema en general. Para ello, es necesario aplicar las técnicas de muestreo representativo y respectivo, el esquema a seguir para realizar el monitoreo de la toma de muestras del sistema de agua potable, se ilustra en la figura 5.4.1.

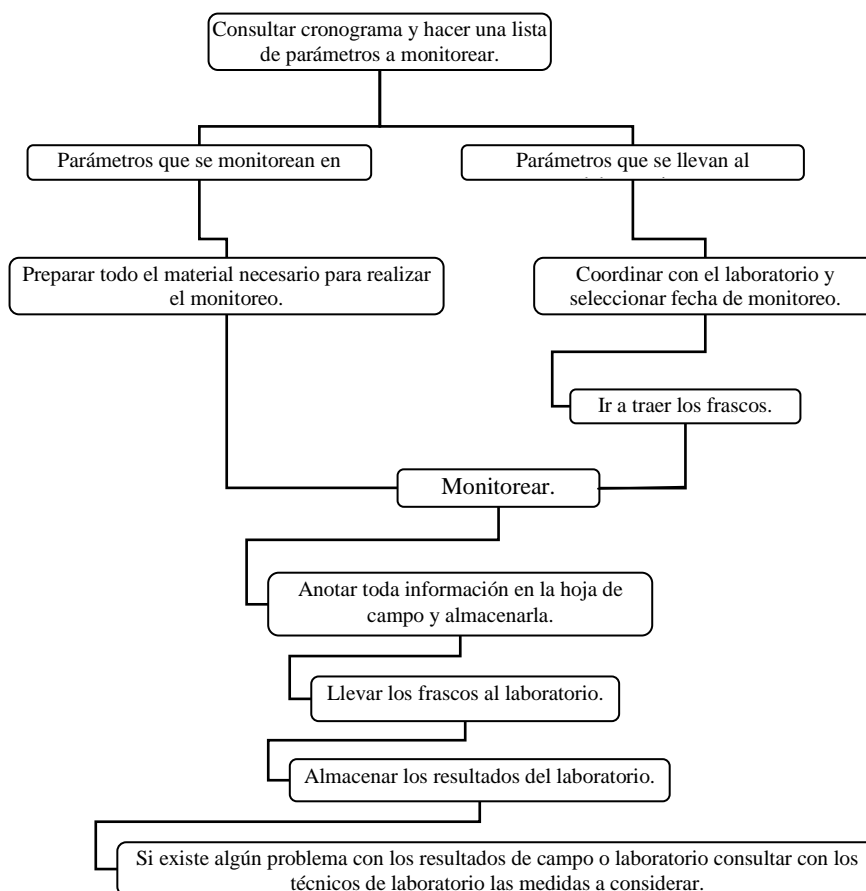


Figura 5.4.1. Esquema de monitoreo de toma de muestras de agua de la quebrada Las Marías.

## 5.5 Técnicas de recolección de muestras para análisis físicos-químicos.

El pH, temperatura del agua y cloro residual, se medirán en el campo, inmediatamente después de tomar la muestra. Para el análisis del resto de los parámetros, se recogerá agua en frascos o botellas desinfectadas y se transportarán de inmediato al laboratorio. Se anotarán en la hoja de campo (ver formato 5.5.1,



anexo A5.1 página 207) las medidas tomadas del pH, temperatura del agua y cloro residual, antes de retirarse del punto de muestreo, así como la información complementaria: climatología, olor y color del agua, número de frascos utilizados, etc. Se debe detallar toda la información, no importa lo sencilla que parezca, porque puede ser de relevancia en el análisis. El volumen mínimo de muestra oscila en un litro y cinco litros, normalmente, pero puede variar en función del rango de variables a considerar y métodos analíticos a emplear. Hay que evitar, que en la muestra entren piezas grandes, por ejemplo, hojas, trapos, plásticos, etc. Enjuagar los frascos tres veces con la misma agua que se analizará, antes de tomar la muestra. Vigilar que los tapones de los frascos queden en un lugar limpio mientras se está tomando la muestra. Evitar llenar el frasco totalmente. Siempre debe quedar un espacio de aire para que la muestra se pueda mezclar bien, antes de analizarla. El intervalo de tiempo entre recolección y análisis deberá ser lo más corto posible, para que los resultados puedan ser confiables, el tiempo depende de las características de la muestra, análisis requeridos y condiciones de almacenaje. Los cambios causados por el crecimiento de microorganismos pueden retardarse si se mantiene la muestra en oscuridad y a baja temperatura (menor que 4°C), evitando la congelación.

#### 5.6 Técnicas de recolección de muestras para análisis microbiológicos.

Aplican algunas técnicas dadas para análisis físicos-químicos, pero además hay que considerar las siguientes: Las muestras para estudios microbiológicos se recogerán en frascos estériles que proporcionará el laboratorio, y se obtendrán antes que las muestras para análisis físicos - químicos. Los frascos no deben tener más de 72 horas de haber sido esterilizados. La muestra se toma inmediatamente después de destapar el frasco, el cual no debe enjuagarse antes. Se debe evitar tocar con la mano, toser o hablar sobre la boca del frasco, es decir, guardar el máximo cuidado posible para no contaminar la muestra. Si la muestra se toma de un grifo (chorro) es necesario abrirlo y dejar correr el agua por lo menos tres minutos, posteriormente se debe limpiar bien el grifo y esterilizarlo con una llama de

mechero o encendedor, si el agua para la muestra presenta cloro residual se debe solicitar al laboratorio frascos esterilizados, el volumen de la muestra debe ser suficiente, por lo general es mayor que 100 ml. Para transportar la muestra hacia el laboratorio se debe conservar en una hielera con hielo a temperatura de 4°C, lo importante es que no sobrepase 10°C. El viaje debe durar un máximo de seis horas y el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su análisis en el laboratorio no debe exceder 24 horas. En la tabla 5.4.1, se describen los requerimientos para tomar muestras, tipos de recipientes para el muestreo, preservante de componentes en agua, tiempo máximo de almacenamiento y volumen mínimo de muestra en mililitros (ml). Antes de realizar el monitoreo, es conveniente corroborar la información del plan de monitoreo con el laboratorio que hará los análisis respectivos (ver tabla 5.4.2 y 5.4.3). Los técnicos pueden asesorarse sobre los requisitos para el muestreo y el transporte. También, brindarán los frascos a utilizar y el preservante correspondiente que sea necesario.

5.7 El plan de mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua, teniendo como sedimentador principal el reservorio natural con borda y confinado en su área hidráulica, comprende además lo siguiente:

1. Registros de operación. Contar con un sistema de registros que será conservado en formularios respectivos y que serán diseñados para cada caso específico que se presente en la operación y mantenimiento de las instalaciones del reservorio y equipo utilizado en todo el sistema de abastecimiento. Además contar con existencia de formularios a fin realizarse siempre reportes respectivos del funcionamiento del sistema de abastecimiento y calidad del agua servida por el sistema en general.
2. Interpretación de registros. Al formular los reportes, respectivos, se permitiría conocer el buen o mal funcionamiento del sistema de abastecimiento, en base a la calidad del agua potable servida. También, se determinaría con mayor facilidad y precisión, el punto en el cual el sistema esté fallando, una vez establecidos una serie de reportes usuales, donde el agua servida sea de buena

calidad, será posible utilizar estos reportes como parámetros para comparar los reportes siguientes.

3. Archivos técnicos de operación. Establecer estadísticamente el comportamiento del sistema, en cuanto a calidad, servicio se refiere, para ello, se recopilará todo reporte realizado sobre el funcionamiento del sistema de abastecimiento, para luego sacar promedios mensuales de cada registro y finalizar el año con un gráfico completo y correspondiente a las condiciones de operación del sistema y evaluar, si es necesario mejorar su funcionamiento u obtener la seguridad que su rendimiento ha sido adecuado.
4. Las autoridades municipales y asociaciones comunales realizarán programas de trabajo y de rutina, apoyados en especificaciones y normas establecidas para determinar el buen funcionamiento de las instalaciones y el sistema de abastecimiento de agua potable, donde el mantenimiento es fundamental, en sus tres clases de mantenimiento que existen.
  - a. Mantenimiento preventivo.
    - i. Inventario técnico.
    - ii. Clasificación de instalaciones y equipos utilizados en el funcionamiento del sistema.
    - iii. Verificación de normas y especificaciones técnicas.
    - iv. Supervisión del estado en que se encuentran los equipos utilizados.
    - v. Conformación de archivos técnicos de mantenimiento.
  - b. Mantenimiento y reparación de daños en todos los elementos del sistema.

Los daños presentados, por ejemplo, en bocatoma, tuberías, reservorio, etc, deben ser reparados de forma inmediata cuando se produzcan o se detecten, sin importar la naturaleza que originó este daño. Este tipo de mantenimiento, no puede ser programado, y la política más aplicada es de disponer en todo momento del personal idóneo, equipo, transporte y herramientas necesarias para realizar su reparación.

c. **Mantenimiento en emergencia.**

Cuando el sistema de abastecimiento de agua potable se ve afectado por eventos geológicos o meteorológicos, debe considerarse el hecho de realizar las reparaciones respectivas, realizando en primera instancia, el reconocimiento de las instalaciones, evaluando condiciones actuales, verificando el funcionamiento del sistema y la calidad del agua.

Tabla. 5.4.1. Requerimientos para la toma de muestras de agua según la Norma Obligatoria Salvadoreña.

| Parámetro  | Recipiente           | Preservantes  | Tiempo máximo de almacenamiento            | Volumen mínimo, ml |
|--|----------------------|---|--|--------------------|
| pH, temperatura  | Poliétileno          | Ninguno   | Preferible medir de inmediato              | 200                |
| Color  |                      | Enfriar a 4 °C  | 48 horas                                   | 500                |
| Olor   | Vidrio               |   | 6 horas                                    |                    |
| Sabor  | Poliétileno          |   | 24 horas                                   |                    |
| Turbidez   | Vidrio               |   | 7 días                                     |                    |
| Sustancias orgánicas   | Vidrio               |   | Analizar de inmediato                      | 1,000              |
| Sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables                  | Poliétileno          | Ninguno   | 4 horas                                    |                    |
| Aceites y grasas   | Vidrio               | 5 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>Enfriar a 4 °C | 24 horas                                   |                    |
| Conductividad, fósforo, nitrógeno y amonio                           | Poliétileno          | Enfriar a 4 °C  | 48 horas ( 28 días para muestras cloradas) |                    |
| Nitrato  |                      |   | 28 días                                    |                    |
| Nitrito  |                      |   |  |                    |
| Fosfatos   | Vidrio               | Para fosfatos disueltos filtrar y refrigerar          | 48 horas                                   | 100                |
| Sulfatos   | Poliétileno          | Enfriar a 4 °C  | 7 días                                     | 1,000              |
| Alcalinidad, bicarbonato, calcio, cloruro, magnesio, potasio y sodio |                      | -   | -  |                    |
| Cadmio, zinc, cobre, manganeso, molibdeno y níquel                   |                      | 3 ml de HNO <sub>3</sub>                              | 6 meses                                    |                    |
| Boro y selenio   |                      |   |  |                    |
| Pruebas microbiológicas  | Vidrio - Poliétileno | Enfriar a 4 °C  | No exceder 6 horas                         | 200                |
| Coliformes totales y fecales   | Poliétileno          |   | 4 horas                                    | 1,000              |
| Nemátodos intestinales   | Vidrio               |   |  | 1,000 – 10,000     |

1,000 ml equivale a 1 litro.

Fuente. Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad del agua potable (NSO 13.07.01.'97).

Tabla. 5.4.2. Parámetros del plan de monitoreo anual para la calidad del agua potable.

| Parámetro            | Unidades                          | Rango permisible | Frecuencia de análisis                          |
|----------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| Color real           | mg/l (Pt-Co)                      | -                | Bimensual                                       |
| Sabor                | N <sup>o</sup> de umbral de sabor | No rechazable -1 | Diario  |
| Olor                 | N <sup>o</sup> de umbral de olor  | No rechazable -3 | Diario  |
| Temperatura del agua | °C                                | 18 – 30          | Bimensual                                       |
| Turbidez             | UNT                               | 1 - 5            |   |
| Conductividad        | µmhos/cm a 25 °C                  | 500 - 1600       |   |
| pH                   | -                                 | 6.5 – 8.5        | Semanal   |
| Alcalinidad          | mg/l                              | 30.0 – 350.0     | Una sola vez                                    |
| Dureza total         |                                   | 100.0 – 400.0    |   |
| Amoniaco             |                                   | Ausente – 0.05   |   |
| Nitritos             |                                   | Ausente – 0.01   | Trimestral                                      |
| Nitratos             |                                   | - de 50 - 100    |   |
| Cloruros             |                                   | 25 – 250         | Semestral                                       |
| Sustancias orgánicas |                                   | -                | Cuando se sospeche contaminación por industrias |
| Nitrógeno orgánico   |                                   | -                | Anual   |
| fosfatos             |                                   | 0.1              | Semestral                                       |
| Detergentes          |                                   | Ausencia de ABS  | Cuando se sospeche contaminación                |
| Cloro residual libre |                                   | 0.5 – 1.0        | Diario  |
| Pesticidas           |                                   | 1.0              | Una sola vez <sup>2</sup>                       |
| Cromo                |                                   | µg/l             |   |
| Plomo                | mg/l                              | 0.01             |   |
| Cianuros             |                                   | 0.05             |   |

1 por ser muchos los químicos englobados.

2 una sola vez y cuando se sospeche que ha habido contaminación.

Elaboración propia, adaptada del plan de monitoreo de abastecimiento de río en el sur de Ahuachapán.



### 5.7.1 Conclusiones.

- Se establecieron parámetros a muestrear y parámetros a considerar en cada muestra tomada, en la tabla 5.1.1.1 y en la tabla 5.1.1.2, se establece el número de muestras para la comunidad, siendo una muestras como mínimo para cada ensayo, sin embargo, es posible que un técnico de laboratorio de análisis físico-químico del agua visite la fuente de abastecimiento y determine un nuevo número de muestras a considerar por ensayo.
- La capacitación del personal de operación y mantenimiento se esperaría que se realice según el inciso 5.3, durante un tiempo de 6 meses continuos, para adiestrar en la toma de muestras representativas y métodos utilizados, así como también, que se cumpla con los cronogramas 5.4.2 y 5.4.3.
- Las muestras tomadas en campo varían en tiempo de almacenaje de 4 horas a 48 horas, dependiendo del ensayo a realizar y las condiciones ambientales que se requieren para que la muestra sea representativa.

### 5.7.2 Recomendaciones.

- Es responsabilidad de los habitantes de la comunidad, conocer y saber manipular estos equipos a fin de realizar muestreos representativos durante el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable, asimismo, propiciar y asistir la capacitación continua. Los equipos utilizados deberán encontrarse en condiciones óptimas y en caso contrario adquirirse por los habitantes de la comunidad Segundo Montes. Además de velar por su buen funcionamiento. Y en caso de dañarse o extraviarse, deben reponerse inmediatamente para realizar los monitoreos respectivos.



**Bibliografía.**

- Plan de monitoreo de sistemas de abastecimiento del río o nacimiento en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.
- OPS.1970.Manual de operación y mantenimiento de instalaciones y equipos en un acueducto. Serie técnica tomo 7 y 8.

Capítulo VI  
Conclusiones y  
recomendaciones,  
Bibliografía,  
Anexos y  
Glosario técnico.

## **6. Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones.**

### **6.1 Consideraciones.**

La comunidad Segundo Montes, es un asentamiento humano con pobre saneamiento no controlado, y necesita satisfacer sus necesidades hídricas. Para ello, los habitantes de los ocho caseríos que la comprenden, acarrear el agua de la quebrada más cercana y sólo aplican la desinfección su física, en algunos casos, para consumo o doméstico debido a la cierta calidad aceptable, determinada por simple inspección. La zona accidentada donde se localizan, que permite el desarrollo de distribución de agua por gravedad, al tomar, por ejemplo, como fuente la quebrada Las Marías donde se dispone de una columna de presión de 250 m para que funcione todo el sistema de distribución una vez se potabilice el agua.

### **6.2 Conclusiones.**

- Con la ejecución y operación del proyecto de abastecimiento de agua se esperaba que el costo de abastecimiento de agua potable distribuido por gravedad, para la comunidad Segundo Montes, beneficie a 3,732 habitantes con una inversión total de US\$ 1,000,000.00, la Cooperación Española aporta 84% del monto para la compra de geomembrana sintética, válvulas de control, pago de mano de obra calificada, etc, 1% SABES con la dirección del Dr. Luís Boigues, 5% alcaldía de Meanguera proporcionando transporte de materiales de construcción y terreno donde se construya el reservorio y demás unidades del sistema y 10% la comunidad Segundo montes, al desarrollar la ejecución del proyecto por ayuda mutua comunitaria, proporcionando mano de obra no calificada, resultando US\$ 267.95 por habitante, al entrar en operación el sistema. El costo por metro cúbico servido de agua potable se esperaba que se establezca en US\$ 2.25 como tarifa más alta, bajo el diseño distribución por gravedad.
- Debido a que el costo de abastecimiento de agua potable con este proyecto es bajo aumenta, el consumo de agua potable se incrementa y satisface las necesidades hídricas lo cual aumenta el bienestar de la población. Con el desarrollo del proyecto, los habitantes de la

comunidad Segundo Montes consumirían agua potable y de mejor calidad que la que consumen antes de desarrollar este proyecto. Esto mejora la calidad de vida de los habitantes de la comunidad reflejado en menor incidencia de enfermedades de origen hídrico y en ahorro de los costos del tratamiento de las enfermedades que comúnmente se manifiestan.

- El sistema de abastecimiento de agua potable aquí propuesto, con base en un reservorio natural enterrado, con borda y confinado en su área hidráulica abastecido con el agua de la quebrada Las Marías pasando luego a una planta de filtración lenta, para que después se almacene y desinfecte con pastillas de hipoclorito de calcio, (ver especificaciones técnicas capítulo IV, inciso 4.2 i)) que es una solución técnica apropiada para el saneamiento de la comunidad Segundo Montes ubicada en el municipio Meanguera, al norte del departamento Morazán.
- Los componentes del sistema de abasto propuestos. Para potabilizar el agua son, (sedimentación, filtración, desinfección) y se establecieron en base a análisis físicos-químicos del agua realizados al inicio de el desarrollo del proyecto, el aforo respectivo, resultando de 15 l/s en época seca y 40 l/s en época lluviosa siendo necesario 6.0 l/s para satisfacer la demanda de 933 familias de la comunidad con un dotación de 85 l/p/d.
- La incorporación de geomembrana sintética en este tipo de reservorio para un sistema de abastecimiento de agua pueden ser una innovación tecnológica muy eficientes, bajo mantenimiento y fácil operación, con grandes posibilidades de aplicación masiva en reservorios de este tipo, construidos en comunidades semejantes. Aplicando tecnologías apropiadas como geomembrana sintética en la impermeabilización de reservorios de agua potable constituyen una alternativa ventajosa en la mayoría de aspectos del funcionamiento del sistema de abasto desde el almacenamiento.

### 6.3 Recomendaciones.

- El monitoreo permanente de parámetros microbiológicos, físico-químicos del agua, desarrollados en puntos estratégicos, debe realizarse por lo menos dos años seguidos, en los mismos puntos seleccionados con el fin de detectar diferencias en estos puntos y proporcionar un mejor control de las unidades del sistemas.
- La supervisión de construcción en cada elemento del sistema es indispensable, aun en la colocación de la tubería principal, así como también la aplicación de la dosis de desinfectante utilizado en el agua servida, este tipo de supervisión con el desinfectante debe realizar se además de utilizar los métodos descritos, se necesita de la colaboración de los habitantes de la comunidad, ya que al sentir algún olor, sabor o color extraño se espera que expresen inmediatamente su sospecha.
- Estudiar el anexo A1.2 donde se enfatiza sobre las propiedades físicas y químicas del cloro, con el propósito de conocer la aplicación que se desarrolló con este químico y lo delicado que resulta su manejo en el sistema de abastecimiento de agua potable de manera permanente y a fin de que no resulte perjudicial en la salud de los habitantes de la comunidad Segundo Montes.

### **BIBLIOGRAFIA**

- [www.rrasca.org/salvador/index.html](http://www.rrasca.org/salvador/index.html)
- [www.bvssan.incap.org.gt/bvsade/e/fulltext/lecciones/lecciones.pdf](http://www.bvssan.incap.org.gt/bvsade/e/fulltext/lecciones/lecciones.pdf)
- <http://www.marn.gob.sv/cd1/Gestion/Nacional/Acciones/DIAGNOSTICO%20DEL%20DPTO%20DE%20MORAZAN.doc>
- <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind55/desinf/desin.html>
- [Tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html](http://Tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html)  
[Http://www.asac.es/aigua/cast/3.](http://www.asac.es/aigua/cast/3)
- [Http://www.infoagua.org/](http://www.infoagua.org/)
- [Http://www.imta.mx/otros/tedigo/dic.htm#](http://www.imta.mx/otros/tedigo/dic.htm#)

- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Ras – 2000
- [www.emin.cl/grupo/geomembranashdpe.htm](http://www.emin.cl/grupo/geomembranashdpe.htm)
- Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de dotación del servicio de agua potable rural 2006. [www.apartados.hacienda.gob.mx/](http://www.apartados.hacienda.gob.mx/)
- [www.rrasca.org/salvador/index.html](http://www.rrasca.org/salvador/index.html)
- [www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/](http://www.solidaries.org/banyoles-solidaria/WEB/)
- Información y criterios dados en entrevistas personales proporcionadas por el Dr. Luís Boigues, representante de SABES, en el país.
- Centro Nacional de Registros, CNR, cuadrante 2557 I SW, escala 1:25000.
- Información y criterios proporcionados por el Dr. Luís Boigues, representante de SABES, en el país.
- [http://luq.lternet.edu/outreach/schoolyard/Activities/2006Internship/Reports/Taller\\_Schoolyard\\_](http://luq.lternet.edu/outreach/schoolyard/Activities/2006Internship/Reports/Taller_Schoolyard_)
- <http://www.iwla.org/sos/>
- [http://www.aguasabes.org/pages/sistemas\\_agua.htm](http://www.aguasabes.org/pages/sistemas_agua.htm)
- [sabes.agua@integra.com.sv](mailto:sabes.agua@integra.com.sv)
- Informe de finalización del proyecto piloto “diseño, construcción y sostenibilidad de un reservorio de agua lluvia en villa el rosario, departamento de Morazán”
- [www.inia.gob.pe/boletin/boletin0008/RESERVORI...](http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0008/RESERVORI...)
- [tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo02.html)
- [www.unizar.es/fnca/america/index2.php?idioma=es&x=01](http://www.unizar.es/fnca/america/index2.php?idioma=es&x=01)
- [www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.htm](http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.htm)
- Plan de monitoreo de sistemas de abastecimiento del río o nacimiento en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.
- OPS.1970.Manual de operación y mantenimiento de instalaciones y equipos en un acueducto. Serie técnica tomo 7 y 8.
- Sánchez de Bustamante, A. Tratado elemental de química inorgánica. 5ª edición. 1,883.

# Anexos.

## A1.1 Cuadro 1.12.1. Informe resumido de enfermedades transmitidas por el agua.

|   |                        |                              |   |  |  |
|---|------------------------|------------------------------|---|--|--|
| Formulario H.   | No de quejas.          | Enfermedad                   |   |  |  |
| Lugar:  | Municipio.             |                              |   | Territorio.  |  |
| Fecha de manifestación del primer caso.   | No de enfermos.        | No de personas<br>Expuestas. | No de personas<br>hospitalizadas.   | Defunciones.   | Agente y tipo<br>definitivo  |
| Síntoma (%) náuseas.____ vómitos____ calambres abdominales _____<br>Diarrea.____ fiebre____ otros especifique _____<br>_____  |                        |                              |   | Duración de la<br>enfermedad.<br>Mínima.____<br>Máxima____<br>Media_____ | Periodo de<br>incubación.<br>Mínima.____<br>Máxima____<br>Media_____ |
| Obtención del agente causal por el laboratorio.   |                        |                              |   |  |  |
| Especifique muestras analizadas.  | Numero.                | Positivos.                   | Agente.   | Recuento/concentración /tipo   |  |
| <input type="checkbox"/> Personas enfermas.   |                        |                              |   |  |  |
| <input type="checkbox"/> Personas sanas.  |                        |                              |   |  |  |
| <input type="checkbox"/> Origen del agua sospechosa.  |                        |                              |   |  |  |
| <input type="checkbox"/> Otros orígenes del agua.   |                        |                              |   |  |  |
| <input type="checkbox"/> Otras muestras ambientales (especifique).  |                        |                              |   |  |  |
| Abastecimiento de agua.<br><input type="checkbox"/> Público.<br><input type="checkbox"/> Familiar individual.<br><input type="checkbox"/> Agua embotellada.<br><input type="checkbox"/> Semipúblico.<br><input type="checkbox"/> Institución.<br><input type="checkbox"/> Zona de recreo.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique)   |                        |                              | Lugar en que ocurrió la contaminación.<br><input type="checkbox"/> Fuente de agua superficial.<br><input type="checkbox"/> Fuente de agua subterránea.<br><input type="checkbox"/> Instalaciones de tratamiento.<br><input type="checkbox"/> Instalaciones de almacenamiento.<br><input type="checkbox"/> Instalaciones de distribución.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique).   |  |  |
| Contacto con el agua.<br><input type="checkbox"/> Piscina publica.<br><input type="checkbox"/> Piscina semipública.<br><input type="checkbox"/> Piscina privada.<br><input type="checkbox"/> Lago.<br><input type="checkbox"/> Aguas residuales industriales.<br><input type="checkbox"/> Aguas residuales agrícolas.<br><input type="checkbox"/> Estanque de granja.<br><input type="checkbox"/> Corriente superficial.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique).   |                        |                              | Factores contribuyentes al brote (márquense los apropiados).<br><input type="checkbox"/> Rebosamiento del líquido cloacal.<br><input type="checkbox"/> Infiltración del líquido cloacal.<br><input type="checkbox"/> Inundación, fuertes lluvias.<br><input type="checkbox"/> Uso de agua no tratada.<br><input type="checkbox"/> Uso de fuente suplementarias.<br><input type="checkbox"/> Agua insuficientemente tratada.<br><input type="checkbox"/> Interrupción de la desinfección.<br><input type="checkbox"/> Desinfección inapropiada.<br><input type="checkbox"/> Deficiencia en otros procesos de tratamiento.<br><input type="checkbox"/> Conexión cruzada.<br><input type="checkbox"/> Retrosifonamiento.<br><input type="checkbox"/> Contaminación de tuberías principales durante la construcción/repación.<br><input type="checkbox"/> Construcción y ubicación inadecuadas del pozo o fuente de abastecimiento.<br><input type="checkbox"/> Uso de agua no destinada a la bebida.<br><input type="checkbox"/> Contaminación de las instalaciones de almacenamiento.<br><input type="checkbox"/> Contaminación a través de piedra caliza y rocas con fisuras.<br><input type="checkbox"/> Otras (especifique). |  |  |
| Origen del agua.<br><input type="checkbox"/> Pozo.<br><input type="checkbox"/> Lago, embalse, río, arrollo, quebrada.<br><input type="checkbox"/> Fuente.<br><input type="checkbox"/> Cisterna de agua lluvia, etc.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique).  |                        |                              |   |  |  |
| Tratamiento aplicado.<br><input type="checkbox"/> Ninguno.<br><input type="checkbox"/> Solo desinfección (especifique el tipo) _____<br><input type="checkbox"/> Coagulación.<br><input type="checkbox"/> Sedimentación.<br><input type="checkbox"/> Filtración.<br><input type="checkbox"/> A presión.<br><input type="checkbox"/> Rápida de arena.<br><input type="checkbox"/> Lenta de arena.<br><input type="checkbox"/> Lecho mixto.<br><input type="checkbox"/> Tierra diatomácea.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique). |                        |                              |   |  |  |
| Fuente de contaminación.<br><input type="checkbox"/> Líquido cloacal.<br><input type="checkbox"/> Animales.<br><input type="checkbox"/> Abastecimiento de agua alterno no tratado.<br><input type="checkbox"/> Uso de agua no tratada de fuente contaminada.<br><input type="checkbox"/> Aguas residuales industriales.<br><input type="checkbox"/> Aguas residuales agrícolas.<br><input type="checkbox"/> Suelos naturales de desechos de minería.<br><input type="checkbox"/> Otra fuente (especifique).                               |                        |                              | Anexos que deben acompañar al informe (adjúntese los que lleven *)<br><input type="checkbox"/> Resumen de historias clínicas de casos*.<br><input type="checkbox"/> Evaluación de laboratorio resumida*.<br><input type="checkbox"/> Cuadros de tasa de ataque*.<br><input type="checkbox"/> Encuesta sanitaria de la fuente, tratamiento y distribución del agua*.<br><input type="checkbox"/> Descripción (puede figurar al dorso)<br><input type="checkbox"/> Curva epidémica.<br><input type="checkbox"/> Recomendaciones para la prevención.<br><input type="checkbox"/> Otros (especifique).  |  |  |
| Investigador.   | Organismo notificador. |                              |   | Fecha.   |  |



## A1.2 Cloro propiedades físicas y químicas.

### a) Historia.

El cloro fue descubierto por el químico Scheele en 1,774 en forma de gas color verde, en un experimento que además permitió conocer el Oxígeno, Manganeseo en estado de óxido y el Bario en estado de carbonato. En 1811, después de estudios realizados por Gay Luzac y Thenard en Francia y Davy en Inglaterra, se reconoce, que este cuerpo es un elemento y se denomina Cloro.

### b) Aplicaciones del cloro en el año 1,785.

Su principal aplicación consistía en el blanqueo de telas con tratamientos sucesivos de cloro, con disolución pobre. En 1,785 Berthollet propuso un modo de blanqueo de telas que necesitaba de pocos días y consistía en la descomposición del agua, liberando oxígeno, ya que este oxida la materia colorante del lino utilizado en esa época.

### c) Acción del cloro sobre materias colorantes.

La acción del cloro sobre el hidrógeno se debe a la destrucción de las materias colorantes. Una disolución de cloro disminuye al instante las propiedades cualitativas del tornasol, añil, tinta común, etc.

### d) Estado natural.

El cloro se encuentra combinado en la naturaleza con todo tipo de metales, en estado de cloruro de sodio que se llama “sal gema” cuando se extrae de la tierra y sal marina cuando se extrae de las aguas del mar, las cuales, además, contienen potasio y cloruro de magnesio. También puede encontrarse en estado de cloruro de plomo y cloruro de plata.

### e) Propiedades físicas.

El cloro, es un gas tóxico amarillo verdoso, de olor penetrante e irritante, su densidad es  $2.44 \text{ gr/cm}^3$  y un litro de gas pesa 3.16 gr. Es soluble en el agua, por ejemplo, un litro de agua a  $0^\circ\text{C}$ , disuelve 1.44 litros de cloro. Su solubilidad máxima la alcanza cuando su temperatura pasa de  $0^\circ\text{C}$  a  $8^\circ\text{C}$ . El cloro líquido, es más pesado que el agua. Se evapora bajo temperatura y presión atmosférica normal.

f) Propiedades químicas.

El cloro es el cuerpo más electronegativo después del oxígeno, y por ello no se pueden combinar de forma directa y los compuestos obtenidos por estos elementos poseen poca estabilidad. En cambio el cloro se apropia, de gran manera, de cuerpos combustibles, metaloides o metales.

El cloro ataca casi a todos los metales, por ejemplo, en los casos siguientes:

- Si se sumerge potasio en gas cloro a temperatura ambiente, este se inflama inmediatamente.
- En un vaso con una disolución de cloro se dejará una hojilla de oro, se observará que ha desaparecido en pocos segundos.
- El mercurio es atacado por el cloro, directamente, a temperatura ambiente.

g) Acción sobre el agua.

La descomposición del agua en estado gaseoso es rápida cuando se pasa en vapor de cloro y aparece el ácido clorhídrico. El cloro disuelto en agua la descompone, aún, a temperatura ambiente, bajo la influencia de rayos solares, es por ello, que en los laboratorios, las disoluciones de cloro se guardan en frascos negros o en lugares donde la luz solar no les afecte directamente y tampoco el aumento de temperatura del sitio donde se almacene.

h) Compuestos derivados del cloro.

1. Ácido hipocloroso.

- a) Propiedades físicas. Es un líquido rojo bermejo de olor penetrante, su punto de fusión es a 20 °C, en estado gaseoso es amarillo, su densidad es 2.977 gr/cm<sup>3</sup>. El agua disuelve 200 veces su volumen de gas hipocloroso, esta disolución es amarilla y reacciona con la luz solar.

## 2. Ácido hipoclorito.

- a) Propiedades físicas. Es un líquido rojo oscuro, su punto de fusión  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , produce un gas amarillo verdoso cuya densidad es  $2.315\text{ gr/cm}^3$  y se solidifica en cristales rojo anaranjado. Puede emitir una explosión a temperatura poco elevada y no se prepara, más que en pequeñas dosis.

## 3. Ácido clorhídrico.

- a) Propiedades físicas. Es un gas incoloro, olor penetrante y sabor muy ácido, su densidad es  $1.247\text{ gr/cm}^3$ , su peso por litro es  $1.614\text{ gr}$ . El agua disuelve 464 veces su volumen, de gas ácido clorhídrico, a la temperatura de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  cuando el gas está puro su absorción es instantánea.
- b) Propiedades químicas. Es muy corrosivo. Al contacto del aire espesa gases espesos, debido a que se apropia del vapor de agua que existe en la atmósfera. Se descompone fácilmente por acción del calor.

### A1.3 Ensayo para determinar cloro residual.

1. Los tubos de 15 ml se llenan con el agua sometida a examinarse.
2. A uno de los tubos se le agrega 0.75 ml de solución Orthotolidina.
3. Después de agitar bien y esperar 5 minutos para que se desarrolle todo el color, este tubo se coloca en el compartimiento central del comparador colorimétrico y la muestra en blanco se coloca a la derecha de la anterior dentro del compartimiento derecho.
4. El comparador se coloca de tal manera que la luz entre por detrás, a través del vidrio esmerilado. De esta manera, la luz difusa pasa por las muestras y el disco de color, los cuales van siendo comparados hasta encontrar aquel color que más se aproxima con el de la muestra.
5. Una vez hecho esto, se lee directamente el valor de ppm del cloro residual que aparezca grabado a la par del disco de color.

La calibración de los estándares de color, oscilan de la manera siguiente: 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75 y 1.00 ppm. Sin embargo, esta calibración

se elige de acuerdo con las necesidades de control, por ejemplo, en piscinas se utilizan 0.20 ppm a 4.00 ppm, convendrá una gama entre 0.10 ppm y 10.00 ppm.

A3.1 Cuadrante topográfico 1:25,000.

#### A4.1 Programa de trabajo de la fase de anteproyecto

A4.2 Programa de trabajo de la fase de proyecto.





#### A5.2. Metodología en proyectos propiamente comunales.

Muchos proyectos comunitarios, se basan en las necesidades de las personas que habitan las áreas donde permanecen asentadas. Se reúnen intuitivamente, por lo general, idean el tema que más predomina entre sus problemas de comunidad, para mejorar su bienestar individual y colectivo según la zona donde pertenecen. Este liderazgo, generalmente es compartido por varios miembros de la comunidad, a los que se les van sumando otros al considerar que esto beneficia a sus familias y a los que viven en este lugar. La mayoría de esta práctica es empírica y poca estructurada en organización, pero sólo al inicio. Posteriormente, el trabajo va dando las pautas para ir planteando, de la mejor manera, los objetivos de superación. La gestión comunal, llega a ser importante cuando los líderes comunales intervienen en las relaciones planteadas entre instituciones del estado, privadas, ONG's y otras comunidades, esto, para conseguir la viabilidad de proyectos y su realización. A esta modalidad no escapa la comunidad Segundo Montes, con más de 20 años de gestionar su propio bienestar comunal, familiar y personal. También, la realización de proyectos propios, en particular, el de agua potable distribuida por gravedad, lleva consigo una práctica metodológica todavía empírica, ya que todo proyecto requiere inversión alta cada vez que sea más formal y sistematizado para que haya menores riesgos, o sea, que se garantice mejor la inversión y la duración de los proyectos en su vida útil o más.

Las etapas metodológicas en las que cualquier comunidad toma la iniciativa de sus proyectos, se puede resumir como sigue: 1) tener claridad en, que es necesario hacer un proyecto para que la problemática de un tema en especial se resuelva, y para ello, buscar las instancias más viables en sus alrededores tal como las alcaldías del municipio a la que pertenezca la comunidad, tener convicción donde les den orientaciones pertinentes, o tal vez ya la comunidad ha identificado alguna entidad para solicitar el esfuerzo, tal como una ONG, un programa nacional o internacional; 2) promover su proyecto con sus contactos e instituciones, para un posible financiamiento, formulación y realización, todo esto, para establecer los términos de participación de las distintas partes, incluyendo cada miembro de la comunidad que se verá beneficiado, preferiblemente, todos; 3) gestionar y diligenciar toda documentación y requisitos necesarios para factibilidad del proyecto, dejando clara

toda pregunta que implique la solución de la necesidad planteada; 4) aprobación y ejecución del proyecto una vez les hayan asignado todos los recursos y haber establecido los términos de participación en la ejecución y demás aportaciones complementarias, de acuerdo con la compromisos contraídos, según la carpeta técnica formulada y aprobada, la cual contiene toda la ingeniería del proyecto para su ejecución, incluyendo planos finales, presupuesto y especificaciones técnicas así como todas las garantías de realización y buena obra.

Bajo esta metodología comunal o compartida con demás instituciones y cooperantes, es que la comunidad Segundo Montes lleva a cabo su actual proyecto de agua potable, desde la quebrada Las Marías, (650 m.s.n.m.) a ocho caseríos y que llega hasta el caserío Cutuco (450 m.s.n.m.) en su punto más elevado y más bajo respectivamente sirve de base de operaciones donde se construye el reservorio principal de sedimentación, plantas de filtración y un tanque de distribución de 100 m<sup>3</sup>, también habrán tres tanques similares en otros caseríos.

En proyectos participativos como estos, la comunidad Segundo Montes, se práctica aún el semi empirismo, porque algunos estudios de detalles se realizan de manera incompleta por las altas inversiones que estos implican como, por ejemplo, la cantidad de kilómetros a levantar topográficamente de la fuente al reservorio principal y a los ocho caseríos, para el paso de tubería enterrada y se ha simplificado a través de cartografía de base reconocida, cuadrante 2557 I SW, escala 1:25,000 señalización y permisos con autorización previa que han sido concedidos por la alcaldía de Meanguera y propietarios de terrenos. Los estudios de calidad de agua se hicieron, ineludiblemente, necesarios fundamentalmente, para conocer el costo y alternativas de potabilización del agua de la quebrada. La poca supervisión desde varios intereses apela a que la comunidad haga su trabajo lo más conciente posible a pesar de su buena disposición y voluntad, para evitar problemas posteriores y que haya más gastos innecesarios, etc.

Por otro lado, son importantes algunos aspectos como la naturaleza del proyecto, aunque con la necesidad y el problema que la comunidad tenga, la magnitud del proyecto a corto, mediano o largo plazo y su inversión, que contenga toda la conveniencia necesaria en infraestructuración, sostenibilidad garantizando que siempre el sistema estará en operación, funcionando bien, sin interrupciones ni fallas

en la materia prima (agua) en cualquier época (invierno y verano), por eso, la organización comunal es clave en el funcionamiento, así mismo, para tener una buena (sana) administración permanente. En la participación de la comunidad, es vital, que todos participen a largo plazo, las generaciones de nueva población, también se vallan integrando con experiencia de los más antiguos, para que el proyecto perdure en la sostenibilidad. Las ADESCO, son parte de lo que implica esta organización así como las juntas directivas o comisiones comunales. En la comunidad Segundo Montes, el proyecto de agua potable requiere de estos aspectos, donde el agua de La quebrada Las Marías ( $Q_{min} = 15 \text{ l/s}$ ) se obtenga lo más limpia posible desde el inicio, así, el tratamiento que se le dará, será mínimo y se verá reflejado en los costos de operación, es decir, que la buena calidad del agua a servir, esta va a depender de la vigilancia que se haga en la contaminación del agua de la fuente de abastecimiento, para lograr el bienestar familiar buscado, y resolver el problema de saneamiento familiar en la población beneficiada de la zona, incidiendo positivamente en la salud pública de los municipios y departamentos correspondientes del país. Otro aspecto de gran importancia en esta metodología de trabajo, de proyectos, es la voluntad de la comunidad y cada uno de sus miembros, que tengan propección a resolver sus problemas, enfrentándolos sostenidamente, y si predominara el decaimiento, por alguna causa, el proyecto comienza a derrumbarse, y esto, no conviene a nadie, ya sea participante o persona que haya participado, aunque los años hayan pasado en buena parte de la vida útil del proyecto; por eso, debe haber permanentemente, capacitaciones, entrenamiento, llamados a la participación por bien común, familiar y personal, etc, para sostener el proyecto, cada vez reestructurando y revisando la organización y rotando sus miembros en la toma de decisiones.

En esta metodología de proyectos, si bien es cierto que bajo la jurisdicción de los entes estatales, tierras nacionales y requisitos cumplidos, se llevan a cabo los proyectos, es cierto también, que la inversión no es la mayor parte del estado sino de entes como la Cooperación Española, internacional, comunal y la privada, entonces, aunque el proyecto es de carácter puramente social, también es más privado que estatal y en consecuencia, habrá autorregulaciones que se homologan internamente con los que haya en la zona, sin sobrepasar estas y por ello en la mayoría de casos los

montos a pagar por cada abonado servido, son más favorables que los existentes en cuestión de tarifas de los abonados del proyecto.

La experiencia va indicando, que en cualquier momento, el estado pretendiera tomar jurisdicción directa administrativa o apropiativa del proyecto, bajo alguna modalidad como “ más ayuda” “ampliación de servicios”, “compra directa”, o por alguna forma “legal” de agraviamiento, todo esto no favorece a la comunidad en su proyecto funcionando bien, esta situación debe estar bajo vigilancia, en atención a no perder el proyecto ni legal, ni en la práctica de su operación dado por cuenta propia en la sostenibilidad, aún, cuando sea un proyecto comunal lo que pertinentemente tendrá que ir haciendo la comunidad y sus operantes son evaluaciones continuas para la buena marcha de todo el sistema, esto constituye la vigilancia responsable de los proyectos sociales.

El proyecto de abastecimiento de agua en los caseríos de la comunidad Segundo Montes es trascendental, en la vida de la población, ya que se trata del problema de saneamiento, de la salud pública, humana, de buena cantidad de población 3,732 habitantes del país, autogestiva, buscando resolver sus propios problemas para su bienestar y calidad de vida. En este proceso metodológico de proyectos comunales, utilizando recursos naturales renovables, agua superficial de pequeños ríos o quebradas, es necesario que la comunidad se concientice en la protección de este, cuando realice por otros medios la extracción de agua, que sea sólo la necesaria a utilizar, de lo contrario, la reinyección del uso cuando sea recuperable cualquier remanente o reposición de esta íntegramente, cuando se haya utilizado agua de la fuente, tratando de mantener el equilibrio o permanencia de los volúmenes originales. Es recomendable no impactar negativamente en todo lo que fuera posible, o de cualquier manera, reponer o compensar los impactos realizados en el entorno, además, mitigar cualquier impacto que se halle previsto asimismo, lo que pueda impactar negativamente a lo largo de la vida útil del proyecto y su ampliación cuando la hubiera, en lo particular, se prevé hacer otro reservorio para abastecer otros poblados de caseríos vecinos.

## Glosario técnico

Accesorios. Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc.

Acometida. Derivación de red local de acueducto que llega hasta el registro de corte en el inmueble.

Acometida de alcantarillado. Derivación que parte de la caja de inspección y llega hasta el colector de la red local.

Acueducto. Sistema de abastecimiento de agua para una población.

Acuífero. Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo acción de la gravedad o diferencias de presión.

Aducción. Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Afluente. Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento. (RESOLUCIÓN NUMERO 1096 de 2000)

Agua cruda. Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Aguas grises. Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Agua para consumo humano. Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos y consumo.

Agua potable. Es aquella que reúne requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, y puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

Aguas lluvias. Aguas provenientes de precipitación pluvial.

Aguas residuales. Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

Aguas residuales domésticas. Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.

Aguas residuales municipales. Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

**Aire.** fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición es, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

**Alcantarillado.** Conjunto de obras para recolección, conducción y disposición final de aguas residuales y aguas lluvias.

**Alcantarillado de aguas residuales.** Sistema compuesto por toda instalación destinada a recolectar y transportar aguas residuales domésticas e industriales.

**Alcantarillado separado.** Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector.

**Alcalinidad.** Representa los contenidos de bicarbonatos, carbonatos e hidratos, normalmente este parámetro se utiliza para definir las sustancias que deben utilizarse en los procesos de tratamiento de aguas y como indicador de contaminación, principalmente, en agua superficial.

**Aliviadero.** Estructura diseñada en colectores combinados, con el propósito de separar caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia.

**Almacenamiento.** Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir picos horarios y demanda contra incendios.

**Amenaza.** Peligro latente asociado con potencial ocurrencia de eventos de origen natural o antrópico que se puede manifestar en un sitio específico y tiempo determinado produciendo efectos adversos en un sistema. Se expresa matemáticamente como la probabilidad de ocurrencia de un evento de una cierta intensidad, en sitio específico y durante un tiempo de exposición definido.

**Análisis.** Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por laboratorios de este tipo.

**Análisis de vulnerabilidad.** Estudio que permite evaluar riesgos potenciales a que están sometidos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

- Análisis físico-químico de agua. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.
- Análisis microbiológico del agua. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.
- Área Natural Protegida. Territorio que tiene tratamiento especial para la administración, manejo y protección especial del ambiente y recursos naturales renovables.
- Atmósfera. Capa gaseosa que rodea la Tierra.
- Autoridad Ambiental competente. Es encargada de vigilar, recuperar, conservar, proteger, ordenar, manejar, usar, aprovechar y controlar residuos naturales renovables y del medio ambiente.
- Bacteria. Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.
- Bacterias coliformes totales. Muestran la cantidad de coliformes presentes. Bacterias que son indicativas de contaminación por heces fecales.
- Bacterias coliformes fecales. Es una prueba de confirmación de la contaminación con heces fecales.
- Bacterias heterótrofas. Bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos.
- Basura. Material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o recirculación a través de un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, no se reincorporan al ciclo económico y productivo, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición. (RESOLUCIÓN NUMERO 1096 de 2000)
- Bocatoma. Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

- Calidad del agua. Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.
- Captación. Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.
- Carbón activado. Forma de carbón altamente absorbente, usada para remover material orgánico disuelto causante del mal sabor, color y olor del agua.
- Casa. Edificación unifamiliar destinada a vivienda.
- Caudal de diseño. Caudal estimado con el cual se diseñan equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.
- Caudal ecológico. Caudal mínimo de reserva que se considera necesario para la conservación de la flora, fauna y ecosistema existente en una corriente o cuerpo de agua, debajo de un sitio específico.
- Cloración. Aplicación de cloro al agua generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.
- Cloro residual. Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.
- Coagulación. Formación de floculos precipitados o incipientes mediante cambios físicos-químicos que tienen lugar entre el coagulante soluble y la alcalinidad del agua. Aglutinación de partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.
- Coagulantes. Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.
- Colector principal o matriz. Conducto cerrado circular, semicircular, rectangular, entre otros, sin conexiones domiciliarias directas que recibe caudales de tramos secundarios, siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector.
- Coliformes. Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.



- Color.** En el agua el color puede ser verdadero o aparente, según contenga sustancias disueltas o en suspensión. En agua subterránea el color es amarillento, generalmente debido a presencia de compuestos de ácido húmico y tánico que dan dicho color o por la presencia de sales de hierro.
- Compactación.** Proceso para incrementar el peso específico (densidad en unidades métricas) de materiales residuales y selectos para que puedan ser almacenados y transportados más eficazmente.
- Concentración.** Es la medida de la cantidad de sustancias disueltas contenidas por unidad de volumen de solución. Puede expresarse como partes por millón, miligramos por litro, etc. Relación existente entre su peso y volumen del líquido que lo contiene.
- Concreto.** Mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.
- Conducción.** Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.
- Conducto.** - Estructura hidráulica destinada al transporte de agua.
- Conductividad.** La conductividad es la capacidad de una sustancia o mezcla de sustancias para transmitir la corriente eléctrica o el calor. Esta propiedad está directamente relacionada con la cantidad de sales disueltas. A mayor cantidad de sales disueltas mayor conductividad. El agua de buena calidad deberá tener un rango de entre 500 a 1600  $\mu\text{mhos/cm}$ .
- Conexión.** Ejecución de acometida e instalación del medidor de acueducto.
- Conexión domiciliaria.** Tubería que transporta aguas residuales y aguas lluvias desde la caja domiciliar hasta un colector secundario. Generalmente son de 150 mm de diámetro para vivienda unifamiliar.
- Conexiones erradas.** Contribución adicional de caudal debido al aporte de aguas pluviales en la red de aguas sanitarias y viceversa.
- Constructor.** Profesional, ingeniero civil o arquitecto, bajo cuya responsabilidad se dirige la construcción de una edificación. (LEY 400 DE 1997).
- Consumo.** Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

- Contaminación.** Alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y salud de personas, atentar contra la flora y fauna, degradando la calidad del medio ambiente de personas particulares.
- Contaminación atmosférica.** Fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.
- Contaminante.** Cualquier elemento, combinación de elementos, o formas de energía que actual o potencialmente pueda producir alteración ambiental. La contaminación puede ser física, química o biológica.
- Contaminantes.** Son fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, recursos naturales renovables y la salud humana que,
- Contaminación del agua.** Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que producen enfermedad o muerte al consumidor.
- Cloruros.** Son abundantes en la naturaleza, por eso los encontramos hasta en el agua lluvia. El valor máximo admisible en agua potable es de 250 mg/l. Así, una vez establecido el contenido de cloruros en el agua es importante vigilar que éste no sufra variaciones bruscas, de lo contrario indicará que ha habido contaminación con aguas domésticas o industriales.
- Cuerpo receptor.** Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.
- Desastre.** Alteración grave de condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental o intencional, que requiera por ello de la especial atención de organismos del Gobierno y otras entidades de carácter humanitario o de servicio social.
- Desecho.** Término general para residuos sólidos, excluyendo residuos de comida y cenizas sacados de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones.

- Desechos industriales. Desechos líquidos de la manufactura de un producto específico. Usualmente son más concentrados y tienen mayores variaciones de caudal que los desechos domésticos.
- Desinfección. Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.
- Diámetro. Diámetro real interno de conductos circulares.
- Difusor. Dispositivo para dispersar un fluido en otro
- Deslizamiento. Evento gradual o súbito, en ocasiones predecible, controlable y alterable. La gravedad del impacto se relaciona con el volumen de material deslizado, la velocidad y trayectoria de la masa en movimiento, el tamaño de las rocas y tipo de movimiento, todo esto en función de la ubicación geográfica del sistema.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Gas incoloro, inodoro y no tóxico que produce ácido carbónico cuando está disuelto en agua. Se produce durante la degradación térmica y descomposición (microbial) por microbios de residuos sólidos.
- Disposición final. Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.
- Disposición final de residuos. Proceso de aislar y confinar residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar contaminación, y daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.
- Disposición final de residuos sólidos peligrosos. Actividad de incinerar en dispositivos especiales o depositar en rellenos de seguridad residuos peligrosos, de tal forma que no representen riesgo ni causen daño a la salud de personas o al ambiente.
- Dosificación. Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.
- Dotación. Cantidad de agua asignada a una población o habitante para su consumo en tiempo determinado, expresada en términos de litro por habitante por día.
- Drenaje. Estructura destinada a la evacuación de aguas subterráneas o superficiales para evitar daños a estructuras, terrenos o excavaciones.

Dureza total. Al igual que la alcalinidad no es importante en la determinación de contaminación del agua, pero igualmente es importante desde el punto de vista técnico.

Ecosistema Ambientalmente Sensible. Es aquel que es altamente susceptible al deterioro por la introducción de factores ajenos o exógenos.

Efluente. Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Eliminación. Cualquier operación que puede conducir a la disposición final o a la recuperación de recursos, reciclaje, regeneración, compostaje, reutilización directa y a otros usos.

Emergencia. Evento repentino e imprevisto que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencia de fallas técnicas, operación, diseño, control o estructurales, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas, que alteran su operación normal o la calidad del agua, y que obligan a adoptar medidas inmediatas para minimizar las consecuencias.

Emisión. Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil

Emisión de ruido. Presión sonora que, genera en cualesquier condición y trasciende al medio ambiente o al espacio público.

Empresa de servicios públicos privada. Es aquella cuyo capital pertenece mayoritariamente a particulares, o entidades surgidas de convenios internacionales que deseen someterse íntegramente a reglas que se someten los particulares.

Erupción volcánica. Evento gradual, no controlable ni alterable por el hombre y predecible, súbito si se trata de volcanes no conocidos o no vigilados. La gravedad del impacto se relación con el volumen de cantidad arrojado, carácter explosivo, duración de la erupción, espesor de depósitos, radio de cobertura por la caída de productos aéreos como ceniza volcánica y ubicación de sistemas existentes, además de las trayectorias de flujos en las cercanías del volcán a través de sus drenajes.

Evento. Ocurrencia de un estado tal de concentración de contaminantes en el aire que, dados sus valores y tiempo de duración, impone la declaratoria por la autoridad ambiental competente, de alguno de los niveles de contaminación, distinto del normal.

Escherichia Coli. Es una especie de bacteria que habita normalmente en el intestino humano y los animales de sangre caliente. Es uno de los organismos específicos del grupo coliforme. Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer enzimas a - Galactosidasa y b - glucoroanidasa. Se desarrolla a  $44 \pm 0.5$  °C en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa.

Escorrentía. Volumen de agua que llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia.

Espacio Público. Inmuebles públicos que están destinados por su naturaleza, a la satisfacción de necesidades colectivas.

Estación de bombeo. Componente destinado a aumentar la presión del agua con el objeto de transportarla a lugares o estructuras más elevadas.

Estudio de evaluación de impacto ambiental. Estudio destinado a identificar y evaluar potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

Estudio de impacto ambiental. Es el conjunto de información que deberá presentarse ante la autoridad ambiental competente, el peticionario de una Licencia Ambiental.

Excavación. Retiro permanente o temporal de una masa de material térreo con el objeto de instalar un ducto, construir una obra, modificar la topografía del terreno, explotar materiales, etc.

Filtración. Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Filtración lenta. Proceso de filtración a baja velocidad.

Filtración rápida. Proceso de filtración a alta velocidad.

Floculación. Consiste en agitar suavemente el agua tratada con coagulante durante un periodo de tiempo apreciable, para completar las reacciones de coagulación, hasta alcanzar condiciones que permitan que el material floculento se junte y se adhiera formando grandes masa de floculos.

Flotación. Proceso de separación de sólidos del agua mediante adhesión de microburbujas de aire a las partículas para llevarlas a la superficie.

Fosfatos. Este elemento se busca solamente en agua superficial, si se encuentra fosfato en la muestra analizada, por pequeña que sea la concentración, se debe también analizar otros contaminantes como nitratos y efectuar estudios bacteriológicos.

Fuente de abastecimiento. Todo recurso de agua utilizado en un sistema de suministro de agua.

Fuente de abastecimiento de agua. Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Grupo coliforme. Comprende todas las bacterias gram negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la b galactosidasa. (Decreto número 475 de 1998) Hidrante.- Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

Humedad. Relación existente entre el peso del agua y peso de los sólidos en un suelo. Se expresa en porcentaje.

Impacto ambiental. Afectación del entorno ocasionada por la realización de una obra.

Infiltración. Proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo.

Instalación interna. Conjunto de tuberías y accesorios que recogen y conducen aguas residuales o lluvias de edificaciones hasta la caja de inspección domiciliar.

- Inundación. Evento gradual o súbito, que puede ser predecibles al contar con medios adecuados y pueden ser controlables al realizar las obras de mitigación correspondientes
- Licencia Ambiental. Autorización que otorga la Autoridad Ambiental competente para la ejecución de una obra o actividad, sujeta al cumplimiento por el beneficiario de la Licencia de los requisitos que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales de la obra o actividad autorizada.
- Licencia de construcción. Acto administrativo por medio del cual se concede, a solicitud del interesado, autorización para adelantar la construcción de una edificación.
- Limpieza. Conjunto de actividades tendientes a dejar las áreas públicas libres de todo residuo sólido diseminado o acumulado.
- Lodo (en potabilización). Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante procesos de tratamiento.
- Manejo. Conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o la eliminación de residuos o desechos sólidos
- Mantenimiento. conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando estas ya se hubieren producido, a fin de conseguir el buen funcionamiento de un sistema.
- Mantenimiento correctivo. Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.
- Mantenimiento preventivo. Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

**Materiales.** Escombros, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

**Materiales de construcción.** Arena, grava, piedra, recebo, asfalto, concreto y agregados sueltos, de construcción o demolición. Capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Ladrillo, cemento, acero, hierro, mallas, madera, formaleta y similares.

**Medidas de Compensación.** Obras dirigidas a resarcir y retribuir a comunidades, regiones y localidades por impactos negativos que no puedan ser evitados, corregidos o satisfactoriamente mitigados.

**Medidas de Corrección.** Obras dirigidas a recuperar, restaurar condiciones del medio ambiente afectado.

**Medidas de mitigación.** Actividades dirigidas a atenuar y minimizar impactos y efectos negativos de un proyecto, actividad sobre el entorno humano y natural.

**Medidas de Prevención.** Actividades encaminadas a prevenir y controlar posibles impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra sobre el entorno humano y natural.

**Medidor.** Dispositivo mecánico que mide el consumo de agua.

**Metales pesados.** Elementos tóxicos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a  $5,0 \text{ g/cm}^3$  por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc.

**Micromedición.** Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

**Mililitro (ml).** Es la milésima parte de un litro.

**Minimización.** Reducción en la producción de residuos sólidos tendiente a disminuir riesgos para el medio ambiente, recursos naturales y salud humana. Incluye actividades dirigidas a productores de empaques y consumidores.

**Monitoreo.** Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas en un sitio, sistema o población en periodos determinados, con el objeto de identificar impactos y riesgos potenciales



hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

**Mezclado.** Distribución uniforme y rápida de un coagulante u otro producto químico, en el agua que se está tratando, antes que se verifiquen reacciones químicas en proporción notable.

**Nivel freático.** Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno.

**Nitritos.** Estos pueden provenir de descargas industriales o de la oxidación del amoníaco, si se encuentran en agua subterránea es indicio que ese pozo se ha contaminado con agua superficial contaminada.

**Nitratos.** Pueden ser de origen animal o pueden provenir de descargas domésticas y también de la escorrentía de aguas lluvias en terrenos tratados con fertilizantes a base de nitrato de amonio. Si se encuentra en agua subterránea nitratos, pero no se detectan nitritos ni amoníaco significa que los estratos superficiales del terreno están contaminados, y que en éstos hay mineralización de sustancias orgánicas que en cualquier momento pueden contaminar el agua.

**Número más probable (NMP).** Es la mejor estimación, de acuerdo con la teoría estadística del número de organismos coliformes presentes en una muestra de agua de 100 ml.

**Olor.** El agua de uso potable debe ser inolora, pero si tiene olor puede deberse a la presencia de compuestos orgánicos volátiles, microorganismos (plancton). Repentinas variaciones en cantidad y calidad deben ser tomadas en cuenta porque son indicadores de contaminación biológica e industrial.

**Operación.** Conjunto de acciones externas que se ejecutan en instalaciones o equipos para conseguir el buen funcionamiento de un sistema.

**Optimización.** Proceso de diseño y construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre componentes de un sistema e incrementar su capacidad, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

**Oxígeno disuelto** Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/l.

Persona que presta el servicio público de acueducto. Persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de servicios públicos domiciliarios.

Pila pública. Fuente de agua instalada por la entidad prestadora del servicio de acueducto, de manera provisional, para el abastecimiento colectivo en zonas que no cuenten con red local de acueducto, siempre que las condiciones técnicas y económicas impidan la instalación de redes domiciliarias.

pH. Es el peso equivalente en gramos de iones de hidrógeno.

Plan de Manejo Ambiental. Plan que, de manera detallada, establece acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad; incluye también planes de seguimiento, evaluación, monitoreo y contingencia.

Planta de tratamiento. Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Planta de tratamiento de agua potable PTAP, planta de potabilización. Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Población servida: Número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

Pozo o cámara de inspección. Estructura de ladrillo o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de colectores.

Precipitación. Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado. Usualmente se mide en mm/año.

Pretratamiento. Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final.

**Propietario.** Persona natural o jurídica, dueña del terreno, a nombre de la cual se expide la licencia de construcción y quien contrata diferentes profesionales que intervienen en el diseño, construcción y supervisión técnica del sistema a ejecutar y elementos contemplados por ley y reglamentos.

**Proyecto, Obra o Actividad.** Incluye planeación, ejecución, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, ensamble, mantenimiento, operación, funcionamiento, modificación, y desmantelamiento, abandono, terminación, del conjunto de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura relacionadas y asociadas con su desarrollo.

**Puesta en marcha.** Actividades que se realizan cuando un sistema va a empezar a funcionar al final de la etapa constructiva.

**Punto de captación.** Lugar en el cual el usuario toma el recurso hídrico para cualquier uso.

**Recolección.** Acción y efecto de recoger y retirar residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la persona prestadora del servicio.

**Recurso.** Todas las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas.

**Red de distribución o Red Pública.** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

**Red interna.** Conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público de acueducto al inmueble a partir del medidor.

**Red matriz.** Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias.

**Red primaria.** Véase Red matriz.

**Reglamento Técnico** Reglamento de carácter obligatorio expedido por la autoridad competente, con fundamento en la Ley, que suministra requisitos técnicos, bien sea directamente o mediante referencia o incorporación del

contenido de una norma nacional, regional o internacional, una especificación técnica o un código de buen procedimiento.

**Rejilla.** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.

**Reservorio.** Un área natural o artificial sostenida y usada para almacenar agua. Estanque, lago o cuenca, naturales o artificiales, para la conservación, regulación y control de agua.

**Residuo sólido o desecho.** Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

**Restauración Ambiental.** Recuperación y adecuación morfológica y ecológica de un área afectada por actividades que hayan introducido modificaciones considerables al paisaje y efectos graves a los recursos naturales.

**Riesgo Potenciales.** Consecuencias económicas, sociales o ambientales que se pueden generar como resultado de daños o pérdida de función de un sistema durante un tiempo de exposición definido.

**Saneamiento básico.** Actividades propias del conjunto de servicios domiciliarios de alcantarillado y aseo.

**Sabor.** El agua para que sea de buena calidad tiene que ser insabora. Una clasificación puede ser hecha distinguiendo los siguientes sabores: ácido, dulce, salado y amargo.

**Sedimentación.** Deposito de los floculos en estanques y reservorios especialmente diseñados para tal propósito. Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**Separación en la fuente.** Clasificación de residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

**Sequía.** Evento gradual de inicio lento en períodos de años, predecible al contar con medios adecuados, controlable al tomar medidas a largo plazo. La gravedad del impacto se relaciona con el déficit de lluvias, el nivel de

precipitaciones, periodo de sequía, área de erosión de la superficie del terreno y la extensión de la zona climática desértica

Servicio público domiciliario de acueducto o servicio público domiciliario de agua potable. Es la distribución de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión. También forman parte de este servicio las actividades complementarias tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento y transporte.

Servicios públicos. Son todos los servicios y actividades complementarias a que se aplica.

Servicios públicos domiciliarios. Son los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía pública básica conmutada, telefonía móvil rural, y distribución de gas combustible.

Sismo, temblor o terremoto. Vibraciones de la corteza terrestre inducidas por el paso de ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre.

Sistema. Grupo de elementos, componentes y métodos operacionales cuya función es la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua potable y el saneamiento básico.

Sistema de conducción Conjunto de tuberías, ductos o canales que sirven para conducir un fluido.

Sistema de potabilización Conjunto de procesos unitarios para purificar el agua y que tienen por objeto hacerla apta para el consumo humano.

Suelo Rural. Constituido por terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

Suelo suburbano. Constituyen esta categoría las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en que se mezclan usos de suelo y las formas de vida del campo y la ciudad.

Suspensión del servicio de acueducto. Interrupción temporal del servicio por la falta de pago oportuno o por otra de las causales imprevistas.

Sustancias peligrosas. Son aquellas que, aisladas o en combinación con otras, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables,

volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al medio ambiente. Estas se encuentran principalmente en agua superficial. Pueden ser de origen natural o provenir de descargas industriales, agrícolas y domésticas.

Tanque de almacenamiento. Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

Toxicidad: propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o muerte de un organismo vivo.

Tratamiento. Conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y riesgos para la salud humana.

Tratamiento primario. Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.

Tubería. Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Turbiedad. Es la condición de líquido debido a material visible, finamente dividido y en suspensión, que puede ser de tamaño suficiente como para distinguirlo a simple vista. Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Unidades formadoras de colonias (UFC). Es el resultado obtenido por el método de filtración por membranas del número de unidades formadoras de colonias en 100 ml de agua.

Usuario. Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio.

Valor admisible. Valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

Vertedero. Dispositivo hidráulico de rebose de un líquido.

Vertimiento. Descarga final al recurso hídrico, de un elemento, sustancia o compuesto que esté contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios o aguas residuales.

Vía pública. Áreas destinadas al tránsito público, vehicular o peatonal, que componen la infraestructura vial del caserío, cantón o ciudad y que comprende: avenidas, calles, carreras, transversales, diagonales, calzadas, separadores viales, puentes vehiculares y peatonales o cualquier otra combinación de los mismos elementos que puedan extenderse entre una y otra línea de las edificaciones.

Zona. Ámbito geográfico del área urbana y rural del municipio que constituye una unidad operativa para la prestación del servicio.