

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudios y diseños del sistema de agua potable del
barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón
Gonzanamá.**

Trabajo de fin de titulación

Autora:

Alvarado Espejo Paola.

Directora:

Lapo Pauta Carmen Mireya, MSc.

LOJA – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

MSc.

Carmen Mireya Lapo Pauta

DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de fin de carrera desarrollado para obtener el título de Ingeniero Civil, titulado: “Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, Cantón Gonzanamá” realizado por la profesional en formación: Paola Alvarado Espejo, ha sido elaborado bajo mi dirección y minuciosamente supervisado y revisado, por lo que autorizo su presentación a la Titulación de Ingeniería Civil.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

f:

MSc. Carmen Mireya Lapo Pauta.

CI: 1102738448

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Las ideas y conceptos, así como el tratamiento formal y científico de la metodología de la investigación contemplados en la tesis sobre **“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN VICENTE, PARROQUIA NAMBACOLA, CANTÓN GONZANAMÁ”**, previa a la obtención del grado de Ingeniero Civil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

f:

Paola Alvarado Espejo.

CI: 1104478647

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Paola Alvarado Espejo, declaro ser autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar del Art. 67 de Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f:

Paola Alvarado Espejo.

CI: 1104478647

DEDICATORIA

De todo corazón y con mucha gratitud dedico este trabajo:

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis queridos padres Sixto y Diana, quiénes me han guiado y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante todo el transcurso de mi carrera; dándome sus consejos para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos que me propuse.

A mis hermanas Johanna y Valeria que siempre estuvieron junto a mí dándome el aliento necesario para lograr este objetivo.

A mi tía María, a quien quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por estar siempre dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi esposo Israel, que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para cumplir otra etapa en nuestras vidas.

A mi hijo Santiaguito, que es el motivo y la razón que me permite cada día esforzarme más para cumplir cada uno de mis ideales de superación, y que recuerde siempre que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que impida lograrlo.

AGRADECIMIENTO

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Titulación de Ingeniería Civil y en ella a los distinguidos docentes quienes con sus profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A mi directora MSc. Mireya Lapo P. quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar esta tesis, me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminada.

Al Gobierno Autónomo Municipal del Cantón de Gonzanamá y la comunidad de San Vicente, por su colaboración y por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo investigativo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para hacer realidad este sueño.

ÍNDICE

CAPÍTULO I : ESTUDIOS PRELIMINARES

1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
1.2	Introducción.....	2
1.3	Antecedentes.....	3
1.4	Características de la población	3
1.4.1	Ubicación geográfica.....	4
1.4.2	Clima	5
1.4.3	Topografía de la zona	6
1.5	Descripción de la población	6
1.5.1	Población y viviendas	6
1.5.2	Género	7
1.5.3	Edad.....	8
1.5.4	Pobreza y desigualdad	10
1.5.5	Migración	10
1.5.6	Servicios públicos existentes	11
1.5.6.1	Establecimientos educativos.....	11
1.5.6.2	Servicios comunitarios	12
1.5.6.3	Salud y aspectos sanitarios	12
1.5.6.4	Actividades económicas	12
1.6	Estado sanitario actual.....	14
1.6.1	Sistema existente	14

CAPÍTULO II : BASES DE DISEÑO

2.1	Generalidades.. ..	18
2.2	Período de diseño	18
2.3	Población de diseño.....	20
2.4	Encuestas y análisis de datos	20
2.4.1	Índice de crecimiento	21
2.4.2	Cálculo de la población futura.....	22
2.4.2.1	Método aritmético	22
2.4.2.2	Método geométrico.....	23
2.4.2.3	Método de Wappaus	23
2.5	Cálculo.....	24
2.5.1	Población futura de San Vicente	24
2.6	Demanda y consumo de agua	25
2.6.1	Determinación de dotaciones.....	25
2.6.2	Variaciones de la demanda.....	26
2.6.3	Dotación media futura	26
2.6.3.1	Dotación media actual	26
2.6.4	Elección del nivel de servicio.....	27
2.6.5	Determinación de la dotación media futura.....	28
2.6.6	Cálculos de las demandas o consumos de agua.....	29
2.6.6.1	Caudal medio diario (Qmd).....	29
2.6.6.2	Caudal máximo diario (QMD)	30
2.6.6.3	Caudal máximo horario (QMH)	30

2.6.6.4	Volúmenes de almacenamiento	31
2.7	Caudales de diseño	32
2.7.1	Caudal de la fuente	32
2.7.2	Caudal de la captación	33
2.7.3	Caudal de la conducción.....	34
2.7.4	Planta de tratamiento	34
2.7.5	Red de distribución.....	35

CAPÍTULO III: UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1	Trabajo topográfico	37
3.2	Estudio de suelos	38
3.3	Trabajos de gabinete.....	43
3.3.1	Diseños de los componentes del sistema de agua potable.....	43
3.3.1.1	Fuente de abastecimiento para la población de San Vicente.....	43
3.3.1.2	Análisis de la calidad del agua de la fuente.....	52
3.3.1.3	Selección del método de tratamiento para agua potable.....	56
3.3.1.4	Captación	57
3.3.1.5	Desarenador	67
3.3.1.6	Filtro lento descendente.....	85
3.3.1.7	Sistemas de desinfección	89
3.3.1.8	Reserva	95
3.3.1.9	Conexiones domiciliarias	98
3.3.1.10	Análisis tarifario	99
3.3.1.11	Presupuesto y cronograma del sistema de agua potable.....	99
3.3.2	Aprobación de la alternativa de la opción técnica:.....	101

CAPÍTULO IV : CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

4.1	Red de conducción.....	104
4.1.1	Celeridad.....	108
4.2	Sistema de conducción adoptado.....	109
4.2.1	Cálculo hidráulico de la línea de conducción	110
4.3	Red de distribución.....	119

CAPÍTULO V : IMPACTO AMBIENTAL

5.1	Generalidades	123
5.2	Descripción del medio ambiente	123
5.3	Descripción del proyecto	125
5.4	Pronóstico y análisis de impactos	125
5.4.1	Impactos positivos	126
5.4.2	Impactos negativos	126
5.5	Evaluación de los impactos ambientales	127
5.5.1	Matriz de Leopold	127
5.6	Mitigación, prevención y compensación de impactos negativos	129
5.6.1	Interpretación gráfica de la matriz causa - efecto: (Método de Leopold)...	131
5.7	Descripción de los efectos ambientales identificados	131

CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y ,MANTENIMIENTO

6.1	Formas de manejo del sistema de agua potable para el barrio de San Vicente ...	137
6.2	Consejos y procesos de operación y mantenimiento	140

6.3	Limpieza de unidades	141
6.4	Elaboración del manual para el operador	142
6.4.1	Sistema de agua potable	142

CAPÍTULO VII: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

7.1	Generalidades	165
7.1.1	Constructor	165
7.1.2	Descripción de trabajo	165
7.1.3	Cantidades	166
7.1.4	Orden de trabajo	166
7.1.5	Responsabilidad por obra civil, materiales y equipos	166
7.1.6	Preparativos para iniciar la construcción	166
7.2	Especificaciones generales de construcción	167
7.2.1	Replanteo	167
7.2.2	Limpieza y desbroce	167
7.2.3	Excavaciones	168
7.2.4	Relleno	169
7.2.5	Demoliciones	170
7.2.6	Hormigones	171
7.2.7	Colocación de acero de refuerzo	175
7.2.7	Encofrados	177
7.2.8	Mampostería	178
7.2.9	Contrapisos	179
7.2.10	Enlucidos	180
7.2.11	Preparación, diseño, construcción y remoción del encofrado	181
7.3	Especificaciones generales de líneas de conducción y distribución	182
7.3.1	Excavación de zanjas	182
7.4	Instalación de conexiones domiciliarias	184

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones	190
8.2	Recomendaciones	193

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III :DISEÑO DE UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Tabla 3.1 Cálculo de la precipitación máxima en 24 horas en la microcuenca vertiente Los Alizos.....	48
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I : ESTUDIOS PRELIMINARES

Cuadro 1.1 Tabulación de resultados de la encuesta socio-económica.....	9
Cuadro 1.2 Porcentaje de migrantes del cantón Gonzanamá	11

CAPÍTULO II : BASES DE DISEÑO

Cuadro 2.1 Períodos de diseño de las diferentes unidades de un sistema	19
Cuadro 2.2 Población actual del barrio San Vicente	21
Cuadro 2.3 Tasas de crecimiento poblacional	22
Cuadro 2.4 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua	27
Cuadro 2.5 Dotación media futura de agua para los diferentes niveles de servicio	28
Cuadro 2.6 Factor de corrección por fugas.....	29
Cuadro 2.7 Caudales de diseño del proyecto.....	35

CAPÍTULO III :DISEÑO DE UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Cuadro 3.1 Resumen de las propiedades físicas y su clasificación.	40
Cuadro 3.2 Propiedades mecánicas y capacidad de carga admisible.	42
Cuadro 3.3 Período de retorno para diferentes tipos de obra	46
Cuadro 3.4 Parámetros de la intensidad	48
Cuadro 3.5 Coeficiente de escorrentía.....	50
Cuadro 3.6 Resumen de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua de la vertiente “Los Alizos”	55
Cuadro 3.7 Resultados del diseño de la captación.....	67
Cuadro 3.8 Resultados del diseño del desarenador	77
Cuadro 3.9 Espesores del material filtrante del filtro descendente	84
Cuadro 3.10 Resultados del diseño del FLD	89
Cuadro 3.11 Cuadro comparativo entre sistemas de desinfección	955
Cuadro 3.12 Resultados de la dosificación de cloro por PROVICHLORTAB.....	957
Cuadro 3.13 Resultados del dimensionamiento del tanque de reserva.....	97

CAPÍTULO IV : CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

Cuadro 4.1 Modulo de Young de acuerdo al material.....	109
Cuadro 4.2 Resumen de obras de arte en conducción	119
Cuadro 4.3 Resumen de obras de arte en distribución	120
Cuadro 4.4 Resumen de tanques rompe presión en distribución.....	120
Cuadro 4.5 Resumen de diseño de las redes de aducción y distribución	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I : ESTUDIOS PRELIMINARES

Gráfico 1.1 Porcentaje del tipo de vivienda del barrio San Vicente.....	7
Gráfico 1.2 Porcentaje del género en el Barrio San Vicente	8
Gráfico 1.3 Porcentaje de edad en los niños del Barrio San Vicente	8
Gráfico 1.4 Nivel educativo de los habitantes de San Vicente.....	11
Gráfico 1.5 Actividad principal de los habitantes de San Vicente	13
Gráfico 1.6 Ingreso promedio familiar	13

ÍNDICE DE IMÁGENES

CAPÍTULO I : ESTUDIOS PRELIMINARES

Imagen 1.1 Ubicación del Barrio de San Vicente en la parroquia de Nambacola	4
Imagen 1.2 Tipo de vivienda del barrio San Vicente	7
Imagen 1.3 Obra de Captación “Los Alizos”	14
Imagen 1.4 Esquema del sistema actual	15
Imagen 1.5 Tanque de almacenamiento	16
Imagen 1.6 Tanque distribuidor.....	17

CAPÍTULO III: DISEÑO DE UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Imagen 3.1 Esquema de la captación	57
Imagen 3.2 Captación de Manantial de ladera	59
Imagen 3.3 Flujo de pared en un orificio de pared gruesa	60
Imagen 3.4 Distribución de los orificios de pantalla frontal	61
Imagen 3.5 Altura total de la cámara húmeda	64
Imagen 3.6 Canastilla de salida	64
Imagen 3.7 Esquema del desarenador	67
Imagen 3.8 Esquema del filtro lento descendente	78
Imagen 3.9 Esquema del repartidor de caudal.....	87
Imagen 3.10 Esquema del sistema de desinfección Provichlor tab.....	91
Imagen 3.11 Sistema de cloración Provichlor tab	91

Imagen 3.12 Esquema del tanque de reserva.....	95
--	----

CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Imagen 6.1 Esquema de los niveles administrativos de la JAAP	140
Imagen 6.2 Captación de agua en vertientes	144
Imagen 6.3 Línea de conducción.....	149
Imagen 6.4 Raspado de filtros	153
Imagen 6.5 Rearenamiento de un filtro	155
Imagen 6.6 Limpieza rutinaria de un filtro.....	156
Imagen 6.7 Operación y mantenimiento de tanques de reserva	159
Imagen 6.8 Operación y mantenimiento de conexión domiciliaria.....	162

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1	Tabulación de encuestas
Anexo 2.1	Bases de diseño y población
Anexo 3.1	Estudio topográfico
Anexo 3.2	Ensayos de suelos
Anexo 3.3	Ensayo de compresión simple
Anexo 3.4	Aforo volumétrico
Anexo 3.5	Caudales máximos
Anexo 3.6	Análisis de agua
Anexo 3.6.1	Adjudicación del agua
Anexo 3.6.2	Escritura de la captación
Anexo 3.7	Diseño de la captación
Anexo 3.8	Diseño del desarenador
Anexo 3.9	Diseño del filtro lento descendente
Anexo 3.10	Repartidor de caudales
Anexo 3.11	Dosificación con Provichlor Tab 3
Anexo 3.12	Diseño del tanque de reserva de 15 m ³
Anexo 3.13	Análisis tarifario
Anexo 3.14	Presupuesto referencial
Anexo 3.14a	Cronograma valorado
Anexo 3.15	Memoria fotográfica
Anexo 3.16	Análisis financiero
Anexo 4.1	Cálculo Hidráulico de Conducción - Distribución
Anexo 5.1	Matriz de Leopold

ÍNDICE DE PLANOS

Planimetría.....	1
Planimetría en láminas.....	2-5
Perfiles longitudinales.....	6-13
Captación	14
Desarenador.....	15
Filtro lento descendente.....	16-17
Desinfección Provichlor Tab 3.....	18-19
Tanque de reserva.....	20
Implantación.....	21
Paso elevado.....	22
Obras de arte.....	23

RESUMEN

Los servicios básicos de los que dispone la comunidad de San Vicente no permiten que su condición de vida sea de calidad, debido a la falta de infraestructura en lo referente a los servicios básicos de agua potable.

El proyecto desarrollado a continuación consiste en la construcción de un Sistema de Agua Potable que brindará el servicio a 55 familias que viven en la comunidad indicada.

Para esto se ha realizado los diseños del sistema de infraestructura hidrológica, ambiental, económica e hidráulica proyectada a 20 años, actualmente la comunidad cuenta con 202 habitantes y en la vida útil del sistema se tendrá una población final de 251 habitantes.

El aporte del Estudio de Impactos Ambientales, se concluye que no existe un impacto negativo de consideración, ya que no afecta ni a la flora, ni a la fauna del ecosistema.

Los parámetros analizados en el estudio técnico económico como son el VAN, TIR y Beneficio/Costo arrojan resultados favorables para la ejecución del proyecto de Agua Potable en la comunidad indicada.

ABSTRACT

Basic services available to the community of San Vicente do not allow their condition is quality of life, due to the lack of infrastructure in relation to basic drinking water.

The project is developed following the construction of a Water System that will provide the service to 55 families living in the community.

To this has been done the designs infrastructure system hydrologic, environmental, economic and hydraulic projected to 20 years, the community currently has 202 inhabitants and in the life of the system will have a final population of 251 inhabitants.

The contribution of the Environmental Impact Study concluded that there is no negative impact of consideration, and that affects neither the flora, the fauna and the ecosystem.

The parameters analyzed in the economic and technical study are the NPV, IRR and Benefit / Cost shed favorable results for the implementation of drinking water project in the community indicated.

CAPÍTULO I



ESTUDIOS PRELIMINARES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Realizar el estudio y diseño del sistema de abastecimiento de agua para la población de San Vicente del Cantón Gonzanamá, Provincia de Loja.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las zonas a servir de la población.
- Calcular y establecer criterios de diseño para el sistema de agua potable.
- Analizar física, química y bacteriológicamente el agua de la captación y aforar la fuente de abastecimiento.
- Obtener el presupuesto referencial para la construcción del sistema de abastecimiento.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento.

1.2 Introducción

Siendo el agua el elemento vital para la supervivencia de los seres vivos y de la naturaleza el ser humano en comunidades organizadas debe poseer los servicios básicos como lo es el abastecimiento de agua. La ingeniería civil además de brindar un bienestar e infraestructuras en favor de la comunidad, le corresponde también vigilar y mantener un equilibrio en la naturaleza conservando el ciclo que debe cumplirse para que los recursos ya aprovechados vuelvan a ser utilizados, devolviéndolos en un estado ya tratado y no ofensivo, exento de las materias orgánicas, como producto de la descomposición. Esto se logra haciendo los correctos estudios de planeación, diseño y



control del medio, desarrollo de los recursos naturales, construcciones, servicios de transporte y otras estructuras.

El diseño de un sistema de abastecimiento consta de dos componentes fundamentales: el trazado de la red y el diseño de la misma; para realizar adecuadamente el trazado de la red de distribución deben conocerse con anterioridad algunas características topográficas, población actual y futura, así como también criterios y especificaciones que establecen las normas técnicas de diseño para los sistemas de abastecimiento de agua.

1.3 Antecedentes

La Universidad Técnica Particular de Loja, a través de la facultad de Ingeniería Civil con la finalidad de contribuir con el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de las localidades rurales de la Provincia de Loja, ha realizado un convenio con el Gobierno Autónomo Municipal del Cantón Gonzanamá para la elaboración del proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN VICENTE, PARROQUIA NAMBACOLA, CANTÓN GONZANAMÁ”.

El informe técnico estará orientado por el director de tesis, y por medio del Gobierno Autónomo Municipal por un Ingeniero delegado para la recepción de los estudios, con la finalidad de garantizar una correcta elaboración.

1.4 Características de la población

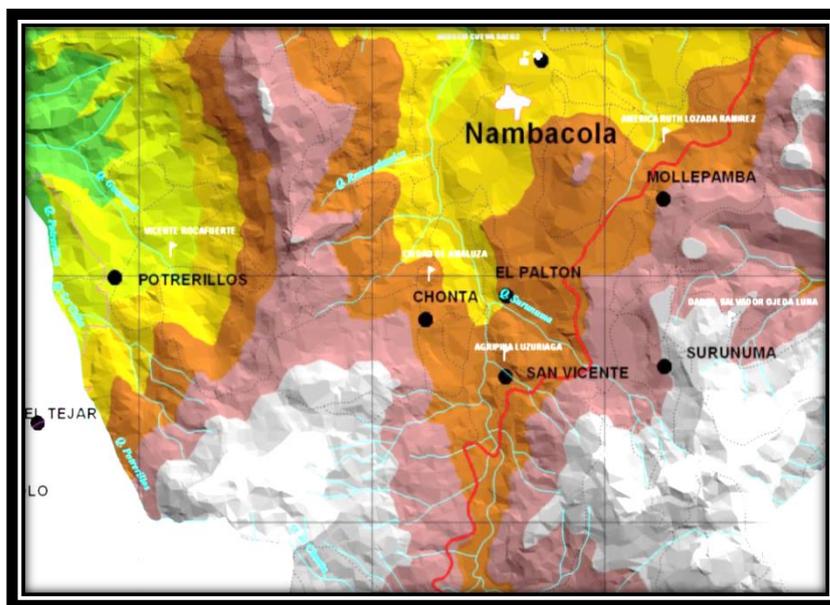


1.4.1 Ubicación geográfica

El cantón Gonzanamá a 85 km de la capital provincial se localiza en la parte Sur-Este de la provincia de Loja y delimita al norte con el cantón Catamayo; al sur con el cantón Quilanga y Calvas; al este con el cantón Loja y al oeste con el cantón Paltas, Este cantón es considerado como la “Capital Agrícola, Ganadera y Artesanal de la Provincia de Loja”.

En la imagen 1.1 se encuentra ubicada la zona en estudio a una altitud de 2371 m.s.n.m en la parroquia de Nambacola del cantón Gonzanamá; cuyas coordenadas geográficas relativas de la localidad son: N – 672 266 y E – 9 538 408.

Imagen 1.1 Ubicación del Barrio de San Vicente en la parroquia de Nambacola



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja.

Elaboró: Autora



1.4.2 Clima

La zona en estudio goza de un excelente clima, suave y sano, presentando características de: templado lluvioso, de verano seco, caluroso con lluvia periódica y una temperatura que oscila entre los 16° – 20° C, que varía de acuerdo a las diferentes épocas del año, con una temperatura media anual de 16.8° C, y agosto es el mes más caluroso del año, con una temperatura de 17.9° C, así también los meses más fríos pertenecen a diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo.¹

Las precipitaciones atmosféricas en todo el cantón Gonzanamá en los últimos años presentan una irregularidad uniforme y se encuentra en relación directa con su desnivel. En la zona en donde se encuentra el presente proyecto la precipitación media anual ha llegado a 1196.2 mm, siendo marzo el mes más lluvioso con 201.6 mm, y el mes más seco, agosto con 17.00 mm.

Además se indica que la humedad relativa media anual de Gonzanamá es de 86.4 mm, notándose que los meses de enero con 88.3 mm, febrero con 89.6 mm y de mayo con 90.5 mm, son de mayor humedad relativa. Por el contrario, los meses de menor humedad relativa corresponden a julio y octubre con 63.5 mm.²

Respecto a la evaporación media anual es de 127.1 mm, registrándose un valor mínimo de 14.2 mm en el mes de julio y su máximo valor en agosto con 187.8 mm. La

¹ INERHI- PREDESUR - CONADE (2011, Febrero). *Plan Integral de Desarrollo de Recursos Hídricos de la Provincia de Loja*. Recuperado el 22 de marzo de 2011. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch14.htm#TopOfPage>

² Pérez, C & Salinas, A. *Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alternativas para la eliminación de aguas residuales para la población dispersa de los barrios "Luginuma", "Paluco" y "Canchinamaca" del cantón Gonzanamá*. Tesis (Ingeniero Civil). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. (2000). 5 pág.



nubosidad media llega a los 4.3, siendo enero, febrero, marzo y abril, los meses de mayor nubosidad; los meses de menor nubosidad corresponden a agosto y septiembre con 3.3.

1.4.3 Topografía de la zona

El centro poblado en estudio se encuentra asentado en una zona de topografía moderada, característica del sector con cortes y pendientes del orden del 8% al 50% en algunos casos, que permiten un diseño del sistema de abastecimiento a gravedad.

1.5 Descripción de la población

1.5.1 Población y viviendas

La mayor parte de las viviendas son de una sola planta y están construidas con materiales tradicionales como adobe y ladrillo, las cubiertas son de teja y piso de tierra.

Las construcciones de hormigón armado se dan solamente en la escuela y capilla así como una mínima cantidad de viviendas particulares que han sido construidas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) como se presenta en la imagen 1.2.

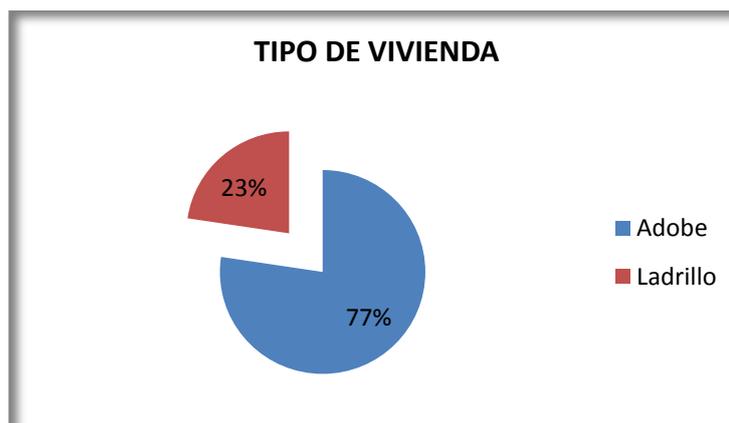


Imagen 1.2 Tipo de vivienda del barrio San Vicente



Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

Gráfico 1.1 Porcentaje del tipo de vivienda del barrio San Vicente



Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

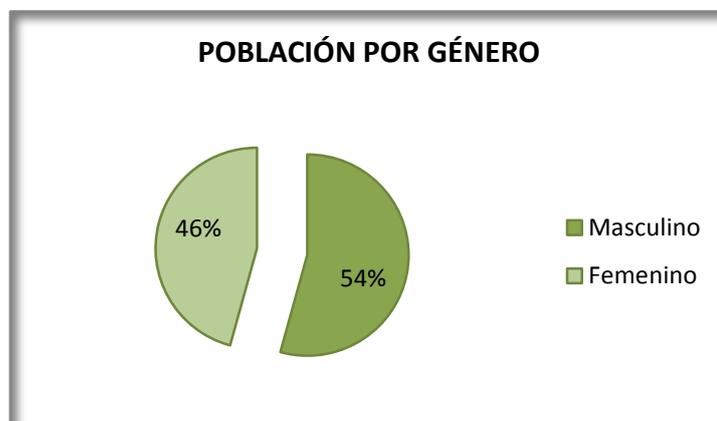
Actualmente en el barrio San Vicente existe la escuela “Agripina Luzuriaga” que cuenta con 22 estudiantes, dos docentes, capilla y 53 viviendas habitadas de donde se obtiene un estimado poblacional de 202 habitantes. Existen 106 hombres, 96 mujeres, de los cuales 22 niños están entre los 0 a 6 años y 53 niños entre los 7 a 15 años.

1.5.2 Género

De las encuestas aplicadas se determina que el 54% de la población es de sexo masculino, y 46% corresponde al sexo femenino.



Gráfico 1.2 Porcentaje del género en el Barrio San Vicente

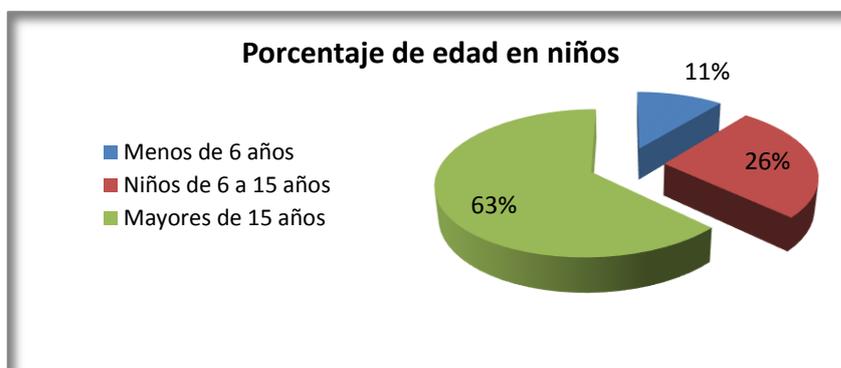


Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

1.5.3 Edad

El porcentaje de niñez es del 11% y adolescentes 26% que se aprecia en la siguiente gráfica:

Gráfico 1.3 Porcentaje de edad en los niños del Barrio San Vicente



Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

A continuación se presenta un cuadro con los resultados obtenidos en las encuestas socio-económica, la tabulación de los mismos la encontrará en el anexo 1.1



Cuadro 1.1 Tabulación de resultados de la encuesta socio-económica

RESULTADO DE LA ENCUESTA SOCIO- ECONÓMICA		
DESCRIPCIÓN		TOTAL
Número de habitantes		202
Número de personas promedio por familia		4
Número de mujeres		96
Número de varones		106
Número de niños		75
Niños menores de 6 años		22
Niños de 6 a 15 años		53
Número de Alfabetos		193
Número de Analfabetos		9
INGRESO PROMEDIO MENSUAL	Menor a 50 dólares	39
	De 50 a 150 dólares	11
	De 150 a 250 dólares	0
	Mayor a 250 dólares	3
TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	Adobe	41
	Ladrillo	12
	Mixta	0
	Otros:	0
ACTIVIDAD ECONÓMICA	Agricultura	39
	Ganadería	6
	Haceres domésticos	3
	Otros:	5
ABASTECIMIENTO DE AGUA	Red Pública	0
	Entubada	53
	Pozos	0
	Otros:	0
DISPOSICIÓN DE LA BASURA ORGÁNICA	Bota al huerto	51
	Utiliza para abono	1
	Otros:	1
DISPOSICIÓN DE LA BASURA INORGÁNICA	En tierra	3
	Quema	50
	Otros:	0
ELIMINACIÓN DEL ESTIÉRCOL	Acumula cerca de casa	10
	Bota al terreno y tapa	35
	Bota al terreno y no tapa	8
HACIA EL ESFUERZO COMUNITARIO	Buena	53
	Regular	0
	Mala	0



CAPÍTULO I: ESTUDIOS PRELIMINARES

APORTES HACIA LA COMUNIDAD	Buena	53
	Regular	0
	Mala	0

Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

Fecha de aplicación: diciembre 2010 y enero 2011.

1.5.4 Pobreza y desigualdad

Según los estudios efectuados por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja en el año 2008 en el Sistema de indicadores de sostenibilidad de la Provincia de Loja, Según la perspectiva de las necesidades básicas, la pobreza es la privación de los medios materiales para satisfacer las necesidades humanas básicas. Se considera pobre a una persona si pertenece a un hogar que presenta carencias persistentes en la satisfacción de sus necesidades básicas incluyendo vivienda, salud, educación y empleo. Dentro del indicador de extrema pobreza por NBI los cantones de Espíndola (77.1%), Sozoranga (71.3%), Quilanga (70%), Zapotillo (69.3%) y Gonzanamá (68%) tienen un mayor porcentaje de personas que viven en situación de extrema pobreza por NBI.³

1.5.5 Migración

Según la información del último censo de población y vivienda del año 2010, las personas que emigran están distribuidas de la siguiente manera:

³ Sistema de Información e Indicadores Territoriales. (2008). *Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad de la Provincia de Loja*. Recuperado el 22 de diciembre de 2012.
<http://www.siieloja.gob.ec/tematicos/descargar.php?doc=d7fdf20b1f9b46bcdb291824bce7bf8e.docx>



Cuadro 1.2 Porcentaje de migrantes del cantón Gonzanamá

MIGRANTES DEL CANTÓN	PORCENTAJE
Hombres	60.60%
Mujeres	39.40%
Número de migrantes (hab)	302

Fuente: INEC. Censo de población y vivienda 2010.

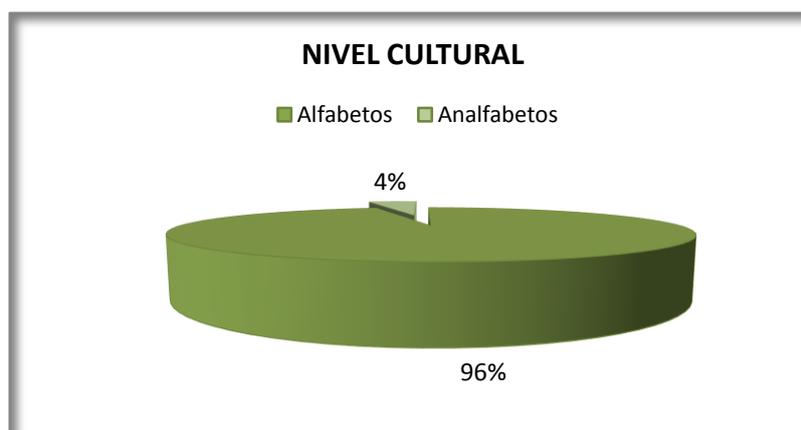
1.5.6 Servicios públicos existentes

Entre los servicios públicos más representativos del sector de estudio existen los siguientes:

1.5.6.1 Establecimientos educativos

De la población mayor de 6 años, se establece que el 4% son analfabetos, y quienes saben leer y escribir representa el 96%, aunque la mayoría son de bajos niveles de educación, es decir solo terminan la primaria.

Gráfico 1.4 Nivel educativo de los habitantes de San Vicente



Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)



El sector cuenta con una escuela bidocente cuyo nombre es “AGRIPINA LUZURIAGA” que brinda los servicios de educación básica:

- Primer año a tercer de educación básica: 1 profesora
- Cuarto a séptimo de educación básica: 1 profesora.

1.5.6.2 Servicios comunitarios

Existe una capilla, donde la comunidad en su mayoría de religión católica acude a los servicios religiosos.

1.5.6.3 Salud y aspectos sanitarios

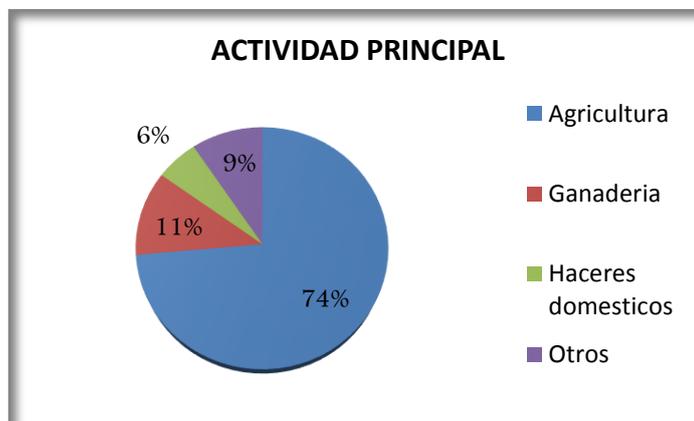
La población no dispone de un sistema de eliminación de excretas, la mayor parte realizan sus necesidades biológicas a campo abierto, y muy pocas viviendas tienen fosas sépticas, lo cual acarrea problemas sanitarios, por el apareamiento de focos de contaminación, constituyendo esta situación un elemento nocivo y perjudicial para la salud de los pobladores.

1.5.6.4 Actividades económicas

Las principales actividades económicas a las que se dedica la población de Gonzanamá son predominantemente la agricultura en un 74% y la ganadería en un 11%. Otro 9% de la población económicamente activa se dedica a trabajos formales en calidad de empleados públicos o privados. El 6% se dedican a los haceres domésticos.



Gráfico 1.5 Actividad principal de los habitantes de San Vicente

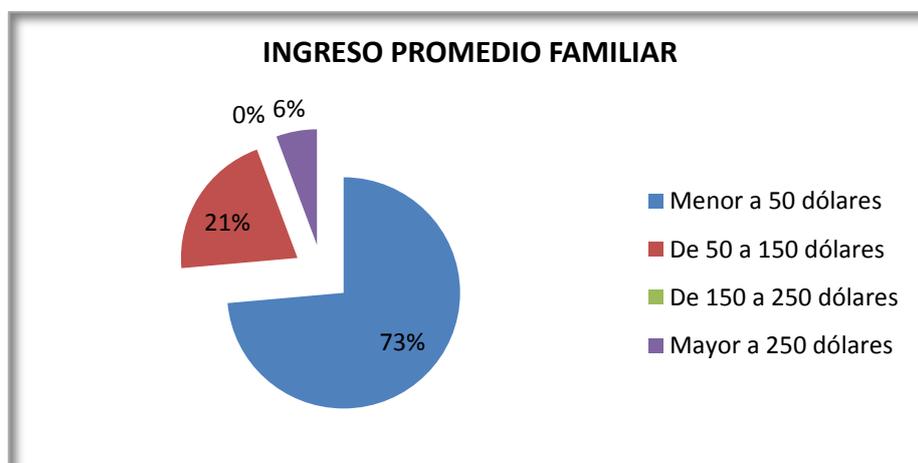


Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)

Siendo la agricultura y ganadería las principales actividades económicas de la población, los ingresos oscilan entre 30 a 50 dólares mensuales son dependientes del tamaño de la parcela y del cultivo que se siembre, de la especie de animal que se críe y de la fluctuación de los precios del mercado.

Otra actividad que genera recursos económicos es empleado público, con un ingreso promedio de 250 dólares y servicio doméstico de 50 a 150 dólares mensuales.

Gráfico 1.6 Ingreso promedio familiar



Elaboró: Encuesta socio-económica 2011.- (Autora)



1.6 Estado sanitario actual

El barrio San Vicente cuenta con un sistema de agua entubada, el mismo que es deficiente y no presentan ningún control sanitario; consecuentemente no garantiza la salud de los usuarios.

1.6.1 Sistema de agua existente

El barrio San Vicente posee un sistema de agua entubada construido hace 29 años por una empresa PROLOCAL, consta de las siguientes unidades:

- Un tanque almacenamiento,
- Tres de distribución desde los cuales se realiza la distribución del agua a la población en tubería de polietileno a través de ramales abiertos.

La fuente de abastecimiento se la realiza en la vertiente “Los Alizos” ubicada a una altura de 2371 m.s.n.m, mediante un tanque receptor con paredes y sin tapa, enterrado para proteger el afloramiento y posibles contaminaciones exteriores; para evitar obstrucciones se ha colocado una rejilla en la entrada de la tubería de toma, como se muestra en la imagen 1.3.

Imagen 1.3 Obra de Captación “Los Alizos”

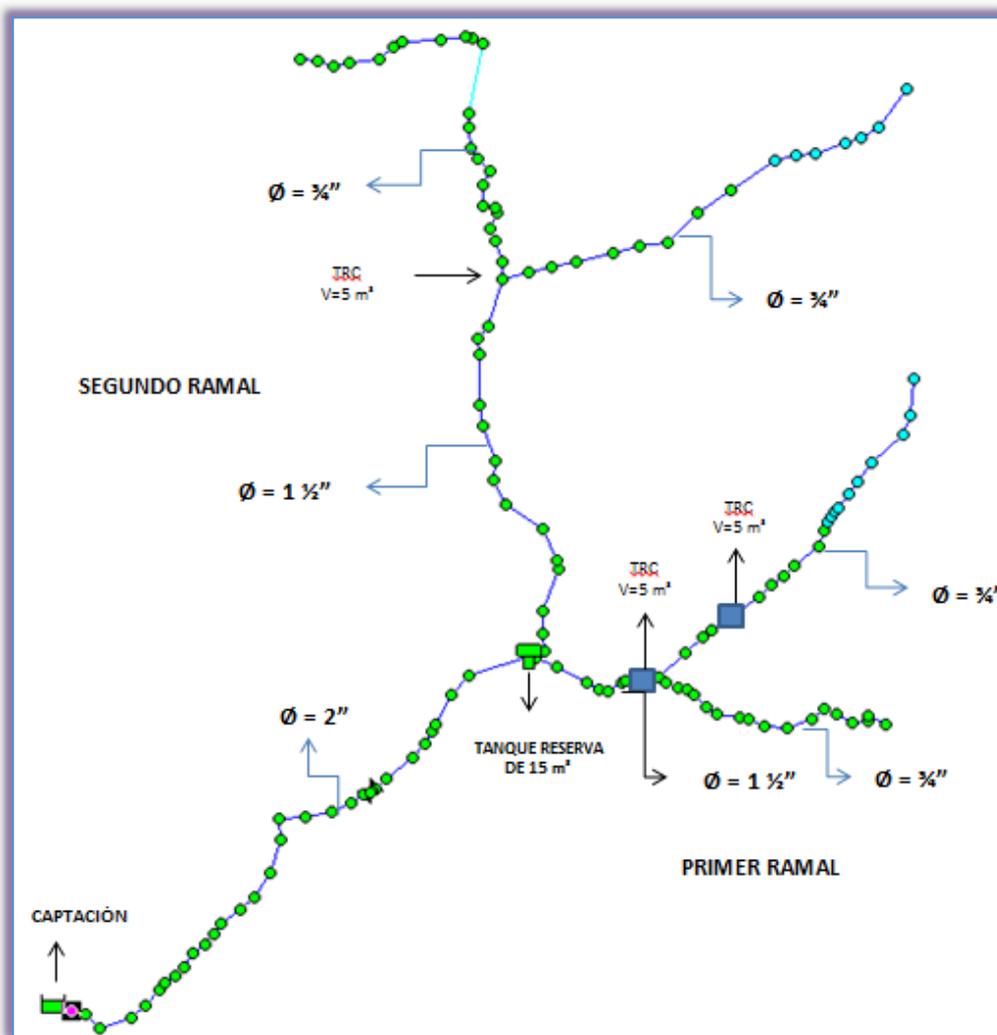


Elaboró: Autora



La red de aducción es conducida por tubería de polietileno de 2" de diámetro, con una longitud de 984.13 m hacia el tanque de almacenamiento que tiene una capacidad de 15 m³ y ubicado a una altura de 2193.50 m.s.n.m, del cual sale una tubería de 1 ½" de diámetro, como se muestra en la imagen 1.4.

Imagen 1.4 Esquema del sistema actual



Elaboró: Autora

Del tanque de reserva (Imagen 1.5) salen dos redes; en el primer ramal se encuentran dos tanques repartidores de caudal (Imagen 1.6) que tienen una capacidad de 5 m³ y conducen el agua mediante tubería de polietileno de ¾" de diámetro: desde el



CAPÍTULO I: ESTUDIOS PRELIMINARES

primer repartidor de caudales ubicado a una cota de 2121.75 m.s.n.m sale una tubería de $\frac{3}{4}$ " de diámetro de 163.63 m de longitud que abastece a 3 moradores del barrio, del segundo tanque ubicado a 2051.55 m.s.n.m sale una tubería de $\frac{3}{4}$ " de 390.07 m de longitud, que abastece a 28 usuarios con tubería de polietileno de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

Imagen 1.5 Tanque de almacenamiento



Imagen 1.6 Tanque de distribución



Fuente: Autora

En el segundo ramal se encuentra un tanque repartidor de caudales cuya capacidad es de 5 m³, ubicado a una cota de 2109.40 m.s.n.m; del cual se provee agua a 24 usuarios mediante una tubería de $\frac{3}{4}$ " de diámetro con longitud aproximada de 624.26 m.

CAPÍTULO II



BASES DE DISEÑO

2.1 Generalidades

Constituye la fase más importante en todo proyecto de ingeniería que determina las dimensiones reales de las obras a diseñarse, para el efecto se debe establecer con exactitud la población actual, la población futura y el período de diseño de la obra.

Un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras presentando características diferentes y que se diseñarán de acuerdo a la función que cumplen dentro del sistema.

Para la elaboración del presente proyecto se utilizará el documento vigente preparado por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), cuyo título es “NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL” para poblaciones con menos de 1 000 habitantes del año de 1995.

En la elaboración de un proyecto de agua potable, tenemos tres elementos básicos que son:

- * Período de diseño
- * Población de diseño
- * Caudal de diseño

2.2 Período de diseño

El período de diseño de toda obra en ingeniería constituye el intervalo de tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en que por agotamiento de



CAPÍTULO II: BASES DE DISEÑO

materiales o por falta de capacidad para prestar eficientemente el servicio, se agota la vida útil no cumpliéndose las condiciones ideales de funcionamiento.

El período de diseño difiere de la vida útil de los diferentes elementos que intervienen en un sistema, debiendo comprender para ello la planificación, financiamiento y construcción seguido de un período de servicio efectivo.

De acuerdo con la vida útil de las diferentes unidades que compone un sistema; se sugiere los siguientes períodos de diseño:

Cuadro 2.1 Períodos de diseño de las diferentes unidades de un sistema

COMPONENTES	VIDA ÚTIL
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de tratamiento	20 – 30 años
Tanques de almacenamiento	30- 40 años
Tubería principal de la red	20 -25 años
Tubería secundaria de la red	15 – 20 años

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral 4.1.2.7, página 59, 1988.

Tomando en cuenta el crecimiento poblacional, condiciones económicas del sector la SSA, recomienda que las obras civiles de los sistemas de agua potable y disposición de residuos líquidos, se diseñen para un período de 20 años.



2.3 Población de diseño

Para efectuar la elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario determinar la población futura de la localidad, en base de información censal de la misma, en este caso no existen datos de censo alguno, por lo tanto tomaremos los datos de las encuestas realizadas a los pobladores del barrio San Vicente y el índice de crecimiento poblacional.

2.4 Encuestas y análisis de datos

La fase de planificación se inició con una supervisión técnica al lugar, comprobación de factibilidad del proyecto, se evaluó la participación comunitaria que será de gran importancia para realizar los estudios, construcción y funcionamiento del sistema, de esta manera asegurar que los pobladores sean artífices de su propio desarrollo y bienestar familiar.

Objetivamente con las encuestas se determinaron datos de población, localización, disponibilidad de materiales, vías de acceso, información topográfica, características físico – químicas de la fuente, etc.

Subjetivamente se percibió los estados de ánimo hacia el proyecto propuesto y la disponibilidad voluntaria de tiempo, además se expuso los requerimientos de los moradores para trabajar en la construcción del sistema. De igual forma se identificó los problemas, que fueron analizados junto con la comunidad, recibiendo las propuestas de los beneficiarios.

Del análisis de las encuestas y datos demográficos, se obtiene información sobre el crecimiento poblacional, evitando posibles errores que se puedan cometer al realizar



la selección de un determinado método de cálculo para establecer la población futura. Entre los principales factores que intervienen podemos indicar los siguientes: ubicación geográfica, clima, nivel socio – económico de la población.

Los resultados obtenidos se encuentran en el formulario de la encuesta socio - económica realizada al barrio San Vicente que consta en el anexo 1.1. A continuación en el cuadro 2.2, se presenta en resumen los datos obtenidos:

Cuadro 2.2 Población actual del barrio San Vicente

RESULTADO DE LA ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
Número de habitantes	202
Número de personas promedio por familia	4
Número de personas de sexo masculino	106
Número de personas de sexo femenino	96
Número de niños	75
Número de niños menores de 6 años	22
Número de niños de 6 a 15 años	53
Número de alfabetos	193

Elaboró: Autora

2.4.1 Índice de crecimiento

Como se indicó dentro del diseño de los proyectos en ingeniería y en especial en un sistema de agua potable, uno de los parámetros de diseño más importantes es la determinación de la población a la que se abastecerá el sistema al finalizar su vida útil o período de diseño. Las normas de diseño de la SSA, numeral 4.2.4, recomienda estimar un valor de 1 % de crecimiento anual para la Sierra para la proyección geométrica indicados en el cuadro 2.3.



Cuadro 2.3 Tasas de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, norma CO 10.7-602, Tabla 5.1, pág. 18.1997

2.4.2 Cálculo de la población futura

Existen varios métodos para el cálculo de la población futura, de los cuales enunciaremos aquellos que en la práctica han dado buenos resultados. Estos métodos son de tipo analítico, algunos de ellos se basan en el método de los mínimos cuadrados; pero todos estos métodos se aplican a poblaciones ya establecidas y algunos años de existencia, entre estos tenemos:

2.4.2.1 Método aritmético

Consiste en considerar que el crecimiento de una población es constante, es decir asimilable a una línea recta, es decir que responde a la ecuación.

$$Pf = Pa \times (1 + r \times n) \quad \text{(Ecuación 2.1)}$$

Donde:

- Pf = Población futura.
- Pa = Población actual.
- n = Período de diseño.
- r = Índice de crecimiento.



2.4.2.2 Método geométrico

Este método supone que el aumento de la población se produce en forma análoga al aumento de una cantidad colocada al interés compuesto, el gráfico producido está representado por una curva semilogarítmica.

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n \quad \text{(Ecuación 2.2)}$$

Donde:

- Pf = Población futura.
- Pa = Población actual.
- r = Índice anual de crecimiento.
- n = Número de períodos.

Cuando las comunidades tengan establecimientos educacionales, se tomará un 15% del alumnado total como habitantes adicionales a la población actual. Es también recomendable considerar, cuando sean aplicables las tendencias locales de emigración hacia áreas de mayor concentración.

2.4.2.3 Método de Wappaus

Es otro de los métodos que se encuentran en función de la tasa de crecimiento anual y el período de diseño, y viene dado por la siguiente expresión:

$$Pf = Pa \left(\frac{200 + r(n)}{200 - r(n)} \right) \quad \text{(Ecuación 2.3)}$$

Donde:

- Pf = Población futura.



Pa = Población actual.

r = Tasa de crecimiento poblacional.

n = Período de diseño.

2.5 Cálculo

Después de hacer un análisis de los métodos enunciados para el cálculo de la población futura, para el presente proyecto se utilizará el método geométrico que ha sido probado con éxito en varias localidades del Ecuador.

La población actual será igual al total de la población encuestada más el 15 % de la población estudiantil; y, en lo referente al índice de crecimiento para poblaciones rurales, las normas de diseño de la SSA, numeral 4.2.4, recomienda estimar un valor de 1 % de crecimiento anual para la Sierra.

Como se indicó anteriormente para la elección del período de diseño, se realizaron estimaciones tales como: La vida útil ó tiempo de servicio del sistema será 20 años como señala las disposiciones específicas, numeral 4.1.1.

2.5.1 Población futura de San Vicente

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n$$

Datos:

Pa = Población actual.

Pe = 202 hab.

Pest = 22 alumnos + 2 profesoras.

r = 1 %.

n = 20 años.



$$Pa = Pe + 15\%(Pest)$$

$$Pa = 202hab + 15\%(24alumnos)$$

$$Pa = 202 hab$$

$$Pf = 206 \times \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{20}$$

$$Pa = 251 hab$$

Población de diseño adoptada = 251 hab

2.6 Demanda y consumo de agua

2.6.1 Determinación de dotaciones

Antes de formular un proyecto de suministro de agua, es necesario determinar la cantidad requerida, lo que exige obtener información sobre el número de habitantes que serán servidos y su consumo de agua per cápita, junto con un análisis de los factores que pueden afectar al consumo directamente; entre los principales podemos nombrar: tamaño de la población, desarrollo, educación, cultura, clima, disposición de excretas, hábito de los pobladores para consumir agua, la finalidad de uso, etc.

La demanda es la cantidad de agua potable consumida diariamente para satisfacer las necesidades de los pobladores, incluye los consumos: doméstico, comercial, industrial, público, consumo por desperdicios y fugas; para fines de diseño se los expresa en l/hab/día.

El consumo de agua de una población se obtiene dividiendo el volumen total de agua que se utiliza en un año para el número de habitantes de la misma y para el número



de días del año. Constituido por el consumo familiar de agua destinada para beber, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias.

2.6.2 Variaciones de la demanda

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias

2.6.3 Dotación media futura

Para la determinación de la dotación media futura (DMF) se aplicó lo establecido por las normas SSA.

2.6.3.1 Dotación media actual

Los valores de esta dotación (DMA) dependen del clima y del estándar de vida de los habitantes y es la necesaria para cubrir únicamente el consumo doméstico.

De acuerdo del nivel de servicio y al clima de la comunidad se escogió lo establecido en el cuadro 2.5 (numeral 4.4.1, Normativa Ex -IEOS) una dotación media actual de 85 l/hab/día.



2.6.4 Elección del nivel de servicio

Tomando en cuenta consideraciones de tipo económicas del sector y de carácter operacional del sistema, se decidió que el nivel más viable para el presente proyecto, es el sistema IIa.

En el numeral 4.3.1 de las normas de diseño de SSA se definen los niveles de servicio que se deben cumplir para abastecimientos de agua, y se detalla en el cuadro 2.4:

Cuadro 2.4 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP DE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disposiciones técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
Ia	AP DE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua.
IIa	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema de alcantarillado sanitario.
Simbología utilizada: AP : Agua potable. DE : Disposición de excretas. DRL : Disposición de residuos líquidos.		

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral 4.3.1, página 19. 1988



2.6.5 Determinación de la dotación media futura

En la normativa de diseño de abastecimientos de agua en el área rural de la SSA, en el cuadro 2.5, se obtienen las dotaciones básicas para el consumo doméstico de una determinada población, de acuerdo al nivel de servicio que corresponda.

Cuadro 2.5 Dotación media futura de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab/día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab/día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral 4.4.1, página 19. 1988

La comunidad de San Vicente corresponde al sector rural, de acuerdo al nivel de servicio IIa elegido anteriormente. Presenta condiciones favorables que elevarán su nivel socio – cultural; consecuentemente cambiarán las costumbres de aseo personal y sanitarias en los habitantes ya que se servirán de un sistema de agua potable seguro y eficiente, por lo tanto se justifica el valor tomado sobre la cantidad de agua consumida diariamente al final del período de diseño será de 85 l/hab/día.

En el presente proyecto se trabaja con una dotación media futura de:

$$\text{DMF} = 85 \text{ l/hab/día}$$



2.6.6 Cálculos de las demandas o consumos de agua

2.6.6.1 Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{f \times Pd \times DMF}{86400} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Donde:

Qmd = Caudal medio diario, l/s.

f = Factor de corrección por pérdidas y fugas.

Pd = Población de diseño, hab.

DMF = Dotación media futura, l/hab/día.

En la cuadro 2.6, de acuerdo al numeral 4.5.4 de las normas de la SSA, se establece el factor de corrección por pérdidas y fugas según el nivel de servicio que se dará a la comunidad en estudio.

Cuadro 2.6 Factor de corrección por fugas

NIVEL DE SERVICIO	f %
I y Ia	10
II y IIa	20

Fuente: Numeral 4.5.4, normas de diseño, SSA, página 20. 1988

El factor de fugas elegido es 20%; por tanto el caudal medio diario (Qmd) es:

$$Qmd = \frac{f \times Pd \times DMF}{86400}$$

$$Qmd = \frac{1.20 \times 251 \times 85}{86400}$$

$$Qmd = 0.296 \text{ l/s}$$



2.6.6.2 Caudal máximo diario (QMD)

$$QMH = KMD \times Qmd \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario, l/s.

KMD = Factor de mayoración máximo diario.

QMD = Caudal medio diario, l/s.

Según las normas de la SSA, numeral 4.5.2.2; el factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio. Por tanto el caudal máximo diario será:

$$QMD = KMD \times Qmd$$

$$QMD = 1.25 \times 0.296$$

$$QMD = 0.370 \text{ l/s}$$

2.6.6.3 Caudal máximo horario (QMH)

$$QMH = KMH \times Qmd \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario, l/s.

KMH = Factor de mayoración máximo horario.

QMD = Caudal medio diario, l/s.

Las normas de la SSA ha establecido como caudal máximo horario aquel que varía entre el 200% al 300% del caudal medio diario (Qmd), coeficiente de variación horario determinado en función de la posibilidad de que un grupo entero de usuarios



consume agua simultáneamente en un momento dado. Según estas normas recomiendan un coeficiente de variación horaria de 3.0 con el cual se puede cubrir los consumos simultáneos máximos y garantizar el abastecimiento de agua para atender el consumo motivado por el crecimiento de las comunidades y el aumento de consumo futuro.

Por tanto el valor del caudal máximo horario será:

$$QMH = KMH \times Qmd$$

$$QMH = 3 \times 0.296$$

$$QMH = 0.888 \text{ l/s}$$

2.6.6.4 Volúmenes de almacenamiento

En todo sistema de distribución de agua potable se construye depósitos para almacenar agua con el objeto de:

- * Compensar fluctuaciones de consumo.
- * Combatir incendios.
- * Suplir agua en caso de interrupción del abastecimiento.
- * Obtener un diseño más económico del sistema.
- * Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.

Según las normas de la SSA para diseño de sistemas de agua potable en el área rural, en los numerales 5.5.1 y 5.5.2 describe que la capacidad del almacenamiento será el 50 % del volumen medio diario futuro y en ningún caso el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m³.



Cabe considerar, para poblaciones inferiores a 5000 habitantes, las normas establecen que no debe considerarse volumen de protección contra incendios ni volúmenes de emergencia.

$$Valmac = 0.5 \times \frac{QMD \times 86400}{1000} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

$$Valmac = 0.5 \times \frac{0.370 \times 86400}{1000}$$

$$Valmac = 12.787 \text{ m}^3$$

V almac = 15 m³ (adoptado por seguridad)

2.7 Caudales de diseño

Para el diseño de las diferentes unidades del sistema de abastecimiento de agua potable, se tomará los caudales que a continuación se detallan.

2.7.1 Caudal de la fuente

La cantidad de agua que debe disponer la fuente, tiene que ser la necesaria para satisfacer la demanda presente y futura en el día de máximo consumo para la comunidad que será abastecida.

Según las normas de diseño de la SSA, numeral 5.1.1, la fuente de abastecimiento deberá asegurar un caudal mínimo de 2 veces el caudal máximo diario futuro calculado.

$$Q_{f.abast} = 2 \times QMD \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Donde:



Q f.abst = Caudal de la fuente de abastecimiento, l/s.

QMD = Caudal máximo diario, l/s.

$$Q f.abst = 2 \times 0.370$$

$$Q f.abst = 0.740 \text{ l/s} \quad (\text{Caudal requerido para el estudio})$$

Como se indicó anteriormente, la vertiente “Los Alizos” será la fuente de abastecimiento donde se captará el sistema de agua potable de la comunidad. De acuerdo al aforo realizado el caudal de estiaje en la captación es de 1.661 l/s., de tal manera que está garantizado el suministro de agua al sistema dentro del período de diseño establecido.

2.7.2 Caudal de la captación

En el sitio donde se recoge el agua en estado natural, las normas de diseño de la SSA en numeral 5.2.1, recomienda que la estructura de captación deberá tener una capacidad tal que permita derivar al sistema de agua potable un caudal mínimo equivalente a 1.20 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del período de diseño.

$$Q_{\text{capt}} = 1.20 \times QMD \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

Donde:

Q capt = Caudal de la captación, l/s.

QMD = Caudal máximo diario, l/s.

$$Q_{\text{capt}} = 1.20 \times 0.370$$

$$Q_{\text{capt}} = 0.444 \text{ l/s}$$



2.7.3 Caudal de la conducción

La línea de conducción se diseñará para conducir el caudal requerido en el día de máxima demanda del período de diseño establecido. Las normas de diseño de la SSA en el numeral 5.3.1.1, recomiendan que el caudal de diseño de la conducción será 1.10 veces el caudal máximo diario calculado al final del período de diseño.

$$Q_{\text{cond}} = 1.10 \times Q_{\text{MD}} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Donde:

Q_{cond} = Caudal de la conducción.

Q_{MD} = Caudal máximo diario.

$$Q_{\text{cond}} = 1.10 \times 0.370$$

$$Q_{\text{cond}} = 0.407 \text{ l/s}$$

2.7.4 Planta de tratamiento

Las normas de la SSA de acuerdo al numeral 5.4.1, recomiendan que la capacidad de la planta de tratamiento o potabilización será 1.10 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del período de diseño.

$$Q_{\text{trat.}} = 1.10 \times Q_{\text{MD}} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Donde:

$Q_{\text{trat.}}$ = Caudal de la planta de tratamiento, l/s.

Q_{MD} = Caudal máximo diario, l/s.

$$Q_{\text{trat.}} = 1.10 \times 0.370$$

$$Q_{\text{trat.}} = 0.407 \text{ l/s}$$



Lo que significa que la planta de tratamiento deberá diseñarse para el caudal de conducción y que su capacidad de proceso de desinfección será para toda el agua que llega a esta unidad del sistema.

2.7.5 Red de distribución

En el numeral 5.6.1, de las normas de la SSA para diseño de sistemas de agua potable, establece que cualquiera que sea el nivel de servicio, la capacidad de la red de distribución se calculará para el consumo máximo horario (QMH). En poblaciones pequeñas no se considera incremento para combatir incendios.

$$Q \text{ Distr} = QMH \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Donde:

Q Distr = Caudal de la distribución, l/s.

QMH = Caudal máximo horario, l/s.

$$Q \text{ Distr} = 0.888 \text{ l/s} \cong 0.89 \text{ l/s}$$

En el cuadro 2.7, se presenta el resumen de los caudales de diseño calculados para este proyecto.

Cuadro 2.7 Caudales de diseño del proyecto

SECTOR	Q. fuente requerido	Q.capt.	Q.cond	Q.tratam.	Q.Distrb	V.almac	Q. aforo Disponible*
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	m ³	Captación
San Vicente	0.740	0.444	0.407	0.407	0.888	15	1.661

Elaboró: Autora

* Aforo en época de estiaje.

CAPÍTULO III



DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1 Trabajo topográfico

La elaboración de un proyecto se lo realiza cuando se dispone de datos y planos topográficos que representan fielmente todos los accidentes del terreno sobre los cuales se va a proyectar y construir obras de interés social.

Para el desarrollo del proyecto “ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO DE SAN VICENTE, CANTÓN GONZANAMÁ, PROVINCIA DE LOJA”, se realizó el levantamiento topográfico de los sitios de interés en donde se diseñará y se implantarán cada una de las unidades y las obras especiales del sistema. Tales como:

- Captación.
- Desarenador.
- Línea de conducción, pasos elevados y tanques rompe presión.
- Planta de tratamiento.
- Tanques de almacenamiento y otras obras de arte.
- Red de distribución.

Procesamiento de datos de campo

Se determinan rumbos verdaderos, distancias horizontales, cotas, abscisas, etc. Por medio del rumbo de partida se calculan la latitud, longitud y cotas verdaderas de cada vértice de la poligonal y puntos de detalle, mediante una hoja electrónica realizada en Microsoft Excel.



La libreta de campo con los respectivos cálculos y un esquema general del levantamiento topográfico se indican en el Anexo 3.1. (Estudio topográfico)

El levantamiento topográfico se lo realizó ajustándose a las normativa de la SSA, que regula y fiscaliza toda obra de carácter sanitario, que recomienda en el numeral 5.2.1.3, para sistemas rurales se efectuarán levantamientos taquimétricos y se emplearán polígonos abiertos para levantamientos de líneas de conducción.

Coordenadas y cota de partida

Los puntos de interés considerados como captación, puntos intermedios en la línea de conducción, planta de tratamiento, etc. se determinaron durante la visita de inspección.

Se estableció la cota de inicio en 2371 m.s.n.m. con un GPS. Las coordenadas geográficas de partida fueron:

- Latitud 9 538 774 Norte
- Longitud 672 524 Este

3.2 Estudio de suelos

Generalidades

Para el diseño de obras hidráulicas de regulación, captación y conducción de agua, se debe conocer las características geológico–geotécnicas de los terrenos de la cimentación. Este conocimiento estará encaminado a la obtención de los datos relativos a la estabilidad, resistencia, deformabilidad y permeabilidad de los suelos y rocas.



El diseño de las obras hidráulicas debe garantizar la estabilidad, seguridad, durabilidad y economía de la operación de las mismas, para lo cual se debe realizar:

- * Evaluación de la resistencia de la cimentación a las fuerzas de filtración, supresión y caudales de filtración.
- * La determinación de las medidas de tratamiento de la cimentación, que permita mejorar la capacidad portante de los terrenos, la posibilidad de disminuir los desplazamientos y los caudales de filtración a través de la cimentación.

Las características físico mecánicas de los terrenos deben establecerse en base a los resultados de las investigaciones de campo y laboratorio.

Los valores de cálculo de las distintas características físico – mecánicas de los suelos, deben incluir los coeficientes de seguridad de los terrenos.

Todo suelo debe ser identificado y clasificado antes de ser sometido a un ensayo.

Trabajos de campo

Se realizó una excavación de calicata y toma de muestra alterada en el sitio de la captación y planta de tratamiento.

Trabajos de Laboratorio

- Clasificación de suelo SUCS.
- Límites de Atterberg.
- Capacidad admisible del suelo (captación y planta de tratamiento).



Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

La clasificación que mejor satisface los diferentes campos de aplicación especialmente en la construcción de obras de ingeniería. Se fundamenta en el tamaño de las partículas, granulometría, y en las características de los finos.

Límites de Atterberg

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Cuando al agregársele agua lentamente va pasando a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido.

Los resultados de los ensayos obtenidos de las propiedades físicas para el proyecto de San Vicente constan en el cuadro 3.1 (Anexo 3.2):

Cuadro 3.1 Resumen de las propiedades físicas y su clasificación.

POZO Nº	SECTOR	PROF. (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	CAPTACIÓN	1.00	25	40	21	19	CL
2	PLANTA DE TRATAMIENTO	1.00	17	37	18	19	CL

SIMBOLOGÍA:

- W = Bien gradado
- LL = Límite Líquido
- LP = Límite Plástico
- IP = Índice Plástico

Elaboró: Autora



Análisis de los suelos

A continuación se hace una descripción de las clases de suelos encontrados en los sitios donde se implantarán y construirán obras de importancia como son: la captación y la planta de tratamiento.

a. Captación

En el sector donde se construirá la captación, se encuentran suelos de grano fino formados con predominio de arcillas inorgánicas de plasticidad media con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas; los mismos que presentan un color café claro.

b. Planta de tratamiento

Donde se construirá la planta de tratamiento, se encuentran suelos de granos finos con predominio de limos e arcillas inorgánicas de plasticidad media con gravas, los mismos que presentan un color café.



Capacidad admisible de los suelos para obras civiles de gran envergadura

Para determinar el máximo esfuerzo admisible de un suelo, dependiendo del tipo de estrato y de la importancia de la obra existen varias formas; muchas veces en obras pequeñas basta con clasificar el suelo y recurrir a tablas para determinar el esfuerzo admisible del mismo.



Cálculo

Los resultados de las propiedades mecánicas del suelo y la capacidad de carga admisible se resumen en el cuadro 3.2 (Anexo 3.3):

Cuadro 3.2. Propiedades mecánicas y capacidad de carga admisible.

Cal. N°	SECTOR	Qu Ton/m ²	c Ton/m ²	B m	Df m	S _γ Ton/m ³	Sc	Dc	\bar{q} Ton/m ²	q _{ult} Ton/m ²	q _{ad} Ton/m ²
1	CAPTACIÓN	7.70	3.85	2.40	0.30	2.0	1.20	1.05	0.60	23.87	7.96
2	RESERVORIO	10.9	5.45	5.08	0.50	2.1	1.20	1.04	1.05	36.01	12.00

SIMBOLOGÍA:

qu = Resistencia a la compresión

c = Cohesión del suelo

B = Ancho de la cimentación

Df = Profundidad de enterramiento efectivo de la cimentación

S_γ = Corrección por forma de la cimentación

Sc = Corrección por forma de cimentación

Dc = Corrección por profundidad de empotramiento

\bar{q} = Sobrecarga o presión unitaria del suelo sobre la cota de cimentación

q_{ult} = Máxima capacidad de carga del suelo

q_{ad} = Capacidad admisible del suelo

Elaboró: Autora



Análisis de la resistencia de los suelos

a. Captación

En el sector donde se construirá la captación, se obtuvo suelos de grano fino formados con predominio de arcillas inorgánicas de plasticidad media con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas; los mismos que presentan un color café claro y con una capacidad de carga admisible de 0.796 Kg/cm^2 (7.96 Ton/m^2); por lo tanto tiene una buena resistencia a posibles fallas geológicas.

b. Planta de tratamiento

El tipo de suelo donde se construirá la planta de tratamiento, se encuentra formada de granos finos con predominio de limos e arcillas inorgánicas de plasticidad media con gravas, los mismos que presentan un color café oscuro y con una capacidad de carga admisible de 1.20 Kg/cm^2 (12 Ton/m^2).

3.3 Trabajos de gabinete

3.3.1 Diseños de los componentes del sistema de agua potable

3.3.1.1 Fuente de abastecimiento para la población de San Vicente

Las fuentes de agua son cada vez más escasas y su explotación es por consiguiente costosa, las disponibilidades acuíferas son generalmente limitadas y siempre habrá disputas entre potenciales usuarios, para resolver la posesión de manantiales. La Secretaria Nacional del Agua, SENAGUA, emite las escrituras de concesión de aguas, ya que todos los recursos hídricos son de propiedad del estado.



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Las fuentes de abastecimiento de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de agua y previo a cualquier paso se debe definir su tipo, cantidad, calidad y ubicación.

Para este proyecto de agua potable se utilizará una fuente tipo vertiente, de acuerdo al afloramiento del agua que es de tipo subterránea.

La Vertiente “Los Alizos”, es una fuente subterránea que aflora horizontalmente en el cerro del mismo nombre, a una cota de 2371 m.s.n.m, posee un considerable caudal (1.661 l/s) en tiempo estiaje y de muy buena calidad.

Aforo de la fuente de abastecimiento

Determinación del caudal de estiaje

Se realizaron aforos en la vertiente “Los Alizos”, los mismos que se efectuaron en tiempo de invierno y en estiaje utilizando el método volumétrico. (Anexo 3.4)

El resultado del aforo realizado en época de estiaje es el siguiente, el mismo que se lo tomo para el diseño por ser el más crítico:

Aforo realizado el 30 de mayo de 2011.

- ✓ Volumen del recipiente = 10 l.
- ✓ Tiempo promedio en llenarse el recipiente = 6.021 s.

$$Q = 1.661 \text{ l/s}$$

Determinación del caudal de máxima crecida



Características de la microcuenca

Tamaño de la microcuenca:

Se debe cuantificar para el tamaño de la microcuenca dos parámetros: superficie del área drenada y el perímetro; para encontrar dichas medidas existen diversos métodos entre los cuales se obtiene: a través del planímetro, por pesadas, por descomposición geométrica, con programas computacionales.

Para nuestro proyecto utilizamos el Auto CAD (dibujo y cálculos matemáticos) y cartas cartográficas de la Universidad Técnica Particular de Loja a escala 1:50 000, obteniendo un área de 1.14489 Km², y perímetro de 5.919 Km. Clasificado como microcuenca de acuerdo al área menor de 50 Km².

Parámetros de hidrología

Elección del período de retorno:

Lo fundamental en la elección del período de retorno es tomar en cuenta los daños que se puedan producir al colapsar la estructura.

Con la aplicación de la siguiente fórmula elegiremos el período de retorno que se le debe asignar a una tormenta:

$$P = 1 - (1 - q)^n \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

$$q = 1 - (1 - P)^{1/n} \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

$$Tr = \frac{I}{q} \quad \text{(Ecuación 3.3)}$$



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Donde:

- P = Probabilidad de que ocurra esa avenida o una mayor durante la vida útil de la obra.
- q = Probabilidad de que ocurra la avenida en un año particular.
- n = Vida útil, en años.
- Tr = Período de retorno de la avenida, en años.

Del cuadro 3.3, para obras especiales seleccionamos el período de retorno de 25 años.

Asignando un valor a Tr y reconociendo la vida útil de la obra, se podrá conocer la probabilidad de incidencia de la avenida correspondiente al tiempo de retorno (Tr).

A continuación, se recomienda algunos tiempos de retorno⁴, en función del tipo de obra:

Cuadro 3.3 Período de retorno para diferentes tipos de obra

TIPO DE OBRA	Tr (años)
. Tuberías y colectores	10 – 15
. Obras especiales (sifones, protección contra inundaciones, descargas, (etc.).	20 – 30
. Proyectos de riego	30 – 50
. Red de distribución de agua	30
. Plantas de tratamiento de agua	30
. Tanques de reserva	25
. Represas de tierra	100

⁴ Araque V & Masache O. *Obtención y procesamiento de información básica hidrológica para proyectos hidráulicos*. Tesis (Ingeniero Civil). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingeniería Civil. 2002



Análisis de intensidades de lluvias máximas

La microcuenca de la vertiente; de acuerdo a esta metodología se localiza en la en la Zona 1c que tiene la siguiente ecuación de intensidad generada por el Método de la Fórmula Exponencial o Americana:

$$I = \frac{K \times T^m}{t^n} \times P_d \quad \text{(Ecuación 3.4)}$$

Donde:

I = Intensidad de la precipitación, en mm/h.

K, m, n = Constantes de ajuste de la ecuación.

T_r = Período de retorno adoptado, en años.

t = Tiempo de duración de la lluvia, en minutos.

P_d = Precipitación máxima en 24 horas, en mm.

Cálculo de la intensidad de precipitación

La lluvia caída en esta microcuenca, se puede determinar usando la fórmula:

$$P_m = \frac{\sum_i^n P_i \times A_i}{A_T} \quad \text{(Ecuación 3.5)}$$

Donde:

P_m = Precipitación máxima en 24 horas en la microcuenca, en mm.

P_i = Precipitación de cada isoyeta media, en mm.

A_i = Área entre curvas isoyetas contiguas, en Km².

A_T = Área total de la microcuenca, en Km².



Una vez delimitada la microcuenca en estudio e implantada en el plano de isoyetas de precipitaciones máximas en 24 horas se obtiene la precipitación máxima en 24 horas para la microcuenca de la vertiente Los Alizos.

Tabla 3.1 Cálculo de la precipitación máxima en 24 horas en la microcuenca vertiente Los Alizos.

ISOYETA MÁX. En 24h	ISOYETA MEDIA en 24h	ÁREA (Km²)	ISOY.MEDIA * ÁREA (mm * Km²)
100 – 110	105	1.14489	120.21

Elaboró: Autora

Utilizando la ecuación (3.5):

$$P_m(24h) = 105.00 \text{ mm}$$

Aplicando la ecuación (3.4) y sustituyendo los valores y constantes correspondientes a la Zona 1c de la Provincia de Loja, los parámetros calculados son:

Cuadro 3.4 Parámetros de la intensidad

Parámetros de intensidad					
K	T_r(años)	m	t (min)	N	P_d (mm)
2.810	25	0.195	75	0.586	105
SIMBOLOGÍA:					
K, m, n = Constantes de ajuste de la ecuación.					
T _r = Período de retorno adoptado, en años.					
t = Tiempo de duración de la lluvia, en minutos.					
P _d = Precipitación máxima en 24 horas, en mm					

Elaboró: Autora

El valor de la intensidad es:



$$I = 34.75 \text{ mm/h}$$

Caudales máximos

Los valores de caudales máximos son parámetros fundamentales para analizar el comportamiento de una microcuenca hidrográfica y las medidas de protección que permitan controlar los fenómenos torrenciales ante la presencia de precipitaciones de gran intensidad y períodos relativamente cortos de duración.

En nuestro proyecto el estudio de las crecidas es fundamental para la determinación de los caudales máximos que puede producir la microcuenca de la vertiente Los Alizos y con ello diseñar las obras civiles requeridas.

Cálculo del caudal máximo

A causa de la escasez de los datos de hidrometría en pequeñas microcuencas rurales y áreas urbanas que permitan determinar los parámetros necesarios para el diseño y operación de obras hidráulicas, se han desarrollado fórmulas basadas en las características de la precipitación y de la microcuenca como: intensidad de la lluvia, precipitación máxima en 24 horas, tiempo de retardo, tiempo de concentración, área de drenaje, pendiente de la microcuenca, etc.

Método racional:

Entre las fórmulas más usuales es la llamada racional cuya ecuación es:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Donde:

- Q = Caudal, en m³/s.
- C = Coeficiente de escurrimiento.
- I = Intensidad con una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h.
- A = Área de la microcuenca hidrográfica, en Km².

Esta fórmula se aplica solamente para cuencas menores a 50 Km² por lo que al tener una superficie como la de nuestro proyecto del barrio San Vicente de 1.14489 Km² si es aplicable.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía (C) se utiliza el cuadro 3.5:

Cuadro 3.5 Coeficiente de escorrentía

TIPO DE TERRENO	VALORES DE K			
	40	30	20	10
1. Relieve del terreno	Muy accidentado, pendientes superiores al 30%	Accidentado, pendientes entre el 10% y el 30%	Ondulado, pendientes entre el 5% y el 10%	Llano, pendientes inferiores al 5%
2. Permeabilidad del suelo	20 Muy impermeable, roca	15 Bastante impermeable, arcilla	10 Bastante permeable, normal	5 Muy permeable, arena
3. Vegetación	20 Ninguna	15 Poca, menos del 10% de la superficie	10 Bastante, hasta el 50% de la superficie	5 Mucha, hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de almacenaje de agua	20 Ninguna	15 Poca	10 Bastante	5 Mucha
K	75 – 100	50 – 75	30 – 50	25 – 30
C	0,65 – 0,80	0,50 - 0,65	0,35 - 0,50	0,20 - 0,35

Fuente: Memoria del I Seminario de Hidrología, Sedimentología y Meteorología, Convenio INERHI - UTPL.



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El valor del coeficiente K es la suma de todos los valores de las características del tipo de terreno, del mismo se obtendrá el coeficiente de escorrentía C.

1. Relieve del terreno: considerando que la pendiente media de la microcuenca es $P_m = 24\%$, $K = 30$.
2. Permeabilidad del suelo: bastante impermeable (arcilla), $K = 15$.
3. Vegetación: bastante, hasta el 50% de la superficie, $K = 5$.
4. Capacidad de almacenaje del agua: poca, $K = 15$.

Siendo el k_{total} la sumatoria de todas las $k = 65$, de la cuadro 3.5 obtenemos el valor $C = 0.60$.

Datos:

A = Área de la cuenca = 1.14489 Km².

I = 44.03 mm/hora.

C = 0.60.

Aplicando y remplazando valores en la ecuación (3.6) se tiene:

$$Q_{m\acute{a}x} = 8.40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con este análisis se tiene una idea más completa del caudal de creciente que físicamente está en capacidad de transportar la vertiente Los Alizos y considerando la importancia de la obra y riesgos probables en cuanto a recursos económicos que estarían en peligro de perderse, deberá tomarse como caudal de crecida para el diseño el valor promedio de los caudales indicados en el cuadro anterior $Q_{m\acute{a}x} = 8.40 \text{ m}^3/\text{s}$, que para el



período de retorno considerado y de acuerdo a las características del proyecto es totalmente normal y adecuado (Anexo 3.5).

3.3.1.2 Análisis de la calidad del agua de la fuente

La calidad del agua es dependiente de factores naturales, tales como los estratos geológicos, el ciclo hidrológico, así como de factores externos como la contaminación de que es objeto con los desechos provenientes de las actividades humanas que alteran sus características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas, con impactos negativos para la economía y la salud humana al afectar aspectos intangibles o de difícil valoración, y, al principal elemento de una sociedad: sus recursos humanos.

Para establecer la calidad y contaminación del agua de la fuente de abastecimiento se debe realizar un análisis exhaustivo de la misma, cuyo objetivo principal es garantizar al consumidor la ingestión de sustancias tóxicas, ni microorganismos patógenos preservando la salud pública.

Características del agua

Para garantizar que el agua sea verdaderamente potable, es necesario determinar en el laboratorio sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

a. *Características físicas*

Las características físicas son las que más impresionan al pueblo consumidor; sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario. Ellas son: turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

b. *Características químicas*



La calidad química se ve directamente afectada por el movimiento lento que tiene en el subsuelo; es así como mantiene un contacto directo y prolongado con los minerales, los cuales se van disolviendo en el agua; entre estos se tiene: sulfatos, nitritos, nitratos, cloruros, hierro, pH, dureza, etc.

c. Características bacteriológicas

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. Para que el agua sea potable debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que son las que pueden transmitir enfermedades.

Investigaciones de laboratorio

Las muestras obtenidas de la fuente de abastecimiento: Vertiente “Los Alizos” fueron ensayadas conforme lo prescriben los MÉTODOS ESTÁNDAR para el análisis de Agua de la AWWA o las normas INEN respectivas y utilizando el Manual de Laboratorio de Análisis de Agua, se determinaron todos los parámetros que establecen las normas de la SSA actualmente vigentes.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a esta fuente de abastecimiento se presentan en el Anexo 3.6.

Análisis de los resultados

Para suministrar el tratamiento adecuado al agua, es indispensable conocer cuáles son las características de la misma en el orden físico - químico y bacteriológico. Razón por la cual, se ha tomado dos muestras de la vertiente: una en época de invierno y otra en verano (ver anexo 3.4), y de esta manera conocer la variación del grado de



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

contaminación. De acuerdo a reportes de laboratorio realizados en el CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS (CIESSA), en el Cuadro 3.9, se presenta los resultados de los análisis de la fuente elegida para el Sistema de Agua Potable de San Vicente.

De los resultados obtenidos en el análisis de calidad del agua, se observa que el límite permisible de los gérmenes totales y los coliformes totales según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006 se encuentra fuera de rango, muy superior al límite permisible, por lo tanto se prevé realizar a diseñar una unidad de desinfección adecuada.



Cuadro 3.9 Resumen de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua de la vertiente “Los Alizos”

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	UNIDAD	LÍMITES				RESULTADOS INVIERNO	RESULTADOS VERANO
		IEOS		OMS			
		Recom	Toler	Recom	Toler	03-03-2011	30-05-2011
Color	U.Pt.Co	5	15	5	50	-	-
Turbiedad	N.T.U	2	15	5	25	5	5
Ph	U	7-8.5	6-9	7-8.5	6.5-9	6	6.10
Acidez libre	mg/l	-	-	-	-	0	0
Acidez total	mg/l	-	-	-	-	0	0
Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/l	-	-	-	-	0	0
Alcalinidad total	mg/l	-	-	-	-	62	60
Calcio	mg/l	75	200	75	200	6.01	6
Cloruros	mg/l	-	250	-	-	6	6
Dureza cálcica	mg/l	150	500	-	-	14.9	15
Dureza total	mg/l	-	-	-	-	25	25
Hierro total	mg/l	0.3	1	0.3	1	0.03	0.03
Manganeso	mg/l	0.05	-	0.1	0.5	0	0
Nitrógeno amoniacal	mg/l	-	-	-	-	0.05	0.04
Amoníaco	mg/l	-	0.5	0.05	-	0.06	0.05
Amonio	mg/l	-	-	-	-	0.07	0.05
Nitrógeno nitrato	mg/l	-	10	-	-	1.60	1.5
Nitrato	mg/l	-	4.5	4.5	-	7.04	6.6
Nitrógeno nitrito	mg/l	-	-	-	-	0.00	0.00
Nitrito	mg/l	0.1	-	-	-	0.01	0.01
Sílice	mg/l	-	-	-	-	14	14
Sólidos totales	mg/l	250	1500	500	1500	49	42.5
Sulfatos	mg/l	-	250	200	400	8	6
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO							
Gérmenes totales/ml		-		-		45000	52000
Hongos-levaduras/ml		-		-		0	0
Coliformes totales/100ml		2.0E+04		-		32	48
Coliformes fecales/100ml		4.0E+03		2.0E+03		0	0

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana de Calidad de Agua NTE INEN 1108



3.3.1.3 Selección del método de tratamiento para agua potable

Para la selección del proceso de tratamiento se ha seguido las recomendaciones citadas en la normativa del Código Práctico Ecuatoriano, en la cual recomienda para vertientes:

- Desinfección (cloración).

Con los resultados obtenidos de los análisis físicos – químicos y bacteriológicos, se determinó que la desinfección será el tratamiento adecuado para garantizar la pureza del agua y así eliminar los gérmenes totales y coliformes totales que son los que no cumplen con la normativa. La filtración lenta se la realizará para reducir los microorganismos patógenos que están presentes en el agua.

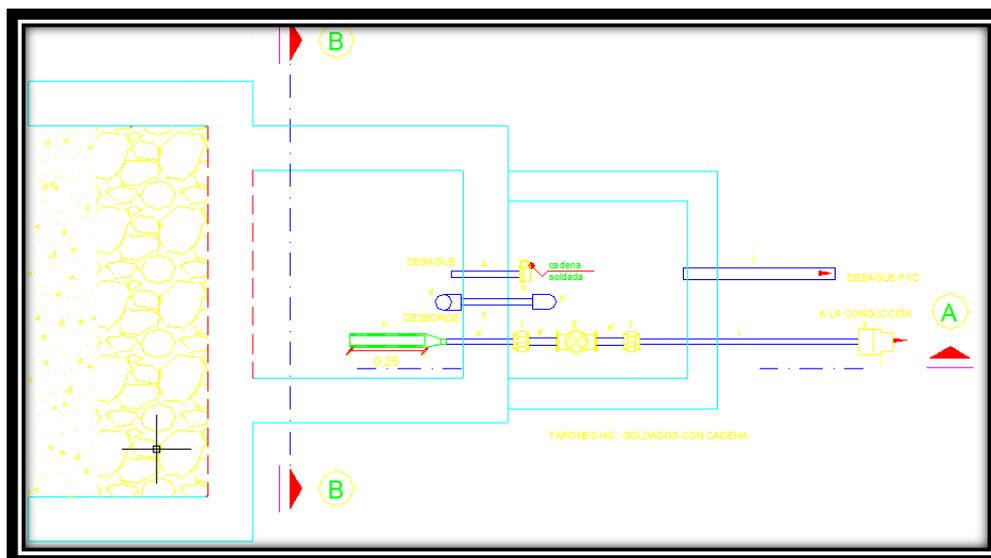
Por consiguiente el sistema de abastecimiento diseñado para el barrio San Vicente estará formado por las siguientes unidades:

- Captación.
- Desarenador.
- Filtro lento descendente (2 unidades)
- Desinfección.
- Tanque de reserva.



3.3.1.4 Captación

Imagen 3.1 Esquema de la captación



Generalidades

El agua a captarse debe cumplir las normas mínimas de calidad establecidas por la SSA; EX – IEOS, de acuerdo al numeral 5.1.

En lo que se refiere a las obras de captación, existen diferentes tipos, pero básicamente se las puede clasificar en obras de derivación directa y obras de almacenamiento.

Las obras de captación directa, toman el agua que viene por el río sin ningún almacenamiento o regulación y se aprovecha el caudal existente en un momento dado.

Captación tipo vertiente o manantial de ladera

Normalmente proveen poco caudal. Las obras están construidas básicamente de una cámara, la misma que sirve para proteger los afloramientos contra problemas de contaminación y evitar que los mismos se obturen. Los afloramientos deberán



descargar libremente, sin forzar ni alterar las condiciones hidráulicas naturales existentes. La cámara debe disponer de los accesorios básicos e indispensables para su correcto funcionamiento y control, tales como los siguientes: cernidera en el ingreso de la tubería de salida a la conducción, tubería de desborde al nivel de los afloramientos, sistema de desagüe, boca de visita con tapa sanitaria y válvula de control al inicio de la línea de conducción.

Ubicación

La captación para el presente proyecto estará ubicada en el PA-1 (Estudio Topográfico) de abscisa 0+000 y cota 2371 m.s.n.m, correspondiente a la vertiente “Los Alizos”.

Diseño hidráulico

Cálculo y diseño de la captación tipo vertiente de afloramiento horizontal

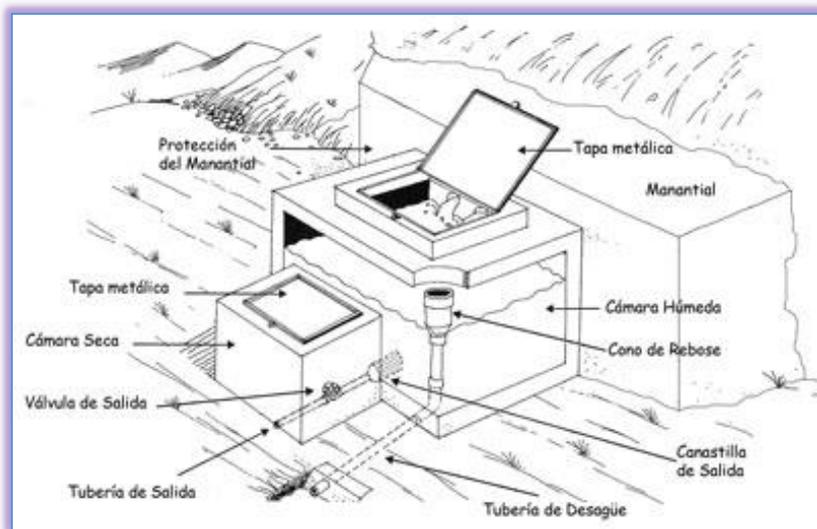
La captación tipo vertiente para afloramientos horizontales consiste en la construcción de una cámara, la misma que debe disponer de los siguientes accesorios básicos para su correcto funcionamiento y control:

1. Una canastilla en el ingreso de la tubería de salida al desarenador.
2. Una tubería de desborde.
3. Un sistema de desagüe.
4. Válvula de control al inicio de la línea de conducción al desarenador.

En la imagen 3.2, se observa:



Imagen 3.2 Captación de Manantial de ladera



Fuente: Guía en orientación de Saneamiento básico. 2009

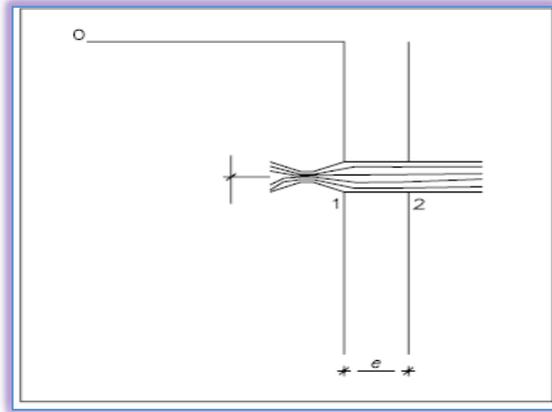
Dimensionamiento

“Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar el área de orificio sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta y al coeficiente de contracción de los orificios (Imagen 3.3).”⁵

⁵ Agüero, R. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. Recuperado el 13 de Junio de 2011. http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/017_roger_dise%C3%B1ocaptacionmanantiales/captacion_manantiales.pdf



Imagen 3.3 Flujo de pared en un orificio de pared gruesa



Fuente: Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales, pág. 10. 2004

Ancho de la pantalla

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permitirán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Para el cálculo del diámetro de la tubería de entrada (D), se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$Q_{\text{máx}} = V_2 \times A \times C_d$$

Donde:

- Q máx. = Caudal máximo de la fuente en l/s.
- V_2 = Velocidad de paso (se asume 0.60 m/s, valor recomendado).
- A = Área de la tubería en m².
- C_d = Coeficiente de descarga (0.6 a 0.8).
- g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).
- h = Carga sobre el centro del orificio (m), 0.30 m.



Diámetro de tubería de ingreso:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

Donde:

D_c = Diámetro canastilla de la tubería de ingreso, en m.

Número de orificios

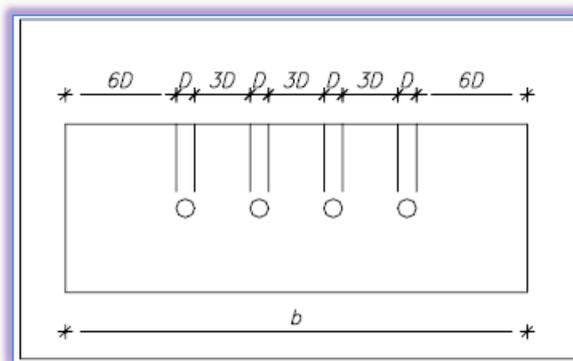
Se recomienda usar diámetros (D) menores o iguales de 2". Si se obtuvieran diámetros mayores, será necesario aumentar el número de orificios (Norif), siendo:

$$Norif = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

$$Norif = \left(\frac{D_c}{D_a} \right)^2 + 1$$

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la imagen 3.4.

Imagen 3.4 Distribución de los orificios de pantalla frontal



Fuente: Ibídem, pág. 12.



Donde:

“d” el diámetro de la tubería de entrada, en m.

“b” el ancho de la pantalla, en m.

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2 \times (6 \times Da) + Norif \times Da + 3 \times Da(Norif - 1)$$
$$b = 12 \times Da + Norif \times Da + 3 \times Norif \times Da - 3 \times Da$$

$$b = 9 \times Da + 4 \times Norif \times Da \quad (\text{Ecuación 3.12})$$

Donde:

b = Ancho de la pantalla, en m.

Da = Diámetro adoptado de la tubería de ingreso, en m.

Norif = Número de orificios.

Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción.

$$h_o = 1.56 \times \frac{V_2^2}{2 \times g} \quad (\text{Ecuación 3.13})$$

Donde:

h_o = Carga requerida, en m.

V₂ = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción, en m/s.

g = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s².

Se recomienda una altura mínima de H = 50 cm



$$H_f = H - h_o \quad (\text{Ecuación 3.14})$$

Determinamos la distancia entre el afloramiento y la captación:

$$L = \frac{H_f}{0.30} \quad (\text{Ecuación 3.15})$$

Altura de la cámara húmeda:

Determinamos la altura de la cámara húmeda (Imagen 3.5) mediante la siguiente ecuación:

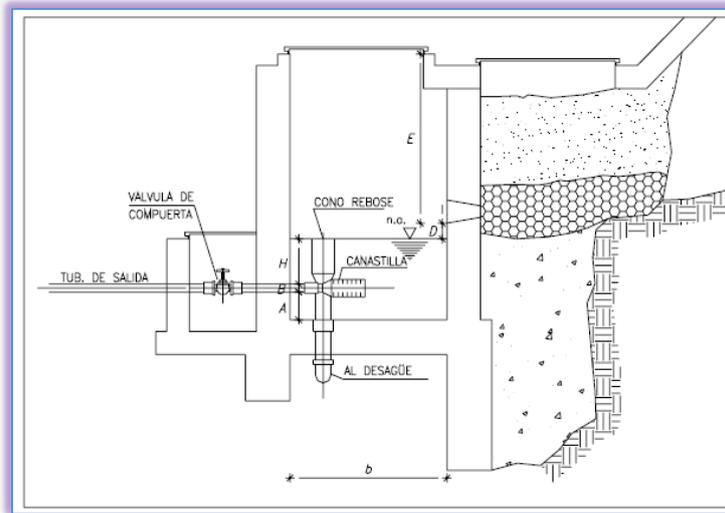
$$H_f = A + B + H + D + E \quad (\text{Ecuación 3.16})$$

Donde:

- A : Se considera una altura mínima de 10 cm que permite la sedimentación.
- B : Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.
- D : Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda, 5 cm.
- E : Borde libre (se recomienda de 10 a 30 cm), 30 cm.
- H : Altura para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción, se recomienda una altura mínima de 30 cm.



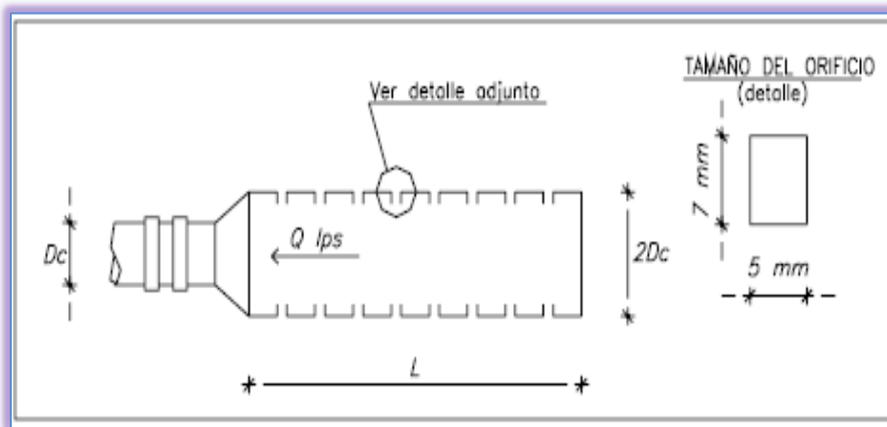
Imagen 3.5 Altura total de la cámara húmeda



Fuente: *Ibídem*, pág. 13.

Dimensionamiento de la canastilla

Imagen 3.6 Canastilla de salida



Fuente: *Ibídem*, pág. 14.

El diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la línea de conducción:

$$D_{canastilla} = 2 \times D_a \quad (\text{Ecuación 3.17})$$

Donde:



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

D_a = Diámetro adoptado de la tubería de ingreso, pulg.

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea mayor a 3 D_a y menor que 6 D_a :

$$L = 3 \times D_a \quad (\text{Ecuación 3.18})$$

$$L = 6 \times D_a \quad (\text{Ecuación 3.19})$$

Siendo las medidas de las ranuras:

- Ancho de la ranura = 5 mm (medida recomendada).
- Largo de la ranura = 7 mm (medida recomendada).

Siendo el área de la ranura:

$$A_r = a \times l \quad (\text{Ecuación 3.20})$$

Donde:

A_r = Área de la ranura, en m^2 .

a = Ancho de la ranura, en m.

l = Largo de la ranura, en m.

Debemos determinar el área total de las ranuras:

$$A_{TOTAL} = 2 \times A_r \quad (\text{Ecuación 3.21})$$

El valor total debe ser menor que el 50 % del área lateral de la canastilla (A_c):

$$A_c = 0.5 \times D_c \times L$$

Donde:

D_c = Diámetro de la canastilla, en m.



$$A_c = (\pi \times D_c \times L) \times 0.5 \quad (\text{Ecuación 3.22})$$

Por consiguiente:

$$A_{TOTAL} < A_c$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$N^\circ = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1 \quad (\text{Ecuación 3.23})$$

Tubería de rebose y limpieza

En la tubería de rebose y de limpieza se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams (para $C = 140$).

$$D_r = \frac{0.71 \times Q_{\max}^{0.38}}{hf^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 3.24})$$

Donde:

D_r = Diámetro rebose, en pulgadas.

Q_{\max} = Gasto máximo de la fuente, en l/s.

hf = Pérdida de carga unitaria (valor recomendado 0.015), en m/m.

Resultados del diseño de la captación

En el cuadro 3.10 se presentan los resultados del dimensionamiento hidráulico de la captación y en el Anexo 3.7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:



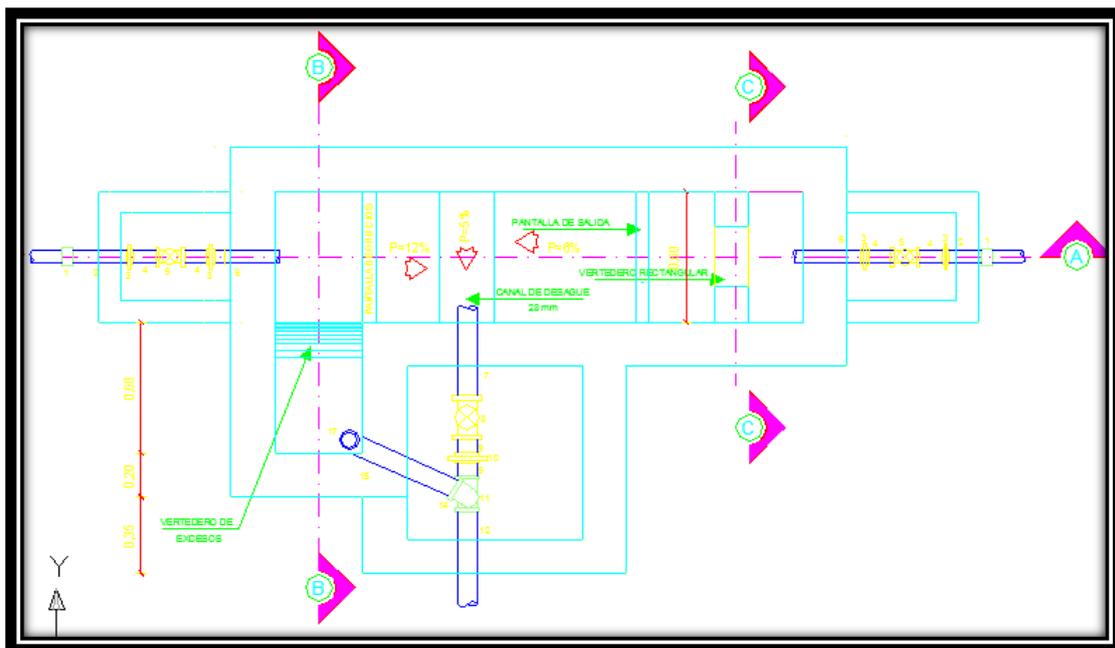
Cuadro 3.10 Resultados del diseño de la captación

DIMENSIONES DE LA CAPTACIÓN	
Caudal máximo de la fuente ($Q_{\text{máx}}$)	= 0.444 l/s
Largo de la cámara húmeda (Ht)	= 0.80 m
Ancho de la cámara húmeda (b) =	= 0.70 m
Largo y ancho de la cámara válvulas (l x a)	= 0.60 x 0.60 m
Diámetro de la tubería de ingreso (D_a)	= 1.5 pulg
Número de orificios (N_{orif})	= 2
Diámetro de la canastilla ($D_{\text{canastilla}}$)	= 3 pulg
Longitud de la canastilla (L)	= 25 cm
Número de ranuras ($N^{\circ}\text{ranuras}$)	= 66
Diámetro de tubería de limpieza (D_r)	= 1.5 pulg
Área total de la captación (A_t)	= 2.75 m ²

Elaboró: Autora

3.3.1.5 Desarenador

Imagen 3.7 Esquema del desarenador





Generalidades

Es una obra hidráulica que sirve para separar y remover el material sólido que lleva el agua desde una obra de toma. La función que desempeña es muy importante y, salvo circunstancias especiales como es el caso de disponer o captar aguas muy limpias se podría omitir su utilización; además cumplen los siguientes objetivos:

- a) Evitar el azolvamiento de la conducción y preservar los equipos hidromecánicos de la acción abrasiva de los sedimentos gruesos contenidos en el agua.
- b) Garantizar en condiciones normales de operación lo siguiente:
 - La clarificación del agua mediante la retención y sedimentación de las partículas mayores a un determinado tamaño.
 - El abastecimiento ininterrumpido del agua a las conducciones, según las necesidades de los usuarios.
 - La evacuación sistemática de los sedimentos depositados en cámaras, con el mínimo consumo de agua.

El desarenador tiene los siguientes elementos:

- Estructura de entrada.
- Cámara desarenadora
- Paredes de distribución, para uniformizar las velocidades de flujo del agua en toda la sección de la cámara.
- Estructura de salida.



Para el diseño de esta unidad se ha considerado el diseño de un desarenador simple de flujo horizontal, de lavado intermitente, ya que su construcción es relativamente fácil y económica; además de ser un sistema muy eficiente para la eliminación de sólidos que arrastra el agua.

Cálculo hidráulico del desarenador

En la estructura de entrada se ha diseñado una pantalla con perforaciones, que en primera instancia permite disipar la energía de velocidad y luego una distribución uniforme del flujo hacia la zona de sedimentación. El cálculo de este dispositivo se lo hace considerando el ancho previamente determinado del desarenador, un espesor y una altura vertical que permita admitir el número N de orificios de un diámetro \emptyset manteniendo bajas las velocidades del flujo ($V < 0.30$ m/s) para evitar perturbaciones en la zona de sedimentación. El número N de orificios se calcula con la expresión de descarga en orificios sumergidos. El número de orificios calculados es de 10 con un diámetro de 32 mm como se indica en los anexos y planos respectivos

En la zona de sedimentación, basados en los parámetros de diseño se determinan los siguientes valores:

1. - Velocidad de sedimentación (V_s , en cm/s).
2. - Velocidad de arrastre de las partículas (V_a , en cm/s).
3. - Velocidad de flujo del agua en el desarenador (V_h , en cm/s).

Las dimensiones: largo (L), ancho (B) y profundidad (H_d) del desarenador se hallan en base a las relaciones:



$$S = L \times B$$

$$A = Hd \times B$$

Donde:

S = Área horizontal o en planta.

A = Área transversal.

Se recomienda que las unidades de los desarenadores, que son proyectados para remoción de partículas de diámetro comprendido entre $8.5 \cdot 10^{-3}$ y $2 \cdot 10^{-1}$ cm, sean ubicados lo más cerca posible del punto de captación, se escoge dimensiones tales que el largo sea 3 a 6 veces el ancho.

La velocidad de asentamiento vertical (carga superficial expresada en $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$ o m/hora), para condiciones promedio puede adoptarse valores para la carga superficial entre 60 y $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ y su velocidad horizontal no debe exceder de 0.25 m/s; pero para nuestro caso tomaremos $60 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$.

Para determinar las dimensiones del desarenador, se utilizan las siguientes ecuaciones:

Volumen útil del desarenador:

$$V_u = Qd \times t \quad \text{(Ecuación 3.25)}$$

Donde:

V_u = Volumen útil del desarenador, en m^3 .

Qd = Caudal de diseño, m^3/s .

t = Tiempo de retención, s.



Área del desarenador:

$$A = \frac{Qd}{Vs1} \quad \text{(Ecuación 3.26)}$$

Donde:

A = Área horizontal del desarenador, m².

Qd = Caudal de diseño, m³/s.

Vs1 = Carga superficial, m/s.

Profundidad del desarenador:

$$Hd = \frac{Vu}{A} \quad \text{(Ecuación 3.27)}$$

Donde:

Hd = Profundidad del desarenador, m.

Vu = Volumen útil del desarenador, en m³

A = Área horizontal del desarenador, m².

Longitud del desarenador:

$$L = \frac{A}{B} \quad \text{(Ecuación 3.28)}$$

Donde:

L = Longitud del desarenador, m.

A = Área horizontal del desarenador, m².

B = Ancho del desarenador, m.



Dimensiones recomendadas de diseño

- **Relación longitud/profundidad**

Se debe tomar valores entre 3 m– 25 m.

- **Relación Longitud/Ancho**

Se debe tomar valores entre 2.25 m – 5 m.

Cálculo de la velocidad de sedimentación (v_s)

Se calcula de acuerdo a la ecuación propuesta por STOKES⁶ para valores de Reynolds menores a la unidad (fluido incompresible), la misma que es:

$$V_s = \frac{g}{18} \times (D_s - 1) \times \frac{dp^2}{\eta} \quad \text{(Ecuación 3.29)}$$

Donde:

- V_s = Velocidad de sedimentación, en cm/s.
- g = Aceleración de la gravedad = 981 cm/s².
- D_s = Densidad de los sólidos = 2.67 gr/cm³.
- dp = Diámetro de las partículas a remover = 0.015 cm.
- η = Viscosidad cinemática del agua a 20 °C = 0.01007 cm²/s.

Cálculo de la velocidad de arrastre (V_a)

Para el cálculo se utiliza la fórmula de CAMPS SHIELDS⁷:

$$V_a = K \times \sqrt{g \times (D_s - 1) \times dp} \quad \text{(Ecuación 3.30)}$$

⁶ Streeter, V, & Wylie, B. (1966). Mecánica de fluidos. México: Mc Graw Hill. 300 pág.

⁷ Ibídem, 291 pág.



Donde:

V_a = Velocidad de arrastre, en cm/s.

K = Coeficiente que varía entre 3 y 4.5.

Cálculo de la velocidad horizontal de flujo (V_h)

La velocidad horizontal se la puede considerar equivalente a la velocidad del flujo del agua, y se la determina mediante las siguientes fórmulas:

$$V_h = \frac{Q_d}{A} \quad \text{(Ecuación 3.31)}$$

$$A = B \times H_d \quad \text{(Ecuación 3.32)}$$

$$V_h \text{ max} = \frac{1}{3} \times V_a \quad \text{(Ecuación 3.33)}$$

Donde:

V_h = Velocidad horizontal, en m/s.

Q_d = Caudal de diseño, en m³/s.

A = Área transversal del desarenador, en m².

B = Ancho del desarenador, m.

H_d = Profundidad del desarenador, m.

V_h máx. = Velocidad horizontal máxima admisible, en cm/s.

V_a = Velocidad de arrastre, en 19.83 cm/s.



Diseño del dispositivo de entrada

El dispositivo de entrada es un canal rectangular sencillo y económico, en cuyo frente existirá una pantalla de orificios a través de los cuales ingresará el agua a la cámara de sedimentación, asegurando una buena distribución del flujo en el desarenador. La velocidad del agua a través de éstos orificios no debe ser mayor a 0.30 m/s. El dispositivo de entrada se calculó:

$$Q_o = \frac{Q_d}{N} \quad \text{(Ecuación 3.34)}$$

$$V_o = \frac{Q_o}{A_o} \quad \text{(Ecuación 3.35)}$$

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^2}{4} \quad \text{(Ecuación 3.36)}$$

Donde:

- Q_o = Caudal que ingresa por cada orificio, en m^3/s .
- Q_d = Caudal de diseño, en m^3/s .
- N = Número de orificios.
- V_o = Velocidad de arrastre en cada orificio, en m/s.
- A_o = Área del orificio, en m^2 .
- D_o = Diámetro del orificio, en m.

Diseño del vertedero medidor del caudal de salida a la conducción

Este vertedero, sirve para medir el caudal que ingresa a la conducción, y consiste en un vertedero rectangular:



$$Q = M \times B \times Hd^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Ecuación 3.37})$$

$$M = \left(0.407 + \frac{0.045 \times HFT}{HFT + Hd} \right) \times \left(1 + 0.285 \times \left(\frac{HFT}{HFT + Hd} \right) \right)^2 \times \sqrt{2 \times g} \quad (\text{Ecuación 3.38})$$

Donde:

M = Coeficiente de descarga del vertedero, se asume M va de 1.3 a 2.2.

B = Ancho del desarenador, en m.

Hd = Profundidad del desarenador, en m.

HFT = Pérdida total en orificios de entrada y salida, en m.

H = Pérdida total en la cámara, en m.

$$H = \left(\frac{Qd}{M \times B} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Ecuación 3.39})$$

Cálculo de la carga sobre la tubería de conducción

Para determinar la carga en la unidad de salida sobre el tubo de aducción a la planta de tratamiento, se calcula como si se tratara de descarga en orificios:

$$hs = \frac{1}{2 \times g} \times \left(\frac{Q_d}{C \times Atc} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 3.40})$$

$$Atc = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad (\text{Ecuación 3.41})$$

$$\Phi = 1.356 * \sqrt{Q_d} \quad (\text{Ecuación 3.42})$$

Donde:



- hs = Carga sobre el tubo de aducción a la planta de tratamiento, en m.
- Q_d = Caudal de diseño de la conducción, en m^3/s .
- C = Coeficiente de descarga = 0.60.
- A_{tc} = Área de la tubería de salida a la planta de tratamiento, en m^2 .
- ϕ = Diámetro del tubo de aducción, en pulgadas. (en la fórmula el caudal debe estar en l/s).

Cálculo del desagüe para lavado

Usaremos tubería que conduzca el agua hacia un cajón recolector, y desde éste se evacuará hacia la quebrada. El cálculo consiste en determinar el tiempo necesario para el vaciado completo del desarenador, para lo cual se impone un diámetro del tubo de lavado o de limpieza, utilizando la siguiente fórmula:

$$t = \frac{2 \times A}{C \times A_{tub} \times \sqrt{(2 \times g)}} \times Hd^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3.43})$$

Donde:

- t = Tiempo de vaciado, en s.
- A = Área longitudinal (superficie) del desarenador = $0.60 m^2$.
- C = Coeficiente de descarga, 0.60.
- A_{tub} = Área del tubo, m^2 .
- H_d = Profundidad del desarenador, en m.



Resultados del diseño del desarenador

Esta unidad será de sección rectangular y flujo horizontal; el cual se ha diseñado para un caudal de 0.407 l/s sus componentes principales son el dispositivo de entrada conformado por una pantalla de 10 orificios, salida y dispositivo de limpieza.

El desagüe de lavado se lo realiza a través de una tubería de diámetro igual a 1½” de Poli cloruro de vinilo a presión (PVC-P), se ha incorporado un bypass, necesario para cuando se realicen operaciones de limpieza. El diseño puede observarse en el Anexo 3.8 y en la lámina 15 de los planos.

Su propósito es eliminar la mayor cantidad de partículas pesadas, que se encuentran en el agua. Para el presente proyecto se ha previsto la construcción de esta unidad para que cumpla con su objetivo el de sedimentar partículas de diámetro de 0.015 cm o mayores a esta.

En el cuadro 3.11 se presentan los resultados del dimensionamiento hidráulico del desarenador y en el Anexo 3.8 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Cuadro 3.11 Resultados del diseño del desarenador

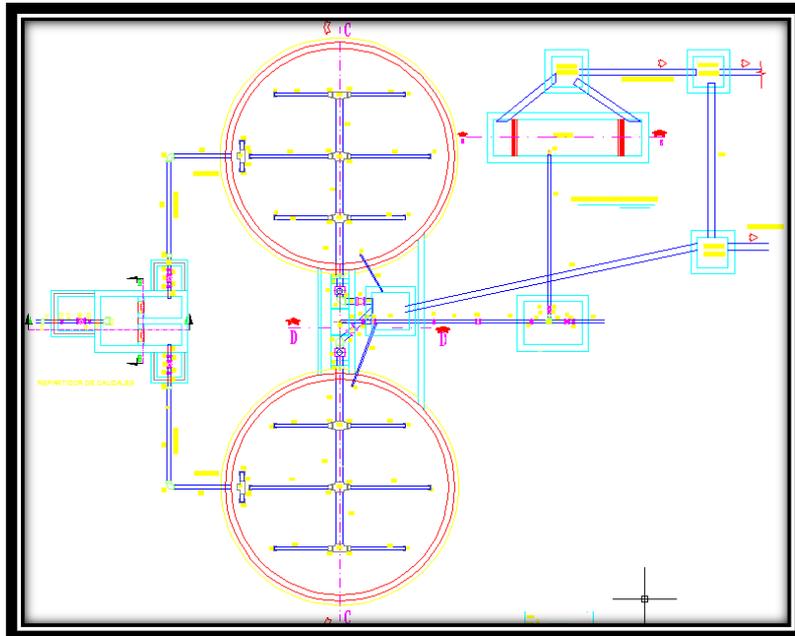
DIMENSIONES DEL DESARENADOR	
Caudal de diseño (Qd)	= 0.407 l/s
Largo del tanque (L)	= 2.80 m
Ancho del tanque (B)	= 0.60 m
Profundidad (Hd)	= 0.80 m
Volumen del tanque (V)	= 1.34 m ³
Número de orificios en cámara de entrada (N)	= 10
Diámetro de tubería de limpieza (ϕ)	= 1 pulg

Elaboró: Autora



3.3.1.6 Filtro lento descendente

Imagen 3.8 Esquema del filtro lento descendente



Generalidades

La filtración lenta es un proceso físico de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través de capas de arena que constituyen el medio filtrante; durante este proceso la calidad de agua mejora considerablemente por reducción del número de microorganismos (bacterias, quistes, virus, etc.), eliminación de materia en suspensión, de materia coloidal y cambios en la composición química.

En la parte superior del lecho, se forma una capa gelatinosa constituida de algas y microorganismos biológicamente muy activos, que descomponen la materia orgánica, mientras que la materia inorgánica en suspensión queda retenida por acción del colado;



de tal manera que se produce un principio de floculación llegando inclusive a eliminar la turbidez del agua.

Se ha proyectado una unidad de filtración lenta, que permitirá separar bacterias y partículas, como también micropartículas, esto se consigue haciendo pasar el agua a través del lecho filtrante de acuerdo a las especificaciones que debe cumplir la arena respecto a granulometría y diámetro efectivo conforme consta en los planos.

Cálculo hidráulico del filtro lento descendente:

Número de filtros:

1. Criterio de seguridad de funcionamiento

$$N = \frac{1}{4} \times Qd \quad \text{(Ecuación 3.44)}$$

Donde:

N = Número de filtros.

Qd = Caudal de diseño, en m³/h.

2. Criterio de caudal

Se aconsejan 2 filtros si el caudal es mayor a 100 m³/día y menor a 300 m³/día; y un filtro cuando el caudal es menor a 100 m³/día.



3. Criterio de la población

Se recomienda 2 filtros para poblaciones menores a 2000 habitantes se adoptará 2 unidades para trabajar al 65% de caudal en cada filtro. Se recomienda diseñar un filtro para una población menor a 1000 habitantes.

NOTA: De los tres razonamientos de diseño se obtiene que por criterio de seguridad, funcionamiento y población resulta el diseño de un filtro, pero por criterio de caudal se recomienda dos; por razones técnicas de operación y mantenimiento se diseñará 2 unidades.

Por lo tanto el número de filtros lentos a diseñarse en el sistema son de 2 unidades, cada uno que trabaje con el 65% y 35% del caudal de la planta de potabilización, según la normativa de la SSA numeral 5.9.2.

$$Q_f = 65\% \times (Q_d) \quad (\text{Ecuación 3.45})$$

Parámetros de diseño:

Velocidad de filtración $V_f = 0.10 - 0.20$ m/h, Norma SSA - numeral 5.9.2.1.

Cálculo del área superficial

$$A_s = \frac{Q_f}{V_f} \quad (\text{Ecuación 3.46})$$

Donde:

Q_f = Caudal a filtrarse, en m^3/s .

V_f = Velocidad de filtración, en m/s.



Dimensiones del filtro lento de arena

La forma típica en nuestro medio consiste en compartimientos de forma cilíndrica (base circular), la cual se adoptará en el presente diseño:

$$Df = \left(\frac{4 \times As}{\pi} \right)^{0,5} \quad \text{(Ecuación 3.47)}$$

Donde:

Df = Diámetro del filtro, en m.

As = Área superficial, en m².

Sistema de recolección de agua filtrada

Caudal filtrado

$$Qf = Af \times Vf \quad \text{(Ecuación 3.48)}$$

Donde:

Qf = Caudal de filtrado, en m³/s.

Af = Área de filtración, en m².

Vf = Velocidad de filtración, en m/s.

Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^{0,5}}{4} \quad \text{(Ecuación 3.49)}$$

Donde:



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

A_o = Área de cada orificio, en m^2 .

D_o = Diámetro de cada orificio, en m.

Caudal en cada orificio

$$Q_o' = A_o \times V_o \quad \text{(Ecuación 3.50)}$$

Donde:

Q_o' = Caudal que ingresa en cada orificio, en m^3/s .

A_o = Área de cada orificio, en m^2 .

V_o = Velocidad en cada orificio, en m/s.

Número de laterales

Según las normas de diseño de SSA, la separación entre laterales deberá estar entre 1 y 2 m. Para el presente estudio se ha adoptado 1.0 m

Por lo tanto serán 6 laterales, 3 a cada lado del colector principal.

La separación de los orificios para el diseño se recomienda que deberá estar entre 0.10 a 0.30 m. Se ha adoptado 0.30 m.

Número de orificios:

Por lo tanto el número de orificios será igual a:

$$N^{\circ} \text{ orificios} = \frac{\text{caudal filtrado}}{\text{caudal de cada orificio}} \quad \text{(Ecuación 3.51)}$$

Lateral principal



Caudal que ingresa al lateral de mayor número de orificios:

Se obtiene el número de orificios en el lateral.

$$qL = N^{\circ} \text{ orificios} \times Q_{o'}$$
 (Ecuación 3.52)

Donde:

qL = Caudal que ingresa al orificio, en m^3/s .

$N^{\circ} \text{ orificios}$ = Número de orificios en el lateral.

$Q_{o'}$ = Caudal que ingresa en cada orificio, en m^3/s .

Área del lateral:

$$Al = \frac{qL}{Vl}$$
 (Ecuación 3.53)

Diámetro interno del lateral:

$$Di.l = \sqrt{\frac{4 * Al}{\Pi}}$$
 (Ecuación 3.54)

Donde:

$Di.l$ = Diámetro interior del lateral, en m.

Al = Área del lateral, en m^2 .

Diámetro del colector principal:

$$Ac = \frac{Qf}{Vc}$$
 (Ecuación 3.55)

Donde:

Ac = Área del colector principal, en m^2 .



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Q_f = Caudal de filtración, en m^3/s .

V_c = Velocidad del colector principal, en m.

Diámetro interior del colector principal:

$$D_{i.cp} = \sqrt{\frac{4 \times A_c}{\Pi}} \quad \text{(Ecuación 3.56)}$$

Donde:

$D_{i.cp}$ = Diámetro interior del colector principal, en m.

A_c = Área del colector principal, en m^2 .

Espesores de capa del material filtrante del filtro:

Según las recomendaciones dadas por la SSA (Ex - IEOS) y MIDUVI en el Proyecto de Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (FASBASE), en el cuadro 3.12, se presenta los espesores que debe cumplir tanto la arena, así como la grava en un filtro lento.

Cuadro 3.12 Espesores del material filtrante del filtro descendente

POSICIÓN EN EL LECHO	ESPESOR DE CAPA EN m.	DIÁMETRO mm.	
Borde libre	0,10	m	
Película de agua	1,00	m	
Arena de filtro	1,00	0.15 - 0.35	0,3
		COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD < 3	
<u>Capa de soporte:</u>			
3° capa	0,10	1.00 - 1.4 mm	1,2
2° capa	0,10	4.00-5.60 mm	4,5
1° capa	0,10	16.00-23.0 mm	20,0
Altura del filtro	2,40	m	

Elaboró: Autora



Cálculo de la tubería de entrada al filtro:

Cálculo del número de orificios

$$A = \frac{Q_f}{C_d \times \sqrt{2 \times g \times h}} \quad (\text{Ecuación 3.57})$$

Donde:

- A = Área total de orificios, en m².
C_d = Coeficiente para orificios, 0.60.
Q_f = Caudal de entrada a cada filtro, en m³/s.
h = Pérdida de carga, en m.
g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².

Diámetro de la tubería de entrada:

$$D_{\text{int}} = \sqrt{\frac{4 * A}{\Pi}} \quad (\text{Ecuación 3.58})$$

Donde:

- D_{int} = Diámetro interno, en m.
A = Área total de orificios, en m².

Número de orificios de la tubería de entrada:

$$N^{\circ} \text{ orif} = \frac{A}{A_o} \quad (\text{Ecuación 3.59})$$

Donde:

- N^o orif = Número de orificios.



A = Área total de orificios, en m².

Ao = Área de cada orificio, en m².

Longitud de la tubería de entrada:

$$Le = N^{\circ} \text{ orif} \times 0.1 \times 0.1 \quad (\text{Ecuación 3.60})$$

Donde:

Le = Longitud de la tubería de entrada, en m.

N° orif = Número de orificios.

Vertedero triangular a la salida del filtro:

En esta unidad, también se ha dispuesto un vertedero de 90°, para controlar el caudal que ingresa al filtro. El mismo que se lo calcula según la fórmula de Thomps.

$$H = \left(\frac{Q_f}{1.40} \right)^{2/5} \quad (\text{Ecuación 3.61})$$

Donde:

H = Altura del vertedero, en m.

Qf = Caudal a filtrar, en m³/s.

Velocidad del agua en el vertedero:

$$Ve = \frac{Q_f}{Av} \quad (\text{Ecuación 3.62})$$

Donde:

Ve = Velocidad del agua que entra al vertedero, en m/s.

Qf = Caudal a filtrar, en m³/s.

Av = Área del vertedero, en m².



Altura del agua sobre la tubería de salida a filtro

$$H1 = \frac{Q_f^2}{Cd^2 \times At^2 \times 2g} \quad \text{(Ecuación 3.63)}$$

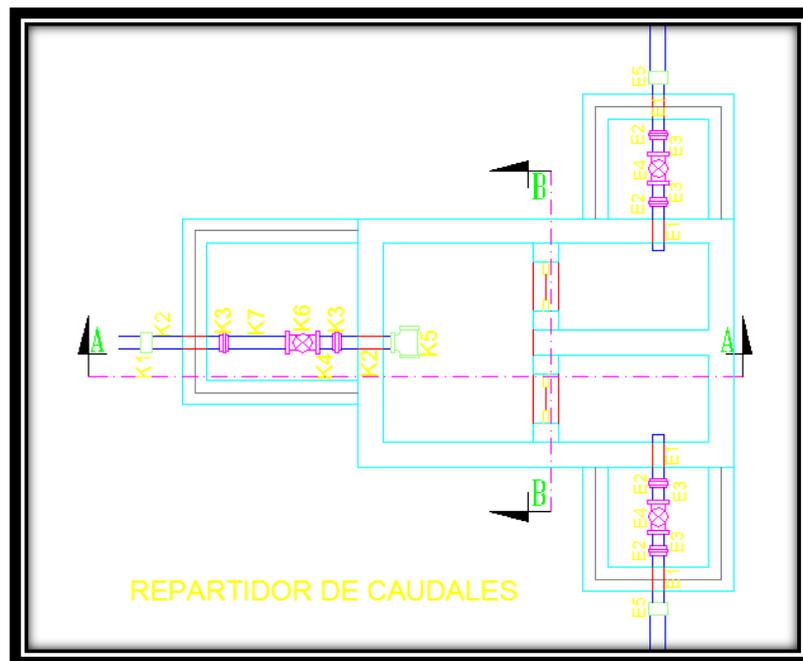
$$A_t = \frac{\pi \times D_{int}^2}{4} \quad \text{(Ecuación 3.64)}$$

Donde:

- H1 = Altura del agua sobre la tubería de salida, en m.
- Qf = Caudal a filtrar, en m³/s.
- Cd = Coeficiente de descarga, 0.60.
- g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².
- At = Área de la tubería, en m².
- Dint = Diámetro interno de la tubería de salida, en m.

- **Repartidor de caudal**

Imagen 3.9 Esquema del repartidor de caudal





Vertedero triangular

En esta unidad, se ha dispuesto un vertedero de 90°, para controlar el caudal que ingresa al repartidor de caudal. El mismo que se lo calcula según la fórmula de Thomps.

$$Q_f = 1.4h^{2/5} \quad \text{(Ecuación 3.65)}$$

Donde:

Q_f = Caudal a filtrar, en m³/s.

h = Altura del vertedero, en m.

Los resultados del dimensionamiento del repartidor de caudal se pueden encontrar en el Anexo 3.10.

Resultados del diseño del filtro lento descendente

Se ha diseñado una unidad de filtración lenta de flujo descendente, con velocidad de filtración de 0.10 m/hora; el agua ingresa a una tubería área de 1¼” de diámetro provista de orificios la que permite distribuir la misma sobre la superficie de los filtros sin ocasionar turbulencias; por gravedad el agua atraviesa el lecho filtrante en el fondo es recogida mediante un sistema de tuberías perforadas tipo flauta. Se ha previsto la instalación de 6 tuberías laterales de 32 mm y tubería colectora principal de 40 mm

El detalle del cálculo de las unidades de filtración se encuentra en la sección respectiva de anexos de esta memoria (Anexo 3.9). Por razones de funcionamiento hidráulico, facilidad de construcción y lo más importante por economía se han diseñado estas estructuras en ferrocemento.



En el cuadro 3.13 se presentan los resultados del dimensionamiento hidráulico del filtro lento descendente y en el Anexo 3.9 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Cuadro 3.13 Resultados del diseño del FLD

DIMENSIONES DEL FILTRO LENTO DESCENDENTE	
Caudal de diseño (Qd)	= 0.407 l/s
Caudal de filtración (Qf)	= 0.260 l/s
Número de filtros (N° orificios)	= 2
Diámetro de los filtros lentos (Df)	= 3.50 m
Área de los filtros lentos (Af)	= 9.62 m ²
Número de laterales (N° laterales)	= 6 laterales 3 a cada lado
Orificios lateral principal	= 10
Diámetro interno del tubo lateral (Di.tl)	= 29 mm
Diámetro del colector principal (Di.cp)	= 40 mm
Diámetro de la tubería de salida (D int)	= 22 mm

Elaboró: Autora

3.3.1.7 Sistemas de desinfección

Después que el agua ha sido sometida al proceso de filtración como tratamiento final la sometemos a un proceso de desinfección que tiene por objeto la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua.

3.3.1.7.1 Desinfección Sistema Prochlor Tab 3



Generalidades

Para el proceso de desinfección se utilizará el Sistema Provichlor Tab 3, consiste en un equipo de cloración en línea de cámara seca que libera el cloro controladamente sin apelmazamientos, usa de tricloro en pastillas que no altera el Ph del agua como tampoco la dureza. ⁸

La tableta trabaja como un bactericida, fungicida y algicida, cuya ventaja principal es la de lograr permanencia residual y rendimiento del cloro.

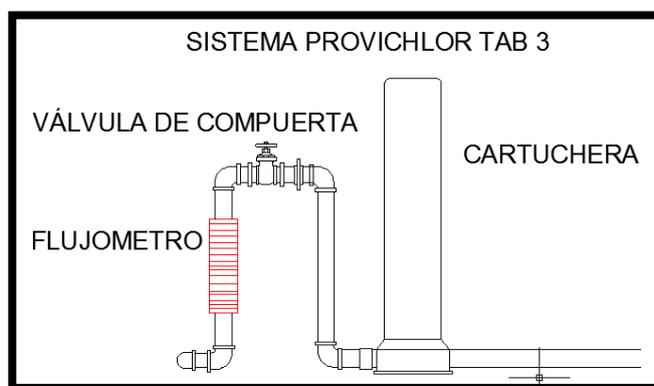
Esta tableta se encuentra desarrollada y formulada con la más avanzada tecnología, especialmente diseñada para facilitar la cloración del agua para uso y consumo humano así como tratamiento de agua residual.⁹

Componentes del sistema

- *Cartuchera con tabletas*
- *Flujómetro*
- *Válvula de compuerta*

Instalación

La cloración se realiza mediante una corriente de agua que ingresa al equipo por la parte inferior interna, que va disolviendo controladamente las tabletas que se localizan en el plato de contacto del



⁸ AUSTRORIEGO Cía. Ltda. (2012). *Válvulas Plásticas PVC y Accesorios PVC*. Recuperado el 10 de Mayo de 2012. <http://austroriego.com/images/stories/productos/ManualAccesoriosAustroRiego.pdf>

⁹ Provin Internacional, SA.DE.C.V. (2011). *Provichlor Tab*. Recuperado el 25 de Agosto de 2011. <http://ruequim.com/provichlorgran.pdf>



clorador. Las tabletas están contenidas en un cartucho dosificador suministrando el cloro al agua sobre un gasto específico y en la concentración deseada.

La cantidad de cloro liberado por las tabletas se regula mediante el flujo de agua que se suministra al clorador; a través de la válvula de compuerta y medido con un flujómetro.

Imagen 3.10 Esquema del sistema de desinfección Provichlor tab

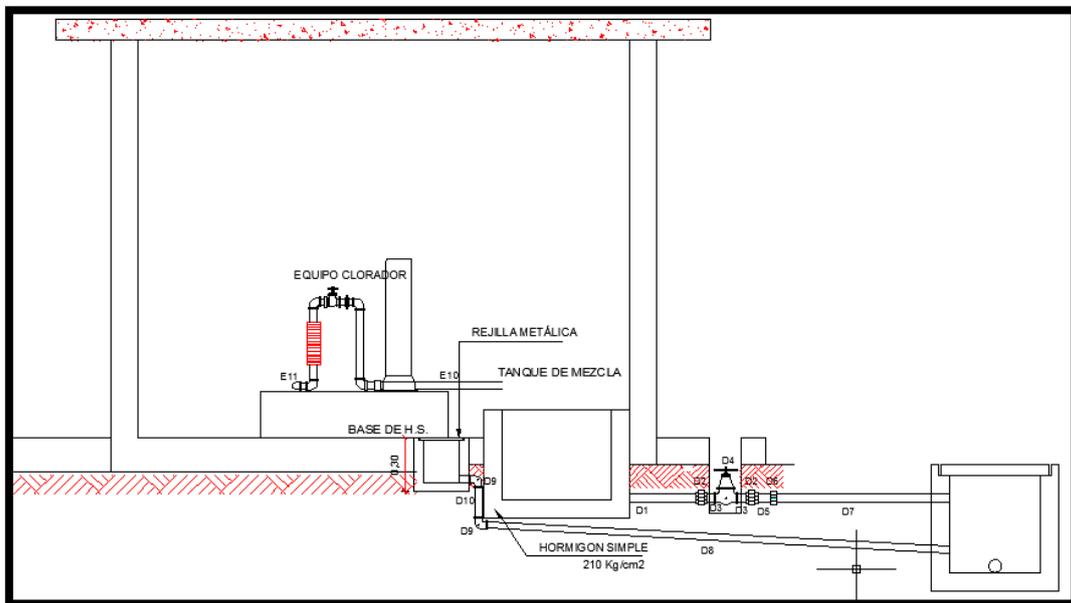
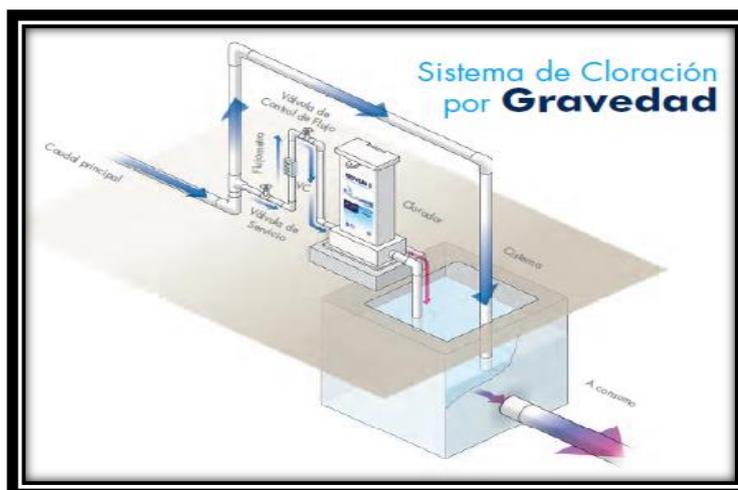


Imagen 3.11 Sistema de cloración Provichlor tab



Fuente: Manual de Accesorios Austroriego, pág. 283. 2012.

Especificaciones técnicas

- Apariencia y olor: Tableta de color blanco y peso de 200 g.
- Punto de fusión: 240 °C.
- Solubilidad: 3.65 gr/100 ml de agua.
- PH 1%: 6.5.
- Gravedad específica: 1.01.
- % Cloro: 60 % Min.
- Humedad 1.9 -2.2 %

Ventajas de funcionamiento Provichlor Tab 3:

- Aportación de cloro de manera controlada.
- No modifica el pH y no incrementa la dureza del agua.
- Fácil de instalar.



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

- De manejo sencillo y seguro para el usuario.
- No requiere de supervisión constante del operador.
- Acorde con las normas nacionales e internacionales para agua potable.
- Sencillo y seguro de transportar y almacenar.

Modelo de Sistemas Prochlor Tab 3

MODELO	CAUDAL
2C	0-16 L/S
4C	16-33 L/S
8C	33-50 L/S

Para el sistema de desinfección se operará el modelo 2C cuyo rango está dentro del caudal que se va a tratar en el barrio San Vicente.

A continuación se presenta un cuadro comparativo con los sistemas de desinfección tradicional:

Cuadro 3.14 Cuadro comparativo entre sistemas de desinfección.



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

PRODUCTO	RESIDUAL DE CLORO	ESTABILIDAD EN ALMACENAJE	CONCENTRACIÓN DE CLORO	RIESGO AL MANEJAR EL PRODUCTO	FORMA QUÍMICA	PH	ESTABILIDAD DEL CLORO RESIDUAL
CLORO GAS	SI	ALTA	100%	MUY ALTO	GAS	Baja drásticamente	MUY BAJA
HIPOCLORITO DE SODIO	SI	MUY BAJA	10.80%	ALTO	LIQUIDO	Sube drásticamente	MUY BAJA
HIPOCLORITO DE CALCIO	SI	REGULAR	65%	ALTO	GRAN-TAB	Sube	BAJA
PROVICHOR TAB	SI	MUY ALTA	62.5%	BAJO	TABLETAS 3"	No modifica	MUY ESTABLE
BIOXIDO DE CLORO	NO	REGULAR	10-20%	ALTO	LIQUIDO-GAS	No modifica	N/A
OZONO	NO	MUY BAJA	N/A	REGULAR	GAS	No modifica	N/A
LUZ UV	NO	N/A	N/A	NULO	MÉTODO FISICO	No modifica	N/A
OSMOSIS RESERVA	NO	N/A	N/A	NULO	MÉTODO FISICO	No modifica	N/A

Fuente: Presentación de la distribución de Austroriego –Loja. 2010.

Del cuadro anterior se puede evaluar que en el sistema tradicional de desinfección a través de hipoclorito de sodio el pH sube drásticamente, la estabilidad del cloro al almacenaje es baja y la concentración de cloro es de 10.80 %; mientras que usando el equipo Provichlor tab 3 la estabilidad al almacenaje es alto, no existe riesgos en manejar el equipo, el pH no se modifica y la concentración de cloro es el 12.85%.

Cálculo de la dosificación de las tabletas Provichlor

Consumo de Provichlor al día:

$$\text{Cant de cloro al día} = Q \times 0.00006 \times 1,625 \times d \times H \quad (\text{Ecuación 3.66})$$

Donde:

Cant de cloro al día = Cantidad Provichlor tab, kg

Q = Caudal, l/min.

d = Dosificación, ppm.

H = Servicio de inyección/bombeo, horas.



Tabletas consumidas al día:

$$Tab = \frac{\text{Cant de cloro al día}}{0,2} \quad (\text{Ecuación 3.67})$$

Donde:

Tab = Tabletas consumidas al día, kg.

Cant de cloro al día = Cantidad Provichlor tab, kg .

Resultados del diseño del sistema de desinfección con el equipo PROVICHLOR TAB

3

Provichlor Tab se encuentra en estado de tableta con un cloro activo del 70%. La cantidad de tabletas que se aplicará en el tanque de reserva será de 0.03 kg por día, al utilizarse un tambor de 39.2 kg.

En el cuadro 3.14 se presentan los resultados de la dosificación de cloro usando este dispositivo y en el Anexo 3.11 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Cuadro 3.14 Resultados de la dosificación de cloro por PROVICHLOR

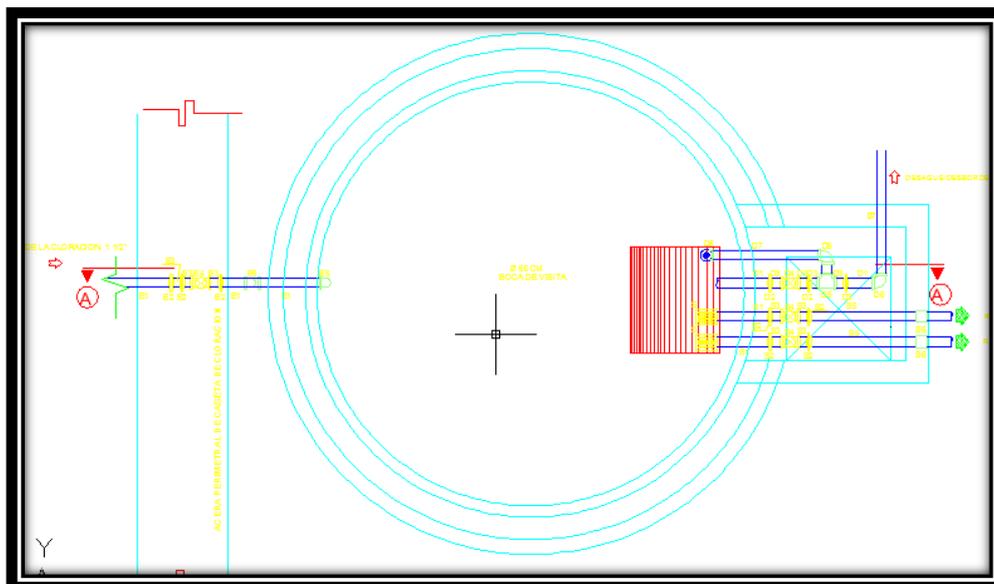
TAB 3

Resumen de dosificación		
Caudal de tratamiento (Q)	= 0.407	l/s
Dosificación (d)	= 1	PPM
Tabletas consumidas/día	= 0.14	Tab
Consumo de Provichlor Tab	= 0.03	Kg/día

Elaboró: Autora

3.3.1.8 Reserva

Imagen 3.12 Esquema del tanque de reserva



Generalidades

Con la finalidad de garantizar un caudal requerido por la población en las horas pico o de mayor consumo, el tanque de reserva almacena el agua durante la noche o en las horas de menor consumo; permitiendo además, tiempo de contacto de cloro con el agua durante el proceso de desinfección.

Se construirá un tanque de ferrocemento, provisto de una cámara de válvulas, tubería de salida, desagüe y desborde.

Para otorgar seguridad a la planta de tratamiento se ha previsto la construcción de cerramiento de malla el mismo que estará acorde a las especificaciones constructivas normadas para este tipo de unidades.

Cálculo geométrico.

Diámetro del tanque

Para una forma cilíndrica del tanque de reserva, la ecuación del volumen será:

$$D = \sqrt{\frac{4*V}{\Pi*h}} \quad \text{(Ecuación 3.68)}$$



Donde:

D = Diámetro del tanque de reserva, en m.

V = Volumen del tanque de reserva, en m³.

h = Altura del tanque de reserva, en m.

Diseño estructural de un tanque de ferro-cemento.

El siguiente análisis toma como guía la construcción de tanques de ferro-cemento tipo SSA (Ex – IEOS y MIDUVI) en el Proyecto de Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (FASBASE).

La construcción de este tipo de tanques prevé la utilización de los siguientes materiales: tubos de drenaje, ripio o grava arena, cemento, piedra, madera de encofrado, malla hexagonal, alambre galvanizado, y hierro.

El cálculo del diseño de las paredes y cúpula del tanque de reserva se detalla en el Anexo 3.12.

Resultados del diseño hidráulico del tanque de reserva

Para el presente proyecto se ha previsto un tanque de reserva de 15 m³ que almacenará el agua para la comunidad en estudio.

En el cuadro 3.15 se presentan los resultados del dimensionamiento geométrico del tanque de reserva y en el Anexo 3.12 se observa los cálculos:

Cuadro 3.15 Resultados del dimensionamiento del tanque de reserva

Resumen del tanque de reserva		
Caudal de tratamiento (Qtrat)	= 0.407	l/s



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Diámetro del tanque (D)	= 2.85	m
Volumen del tanque (V)	= 15	m ³
Altura del tanque (h)	= 2.40	m
Espesor de la pared (e)	= 5	cm

Elaboró: Autora

3.3.1.9 Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son las encargadas de llevar el agua potable, desde las tuberías de distribución hasta cada domicilio garantizando de esta manera el uso del agua en cada vivienda.

Se proyecta realizar una sola acometida por vivienda; por tanto 55 usuarios son beneficiarios.

Cada conexión constará de los elementos necesarios que aseguren un acoplamiento perfecto a la tubería matriz, a la vez que sea económicamente adecuada al medio rural.

El medidor se localizará en un sitio de fácil accesibilidad y que ofrezca seguridad contra el vandalismo.

El tipo de conexión se construirá de acuerdo al diseño que se indica en el plano que corresponda.



3.3.1.10 Análisis tarifario

La construcción de todo sistema de agua potable, implica inversiones de cuantiosos recursos tanto humanos, técnicos y económicos, hasta poner en funcionamiento todas y cada una de las unidades que constituyen el proyecto.

Luego de conseguir el objetivo fundamental que es el de proveer a la población un servicio de agua domiciliario, en buenas condiciones de calidad y cantidad; viene la etapa de operación y mantenimiento del sistema, así como, la reparación de daños que pudieren presentarse, lo que implica mano de obra. Todo esto genera gastos en lo referente a sueldos, aditivos químicos para producción y distribución del agua, los mismos que deben ser cubiertos a través de la recaudación de pagos por concepto de consumo a los usuarios del sistema.

Se realizó el cálculo para la determinación de la tarifa básica mensual a cobrar por el uso del sistema de agua potable una vez que éste entre en servicio, esta tarifa está en relación directa con el nivel de ingresos que poseen la comunidad del Barrio San Vicente.

El cálculo de la tarifa básica para el presente estudio se basa en los lineamientos que establece PRAGUAS, según estas recomendaciones se ha calculado el valor de la tarifa a cobrar de 3.30 dólares/mes para los usuarios cuyo consumo no excede de 14 m³/mes. En el Anexo 3.13 se detalla el cálculo de la tarifa básica.

3.3.1.11 Presupuesto y cronograma del sistema de agua potable

Análisis de Precios Unitarios



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

La elaboración de un presupuesto en una obra tiene una gran importancia, el mismo que obedece a circunstancias complejas que obligan a someter a un análisis riguroso de los diferentes componentes y variantes que existen al analizar el costo de construcción de una obra.

El costo de una obra es el valor de la inversión realizada para obtener la total terminación de dicha obra.

Una vez que se ha desglosado a través de los análisis de costos o precios unitarios, los ítems de ese costo se encuentra tres elementos que son: material, mano de obra y equipo, que intervienen en la conformación del costo y obtener su óptimo aprovechamiento.

El análisis de precios unitarios en la producción pueden dividirse en dos grupos principales: costos indirectos y costos directos. En términos generales los costos indirectos representan el manejo y el control de diferentes proyectos que en un tiempo determinado inciden porcentual o parcialmente en un proyecto específico; y, por otro lado los costos directos son el resultado de las necesidades de material, mano de obra y equipo de los diferentes rubros de un proyecto específico.

Realizado el estudio y diseño del Sistema de Agua Potable del barrio San Vicente del Cantón Gonzanamá, se procedió a obtener las cantidades de obra requerida para cada parte del proyecto.

Al presente estudio se adjunta una hoja electrónica de base de datos de fácil manejo y utilización elaborada en el paquete software Microsoft Excel, en donde constan los respectivos análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros que



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

intervienen en cada componente. Recomendándose al Gobierno Autónomo Municipal de Gonzanamá actualizar precios en el momento que vaya a construir el sistema objeto del presente proyecto.

Presupuesto del Sistema de Agua Potable

En el anexo 3.14, se presenta en forma resumida los diferentes componentes del Sistema de Agua Potable para el barrio San Vicente, el monto del presupuesto asciende a ochenta y nueve mil con seiscientos cuarenta y seis dólares con noventa y seis centavos (**\$89 646.96**), no incluye el IVA. Se indica que en cada rubro del presupuesto se incluye el costo de transporte y se trabaja con el 20% de costos indirectos.

Cronograma valorado de trabajo

Luego de realizado el estudio técnico de los proyectos, se realizó la planificación, la programación de sus obras de tal manera se encamine al adecuado y correcto uso de los recursos. La ejecución puede llevarse a cabo de muchas maneras, ya que los proyectos en sí, deja a cargo de quienes dirigen y realizan para que adopten las decisiones más adecuadas durante el proceso constructivo.

En el anexo 3.14, se presenta el cronograma valorado de trabajo. Su aplicación en la construcción permitirá la ejecución y la optimización de los recursos humanos y financieros.

3.3.2 Aprobación de la alternativa de la opción técnica:

La opción técnica fue aprobada por la comunidad de San Vicente en una reunión que se realizó con los usuarios el día 9 de agosto de 2012, en la que se propone la



CAPÍTULO III: DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

construcción de un nuevo sistema de agua que abastezca a todos los miembros de la comunidad de San Vicente. En el anexo 3.15 se encuentra adjunta una memoria fotográfica de la socialización.

CAPÍTULO IV



CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

4.1 Red de conducción

Generalidades

La línea de conducción es la parte del sistema constituida por conductos principales de diámetro diferente o igual que se encarga de llevar el agua de la captación a la planta de tratamiento. Las tuberías utilizadas en las conducciones pueden ser de diferentes materiales como: hierro galvanizado, asbesto – cemento, polietileno PVC, etc.

Criterios para el diseño

Partiendo de la base de que todo diseño debe estar sustentado sobre criterios técnicos y económicos, una línea de aducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el caudal deseado, lo cual en la mayoría de los casos conduce a la selección del diámetro mínimo que satisfaga razones técnicas (capacidad) permita presiones iguales o menores que las que la resistencia física del material soportaría.

Para el diseño de una línea de conducción por gravedad deben tenerse en cuenta, por tanto, los siguientes criterios:

1. Carga disponible o diferencia de elevación.
2. Capacidad para transportar el caudal máximo diario o gasto para el cual está diseñado.
3. La clase de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.



CAPÍTULO IV: CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

4. La clase de tubería, en función del material (Polietileno PE, Policloruro de vinilo PVC, Hierro Galvanizado HG, Hierro Fundido HF, AL), que la naturaleza del terreno exige: necesidad de excavaciones para colocar tubería enterrada o por el contrario, dificultades o excavaciones antieconómicas que impongan el uso de tubería sobre soportes.
5. Diámetros, cuya selección estará de acuerdo a diferentes posibles soluciones y estudiando alternativas bajo el punto de vista económico.
6. Estructuras complementarias que se precisen para el buen funcionamiento, tales como, tanques rompe presión, válvulas de desfogue, válvulas de aire, etc.

Tipo de tubería a utilizarse en la conducción

La tubería a utilizarse para el diseño de la conducción principal y líneas de transición proyectadas en el presente proyecto es de PVC presión (unión por sellado elastomérico), de 1.25 y 1.60 MPa de presión de trabajo. Se escogió tubería PVC por la facilidad de trabajo y costo en obra.

Pérdidas de carga

Se ha considerado dos tipos de pérdidas de carga, que son las siguientes:

- **Pérdidas por fricción**

Estas pérdidas de carga son producidas por la fricción del flujo con las paredes internas de la tubería y están en función de la longitud de la conducción.



- **Pérdidas menores o secundarias**

Las pérdidas menores son producidas, por entrada, salida, cambio de diámetro, cambio de dirección, accesorios, etc. Generalmente estas pérdidas no se consideran para el diseño de la línea de conducción, ya que sus valores son despreciables.

Velocidades

- **Velocidad mínima**

De acuerdo al numeral, 5.2.4.2, de las normas de diseño EX – IEOS, en lo posible se tomará 0.45 m/s como velocidad mínima, para conducciones que funcionen a gravedad, con superficie libre ó a presión, si el agua no contiene partículas en suspensión (arena - limo) no es necesario considerar una velocidad mínima.

- **Velocidad máxima**

En conducciones a presión para evitar el desgaste de las paredes del conducto se utilizarán las velocidades recomendadas por las normas del EX – IEOS, así tenemos para PVC se recomienda una velocidad máxima de 2.5 m/s y un coeficiente de rugosidad de 140.¹⁰

10 Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. *Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, para poblaciones de menos de 1000 habitantes.* Quito – Ecuador. 1988



Características de la conducción

En la conducción, después de seleccionar sus diámetros y trazado, debe considerarse las obras de arte como son la ubicación de válvulas y otros, que servirán para drenar, aislar, inspeccionar, ensayos, reparaciones, limpieza, etc.

En la conducción deberá colocarse entre otros, válvulas de desagüe en los puntos más bajos y válvulas de aire en las partes más altas; que serán instaladas dentro de cámaras de hormigón, provistas de tapa de seguridad.

Válvulas de cierre o de compuerta

Esta válvula se la ubica al inicio, en las partes altas y al final de la conducción; la finalidad de colocar en partes altas es para definir las zonas que serán drenadas a gravedad.

Válvulas de purga o descarga

Frecuentemente en las líneas de conducción con topografía accidentada, existe la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos más bajos, para lo cual resulta conveniente colocar dispositivos que permitan periódicamente su limpieza.

Válvulas de aire

Las líneas de conducción a gravedad, tienen tendencia a la acumulación de aire en los puntos altos, cuando se tiene presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado.

Dispositivos reductores de presión



Tanque rompe presión

El tanque rompe presión es una estructura hidráulica que reduce la presión para no exceder la máxima presión de trabajo de la tubería escogida. El tanque rompe hace que el líquido que circula por la tubería se ponga en contacto con el exterior y adquiera la presión atmosférica. Según recomendaciones del EX - IEOS, éstos se ubican aproximadamente cada 70 m de desnivel.

4.1.1 Celeridad

Se define como la velocidad de propagación de la onda, la misma que puede ser calculada mediante la siguiente ecuación propuesta por Korteweg:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \times \frac{D}{e}}}$$

Donde:

- a = Celeridad de la onda, m/s.
- K = Módulo de compresibilidad volumétrico del fluido, N/m².
- ρ = Densidad del agua, 1000 Kg/m³.
- E = Módulo de Young, N/m².
- D = Diámetro interno, mm.
- e = Espesor de la tubería, mm.

Para realizar el cálculo, es necesario conocer el módulo de Young de acuerdo al material del que esta hecha la tubería de acuerdo al cuadro 4.1 que se encuentra a continuación:



Cuadro 4.1 Módulo de Young de acuerdo al material

Material	Módulo de elasticidad (en MPa = 10⁶ Nw/m²)
Acero	210 000
Cobre	100 000 – 130 000
Fibro cemento	24 500
Fundición dúctil	165 000
Hormigón	15 000 – 30 000
H.arm. camisa chapa	40 000
Perspex	6500
Plomo	5000 – 20 000
Polibutileno	900
Poliéster	5000
Polietileno baja densidad	220
Polietileno media densidad	400
Polietileno alta densidad	900
Polipropileno	950
PVC rígido	2950
Roca	50 000 – 60 000

Fuente: Hidráulica de tuberías. TRANSITORIOS. “Descripción y efectos.- Protección de líneas hidráulicas.” *Ing. Mireya Lapo*

4.2 Sistema de conducción adoptado

La conducción para este proyecto, por la topología de la red y suficiente presión que tiene la misma se optó por un sistema a gravedad; aprovecha al máximo la energía disponible para conducir el caudal deseado. La carga disponible está representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación (nivel mínimo de aguas en la captación) y el estanque de almacenamiento (nivel máximo de aguas en el estanque).



4.2.1 Cálculo hidráulico de la línea de conducción

Para el cálculo se realizó utilizando las ecuaciones matemáticas respectivas enunciadas anteriormente, dichas expresiones sirvieron para la realización de una hoja electrónica en Microsoft Excel para diseño de conducciones.

Además se tomaron en consideraciones las recomendaciones citadas respecto al tipo de material que se utilizará (Poli cloruro de vinilo PVC), especificaciones respecto a la presión de trabajo de la misma, accesorios a emplearse en la línea de conducción, así también el caudal respectivo destinado a cada proyecto.

Conducción del sistema de agua potable del barrio San Vicente

Conducción entre PA 1 – PA 2

Con los datos de partida que constan a continuación se procede a realizar el cálculo hidráulico:

Datos:

Punto de inicio de conducción, PA-1 = 0+000 (Captación)

Cota de captación o inicio de conducción = 2371 m.s.n.m.

Ubicación, PA-2, Abscisa = 0+27.95

Cota de llegada = 2369.83 m.s.n.m.

Material = PVC

Caudal de conducción = 0.407 l/s

Diámetro designado = 32 mm

Diámetros interior nominal = 29 mm



C = 140 PVC, coeficiente de Hazen – Williams

1. Longitud tubo. Distancia inclinada

$$Long.Tubo = (Dist.Hor^2 + Des^2)^{0.5} \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

Donde:

Long.tubo = Longitud tubo, en m.

Dist.Hor = Distancia Horizontal, en m.

Des = Desnivel, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$Long.Tubo = (27.95 \text{ m} + 1.17 \text{ m})^{0.5}$$
$$Long.Tubo = 27.98 \text{ m}$$

2. Longitud distancia inclinada + 5%

$$Long.Dis + 5\% = (Long.Tubo.) \times 5\%$$

(Ecuación 4.2)

Donde:

Long.Dis+5% = Longitud distancia inclinada en 5%, en m.

Long.Tubo = Longitud tubo, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$Long.Dis + 5\% = (27.98 \text{ m} \times 1.05)$$
$$Long.Tubo = 29.35 \text{ m}$$

3. Velocidad

$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times D^2} \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

Donde:



CAPÍTULO IV: CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

V = Velocidad del flujo, en m/s.

Q = Caudal que sigue, en m³/s.

D = Diámetro interno de la tubería, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$V = \frac{\frac{0.407}{1000} \times 4}{\pi \times \frac{29^2}{1000}}$$

$$V = 0.62 \text{ m/s}$$

4. Pérdidas Unitarias por Darcy – Weisbach

- *Número de Reynolds*

$$Re = \frac{V \times D}{\nu_c} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Donde:

Re = Número de Reynolds, en m.

V = Velocidad del flujo, en m/s.

D = Diámetro interno de la tubería, en m.

ν_c = Viscosidad cinemática a temperatura de 20 °C, en m²/s.

Reemplazando valores tenemos:

$$Re = \frac{0.62 \times \frac{29}{1000}}{1.01 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 17745.04 \text{ m}$$



CAPÍTULO IV: CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

• **Pérdidas unitarias en cada tramo**

$$hf = \frac{8 \times f \times \text{Long.Tubo}}{\pi \times g \times D^5 \times Q^2} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Donde:

- hf = Pérdidas unitarias, en m.
- f = Coeficiente de fricción.
- Long.Tubo = Longitud del tubo, en m.
- G = Gravedad, 9.81 m/s².
- D = Diámetro interno de la tubería, en m.
- Q = Caudal que sigue, en m³/s.

Reemplazando valores tenemos:

$$hf = \frac{8 \times 0.02676 \times 27.98}{\pi \times 9.81 \times \left(\frac{29}{1000}\right)^5 \times \left(\frac{0,407}{1000}\right)^2}$$
$$hf = 0.49964 \text{ m}$$

• **Pérdidas acumuladas**

$$hf_{acum} = hf + hf.acce_{acum} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Donde:

- hf_{acum} = Pérdidas acumuladas, en m.
- hf = Pérdidas unitarias, en m.
- hf.acce_{acum} = Pérdidas en accesorios acumuladas, en m.c.a.

Reemplazando valores tenemos:

$$hf_{acum} = 0.49964 + 0.03096$$
$$hf_{acum} = 0.53060 \text{ m}$$



5. Pérdidas unitarias por Hazen – Williams

- **Pérdidas unitarias**

$$hf = \frac{10.646}{(D)^{4.87037} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85185}} \quad \text{(Ecuación 4.7)}$$

Donde:

- hf = Pérdidas unitarias, en m.
- D = Diámetro interno de la tubería, en m.
- Q = Caudal que sigue, en m³/s.
- C = Coeficiente de Hazen –Williams para tubería PVC.

Reemplazando valores tenemos:

$$hf = \frac{10.646}{\left(\frac{29}{1000}\right)^{4.87037} \times \frac{\left(\frac{0,407}{1000}\right)^{1.85185}}{140}}$$
$$hf = 0,010833 \text{ m}$$

- **Pérdidas unitarias por tramo**

$$hf_{tramo} = \frac{10.646 \times Long.Tubo}{(D)^{4.87037} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85185}} \quad \text{(Ecuación 4.8)}$$

Donde:

- hf_{tramo} = Pérdidas unitarias por tramo, en m.
- Long.Tubo = Longitud del tubo, en m.
- D = Diámetro interno de la tubería, en m.
- Q = Caudal que sigue, en m³/s.



C = Coeficiente de Hazen –Williams para tubería PVC.

Reemplazando valores tenemos:

$$hf_{tramo} = \frac{10.646 \times 29.37 \text{ m}}{\left(\frac{29}{1000}\right)^{4.87037} \times \frac{\left(\frac{0,407}{1000}\right)^{1.85185}}{140}}$$
$$hf_{tramo} = 0,51265 \text{ m}$$

- **Pérdidas unitarias acumuladas**

$$hf_{acum} = hf_{tramo} + hf.acce_{acum} \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde:

hf_{acum} = Pérdidas acumuladas, en m.

hf_{tramo} = Pérdidas unitarias por tramo, en m.

$hf.acce_{acum}$ = Pérdidas en accesorios acumuladas, en m.c.a.

Reemplazando valores tenemos:

- $hf_{acum} = 0.51265 + 0.03096$
 $hf_{acum} = 0.54362 \text{ m}$

6. Presión estática

$$Pe = Ct - Cp \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Donde:

Pe = Presión estática, en m.c.a

Ct = Cota del tanque, en m.s.n.m.

Cp = Cota geométrica del punto en m.s.n.m.

Reemplazando valores tenemos:



$$Pe = 2371 - 2369,83$$

$$Pe = 1.17 \text{ m}$$

7. Presión dinámica

- *Por Hazen – Williams*

$$Pd = Pe - hf_{acum} \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

Donde:

Pd = Presión dinámica, en m.c.a

Pe = Presión estática, en m.c.a

hf_{acum} = Pérdidas unitarias acumuladas, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$Pd = 1.17 - 0.54362$$

$$Pd = 0.63 \text{ m}$$

- *Por Darcy - Weisbach*

$$Pd = Pe - hf_{acum} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde:

Pd = Presión dinámica, en m.c.a.

Pe = Presión estática, en m.c.a.

hf_{acum} = Pérdidas unitarias acumuladas, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$Pd = 1.17 - 0.53060$$

$$Pd = 0.64 \text{ m}$$

8. Cota piezométrica por D-W

$$CP = Ct - hf_{acum} D - W \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Donde:



- CP = Cota piezométrica, en m.
Ct = Cota del tanque, en m.s.n.m.
hf_{acum} = Pérdidas unitarias acumuladas, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$CP = 2371 - 0.53060$$
$$CP = 2370.47 \text{ m}$$

9. Celeridad

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \times \frac{D}{e}}} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

Donde:

- a = Celeridad de la onda, m/s.
K = Módulo de compresibilidad volumétrico del fluido, N/m².
ρ = Densidad del agua, 1000 Kg/m³.
E = Módulo de Young, N/m².
D = Diámetro interno, mm.
e = Espesor de la tubería, mm.

Reemplazando valores tenemos:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{2.07 \times 10^9}{1000}}}{\sqrt{1 + \frac{2.07 \times 10^9}{2.95 \times 10^9} \times \frac{\frac{29}{1000}}{1.6}}}$$
$$a = 388.48 \text{ m/s}$$

10. Golpe de ariete



$$ha = \frac{a \times V}{g} \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

Donde:

ha = Golpe de ariete, en m.c.a.

a = Celeridad de la onda, m/s.

g = Gravedad, en m/s².

Reemplazando valores tenemos:

$$ha = \frac{388.48 \times 0.62}{9.81}$$
$$ha = 24.40 \text{ m.c.a}$$

11. Sobrepresión

$$Sp = ha + Pd \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Donde:

Sp = Sobrepresión, en m.c.a.

ha = Golpe de ariete, en m.c.a.

Pd = Presión dinámica, en m.

Reemplazando valores tenemos:

$$Sp = 24.40 + 0.64$$
$$Sp = 25.04 \text{ m.c.a}$$

Para la línea de conducción proyectada se necesitará las siguientes obras de arte que se detallan a continuación:



Cuadro 4.2 Resumen de obras de arte en conducción

OBRAS DE ARTE EN CONDUCCIÓN		
VÁLVULAS DE AIRE (1 unidad)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO
PA - 9	1	3/4"
VÁLVULAS DE DESAGÜE (2 unidades)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO
PA - 8	1	32 mm
PA - 13	1	32 mm
TANQUE ROMPE – PRESIÓN (2 unidades)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO DE ENTRADA Y SALIDA
PA - 18	1	32 mm x 1.25 MPa
PA - 27	1	32 mm x 1.25 MPa
PASOS ELEVADOS (2 unidades) L = 20 m		
PA 8 – PA 9		1
PA 13 – PA 14		1

Elaboró: Autora

4.3 Red de distribución

Generalidades

La red de distribución, constituida por una serie de tuberías, tanques rompe presión, válvulas de control, entre otros, esta nos permite un reparto equitativo del agua a los domicilios.



CAPÍTULO IV: CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS REDES

El servicio por medio de la red de distribución debe cumplir con los requisitos que se detallan a continuación:

- Las Normas de la SSA, recomiendan que la presión estática máxima sea de 40 m.c.a, la presión dinámica máxima de 30 m.c.a y la mínima será de 7 m.c.a.
- El diámetro nominal de los conductos de la red de distribución será de 25 mm.

El caudal de diseño hacia la red de distribución para el sector del barrio San Vicente es de 0.888 l/s. En el cuadro 4.3 el resumen de las diferentes obras de arte:

Cuadro 4.3 Resumen de obras de arte en distribución

OBRAS DE ARTE		
VÁLVULAS DE AIRE (2 unidades)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO
Ramal PA33-PA71	2	¾"
VÁLVULAS DE DESAGÜE (2 unidades)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO
Ramal PA33-PA71	2	32 mm

Elaboró: Autora

Cuadro 4.4 Resumen de tanques rompe presión en distribución

TANQUE ROMPE – PRESIÓN (10 unidades)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO DE ENTRADA Y SALIDA
Ramal PA33-PA71	2	32 mm x 1.25 MPa
Ramal PA48-PB15	3	25 mm x 1.60 Mpa
Ramal PA33-PC29	4	25 mm x 1.60 Mpa
Ramal PC8-PD17	1	25 mm x 1.60 MPa



Elaboró: Autora

Las redes de distribución estarán conformadas por diferentes ramales abiertos ya que la población es dispersa; la red de distribución se diseña con el caudal de distribución el mismo que para el presente proyecto es de 0.888 l/s, en el que se consideran tuberías principales y secundarias utilizando para tal objeto hojas de Excel. (Ver Anexo 4.1)

Además se tomaron en consideración las recomendaciones citadas respecto al tipo de material que se utilizará (PVC), especificaciones respecto a la presión de trabajo de la misma, accesorios a emplearse en la línea de distribución, así como el caudal destinado al proyecto.

Cuadro 4.5 Resumen de diseño de las redes de aducción y distribución

Aducción		
DESCRIPCIÓN	LONGITUD	ESPECIFICACIÓN
Ramal PA 1 – PA 33	995.94 m	32 mm x 1.25 MPa
Distribución		
Ramal PA 33 - PA 71	1304.04 m	32 mm x 1.25 MPa
Ramal PA 48 - PB 15	689.60 m	25 mm x 1.60 MPa
Ramal PA 33 - PC 29	805.54 m	25 mm x 1.60 MPa
Ramal PC 8 - PD 17	370.77 m	25 mm x 1.60 MPa

Elaboró: Autora

CAPÍTULO V



IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Generalidades

Tradicionalmente, el desarrollo del país se ha realizado sobre las bases de un crecimiento de las áreas productivas que han explotado los recursos naturales de forma poco planificada, sin darse cuenta de los límites naturales ni de las relaciones de interdependencia del hombre con la naturaleza.

La aparición de graves problemas ambientales como el franco deterioro de la calidad de vida de las poblaciones urbanas y rurales, la degradación de elementos ambientales, tales como el aire, el recurso hídrico, el suelo, la pérdida irreversible de recursos, de biodiversidad, son causas varias que han ayudado a que el ser humano empiece a cuestionar sus modelos de desarrollo, buscando formas que garanticen el mantenimiento del patrimonio natural en bien de las futuras generaciones.

5.2 Descripción del medio ambiente

La estructura básica de la descripción del ambiente en el área donde se localizará el proyecto, se ha realizado de acuerdo a las características y necesidades del mismo; analizando cada uno de sus componentes como son agua, suelo, hidrología, clima, flora, fauna y aspectos socioeconómicos.

Aire, suelo y agua:

En la zona a beneficiarse con el presente estudio no existe la presencia de industrias ni gran cantidad de automotores que puedan alterar y contaminar la calidad del aire.



En lo que respecta al suelo y de acuerdo a los estudios realizados se determinó que predominan suelos limosos de alta y baja plasticidad, en los cuales los habitantes realizan sus actividades agrícolas y ganaderas.

El agua de la vertiente utilizada en el presente estudio, se ha determinado que es de buena calidad y apta para el consumo humano previo a una desinfección.

Hidrología:

Para el estudio del Sistema de Agua Potable para el Barrio San Vicente, la fuente de abastecimiento se conforma de una vertiente de ladera, cuyo caudal en tiempo de estiaje es 1.661 l/s, lo que garantiza el aprovisionamiento al mismo.

Aspectos socio-económicos:

Las casas de los moradores de este barrio la totalidad de adobe y ladrillo, existiendo escasas viviendas de hormigón armado. La principal actividad económica de los habitantes es la agricultura y ganadería, otros moradores se ocupan de la siembra de maíz, fréjol, tomate, árboles frutales, siendo estos cultivados en ciclo invernal.

En lo que respecta a servicios básicos la población en su gran mayoría poseen luz eléctrica, agua entubada, así como la red vial Loja - Gonzanamá - Cariamanga, existentes durante todo el año.

La emigración al extranjero y a las grandes ciudades de nuestro país, producida especialmente en los últimos años, ha ocasionado que en el sector la población económicamente activa sea escasa, por consiguiente sus ingresos son muy bajos, provenientes de la actividad agrícola y ganadera descrita anteriormente.



5.3 Descripción del proyecto

La captación ubicada en el PA 1, de abscisa 0+000 y cota 2371 m.s.n.m; correspondiente a la vertiente “Los Alizos” en el barrio San Vicente.

A partir de la captación, hasta el desarenador se utilizarán tuberías de PVC unión por sellado elastomérico, $\Phi_e = 32$ mm, $\Phi_i = 29$ mm, de presión 1.25 MPa.

El desarenador ubicado en el PA 3, de abscisa 0+49.81 y cota 2368.04 m.s.n.m, se conduce hasta la planta de tratamiento (PA 32 – PA 33), en una longitud de 995.94 m, la misma que atraviesa terrenos escabrosos y de bastante pendiente, utilizándose para el efecto tubería de PVC, $\Phi_e = 32$ mm, $\Phi_i = 29$ mm, cuya presión es 1.25 MPa, respectivamente de acuerdo a las condiciones presentadas en los tramos de la misma.

La planta de tratamiento, se ubica en el PA 32 - PA 33 de abscisa 0+984.13-0+995.94 y cota 2193.50 m.s.n.m, ubicada en la parte alta de San Vicente, la cual consta de repartidor de caudales, dos filtros lentos descendentes, caseta de cloración y un tanque de almacenamiento de ferrocemento del cual se distribuirá mediante ramales abiertos el agua potabilizada hacia todos los usuarios del barrio con una tubería PVC, $\Phi_e = 25$ mm, $\Phi_i = 22$ mm, de presión 1.60 MPa.

5.4 Pronóstico y análisis de impactos

El pronóstico y el análisis de impactos permiten identificar en forma anticipada los efectos futuros de una acción llevada a cabo en el presente. Se indica los posibles impactos positivos y negativos que se producirán en las diferentes etapas de ejecución del proyecto, los mismos que se identificarán por separado.



5.4.1 Impactos positivos

Los impactos positivos son efectos benéficos para el ecosistema; entre los principales se tiene:

- Condiciones sanitarias saludables.
- Óptimo funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable.
- Fertilización y acondicionamiento de suelos.
- Mejoramiento de la producción agrícola y ganadera.
- Mejoramiento del nivel de vida y salud de la comunidad.
- Reducción de los malos olores, focos de infección, índices de mortalidad y migratorio.
- Generación de empleo.
- Desarrollo municipal y tecnificación del Departamento de Saneamiento Ambiental.
- Desarrollo de una cultura ecológica que permite la integración y participación de la comunidad en asuntos ambientales.

5.4.2 Impactos negativos

Los impactos negativos son efectos perjudiciales para el ecosistema; entre los principales se tiene:

- Pérdida de cobertura vegetal.
- Impacto paisajístico.
- Alteración de la flora y fauna.
- Generación de polvo en la remoción de material para instalar las diferentes unidades del sistema y material de relleno.
- Posibilidad de que las diferentes unidades del sistema no trabajen a cabalidad y tiendan a deteriorarse por falta de control y supervisión del sistema.



- Peligro de contraer enfermedades infecto - contagiosas, si no se realiza un control de calidad de agua ofrecida y consumida por los habitantes.

5.5 Evaluación de los impactos ambientales

La identificación y valoración de impactos ambientales surge como resultado de proyectar al futuro el medio con la acción propuesta ya realizada y mediante una comparación con las condiciones antes de la ejecución de la obra, determinar los cambios ambientales que se producirían, ordenándolos de acuerdo con una escala de valores que responda, directa o indirectamente, al tipo de normas de calidad ambiental que sirva de referencia.

5.5.1 Matriz de Leopold

La metodología empleada para la identificación y valoración de impactos ambientales en el presente proyecto es la Matriz Causa - Efecto (Método de Leopold). (Ver Anexo 5.1).

Las matrices causa- efecto son, sobre todo, métodos de identificación y evaluación que pueden ser ajustados a las distintas fases del proyecto, arrojando resultados cuali-cuantitativos, realizando un análisis de las relaciones de causalidad entre una acción dada y sus posibles efectos en el medio.

La base del sistema es una matriz en que las entradas según columnas contienen las acciones del hombre que pueden alterar el ambiente y las entradas según filas son características del medio (o factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con las entradas de filas y columnas se puede definir las relaciones existentes.



En cada elemento de la matriz (celdilla) se incluyen dos números separados por una diagonal. Uno indica "magnitud" de la alteración del factor ambiental correspondiente y, por lo tanto, el grado de impacto, y el otro la "importancia" del mismo.

La magnitud, como medida del grado de alteración ambiental, debería darse en términos del indicador correspondiente; sin embargo, Leopold y su grupo proponen para establecer una escala común entre 1 y 10 para todos los impactos. El uno representa la magnitud menor del impacto y 10 representa la máxima, para todos ellos. Se añade además un signo positivo o negativo que indica si el impacto es beneficioso o adverso, respectivamente.

La importancia también se considera en una escala entre 1 y 10, indicando el 1 la importancia menor y el 10 la mayor.

La graficación de los resultados de la matriz en coordenadas cartesianas ofrece una excelente manera de destacar la posición general del impacto. Por ejemplo, si en las abscisas se colocan los valores correspondientes a la magnitud y en las ordenadas los valores de la importancia de los efectos (a la cual se le asigna el mismo signo de la magnitud para obtener una nube de puntos en el primero y tercer cuadrante y poder visualizar mejor, por contraposición, los efectos que causaría en el medio) se obtiene un gráfico de puntos de fácil interpretación. Seguidamente se indica la matriz causa-efecto así como su interpretación gráfica.



5.6 Mitigación, prevención y compensación de impactos negativos

Los resultados del proceso de evaluación de impacto ambiental no tendrían sentido a menos que en una etapa posterior se efectúe un análisis de las posibles soluciones a tomarse para lograr la eliminación de estos efectos, su mitigación o minimización o su compensación. A este tipo de acciones subsidiarias se las denomina en forma general "medidas correctoras", o "medidas de corrección".

Las medidas de mitigación tienden a minimizar los efectos negativos mediante la ejecución de una serie de acciones subsidiarias. Este tipo de medidas pueden ser aplicadas en cualquier etapa de planificación en la que se encuentre el proyecto y pueden ser clasificadas en: técnicas, legislativas y en medidas de manejo.

Las medidas de prevención son aquellas que identifican impactos negativos, y se consideran para evitar que ellos sucedan a través de la realización de acciones subsidiarias al proyecto.

Las medidas de compensación tienden a restituir las condiciones del ambiente antes de la aplicación de las acciones del proyecto, o a reproducir situaciones similares para no afectar la vida de los directamente involucrados por los efectos negativos identificados y se clasifican en: medidas de indemnización y en medidas de restitución.

Las medidas de mitigación, prevención o compensación para el presente proyecto son:

- Analizar periódicamente la calidad del agua captada.

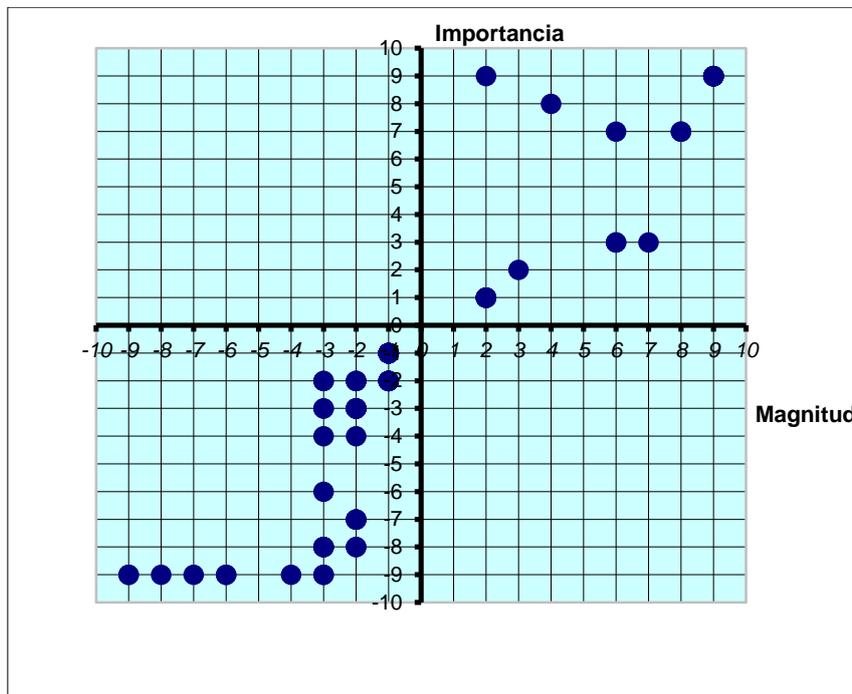


CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Supervisar que en los sectores circundantes al sitio de captación no se produzca explotación de acuíferos.
- Establecer con el municipio un programa de protección de las microcuencas para evitar la tala de árboles y arbustos, así como emprender un plan de reforestación con especies nativas.
- El Municipio de Gonzanamá deberá crear una ordenanza para sancionar a los usuarios que utilicen el agua potable para riego de sus propiedades.
- Realizar una capacitación periódica al personal que se encargará del mantenimiento de los sistemas.
- Realización de campañas de concientización y difusión para que los usuarios se integren al sistema de agua potable.



5.6.1 Interpretación gráfica de la matriz causa-efecto: (Método de Leopold)¹¹.



Como se puede apreciar, los efectos negativos son de poca magnitud y sin mucha importancia, aunque en número son mayores que los positivos, éstos a su vez son de gran magnitud e importancia. Es por esta situación que en el balance total, el proyecto propuesto resulta ser beneficioso para el medio ambiente específicamente en la dotación de agua dentro de la etapa de construcción y resulta ser crítico en la etapa de operación y mantenimiento.

5.7 Descripción de los efectos ambientales identificados

A) Fase de diseño de los componentes del sistema de agua potable

¹¹ Pérez, C & Salinas, A. *Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alternativas para la eliminación de aguas residuales para la población dispersa de los barrios “Luginuma”, “Paluco” y “Canchinamarca” del cantón Gonzanamá*. Tesis (Ingeniero Civil). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. (2000).



Para la captación se realizará en la vertiente “Los Alizos”, en donde se protegerá el área circundante para evitar su contaminación externa.

Además se ha descrito en la presente memoria las técnicas del mantenimiento y manejo de las unidades de captación.

Red de conducción:

La conducción se ha proyectado por zonas de pequeños bosques con el fin de no dañar la ecología y conservar la reforestación natural de la franja de la conducción, de igual manera se ha diseñado en partes sifonadas pasos elevados técnicamente proyectados y teniendo la precaución de no realizar el destrozo ni la contaminación del medio ambiente.

Planta de tratamiento:

La selección del sitio se realizó previa a un análisis minucioso del medio ambiente que la rodea. La potabilización del agua ha sido estudiada muy prolijamente seleccionando las unidades de tratamiento para que se realice un control de la calidad del agua que será distribuida a los habitantes del barrio objeto del presente estudio, indicando un adecuado manejo y dosificación del cloro a utilizarse en la desinfección del agua, así como el control y manejo de las unidades de tratamiento.

Red de distribución:

La distribución se ha diseñado y su ubicación se realiza en base de la técnica que existe para el efecto, previo al estudio de incidencia en el impacto social y económico de los habitantes; y sobre todo en relación con el medio ambiente de los usuarios de



cada uno de los barrios, esto en base de la incidencia del Agua Potable en la salud y mejoramiento de vida de los pobladores.

B) Fase de construcción

Durante la etapa de construcción los efectos ambientales negativos son de duración temporal, localizados en sitios específicos de carácter reversible que pueden ser atenuados con una apropiada planificación el cronograma de trabajo y teniendo toda la precaución de no hacer ningún daño al medio ambiente en el cual se está realizando la unidad de construcción.

Los principales efectos ambientales que se producirán en la construcción del Sistema de Agua Potable son:

Calidad del agua a captarse:

Para esto se realizó el estudio de la vertiente “Los Alizos” desde el sitio a captarse, con la finalidad de que no repercuta en la calidad y cantidad de agua que se verán afectados los habitantes, debido al movimiento de tierras que se producirá.

Calidad y uso del suelo:

La construcción de unidades de filtros, caseta de cloración y tanques de reserva causará el desalojo de tierra, habiéndose proyectado una adecuada eliminación de estos materiales, los mismos que afectarán en mínima porción el entorno a estas unidades, sobre todo en el tiempo de fuertes lluvias.



En la construcción de la red de distribución se debe tener la precaución de realizar de acuerdo a una programación de avance de obra, desalojando la tierra sobrante y compactando las zanjas para tendido de tubería previo a las pruebas hidrostáticas y evitar un malestar a los habitantes del sector.

Así también se indica que la construcción del sistema deberá contratarse mano de obra del sector, lo que produciría un impacto positivo debido a la generación de empleo.

Aspectos socio – económicos:

La encuesta realizada a la comunidad del sector al inicio del presente proyecto, indica que toda la población siente la necesidad y están de acuerdo en que se construya el sistema de agua potable y así mismo muestran su actitud favorable a colaborar exclusivamente con trabajo, por lo que será necesario entonces proveerles la asesoría técnica y de los materiales para emprender en la ejecución de los trabajos. Su finalidad es preservar la salud, generar fuentes de trabajo y mejorar las condiciones de vida de estas importantes comunidades de nuestra provincia.

C) *Fase de operación y mantenimiento*

Durante la operación del sistema planteado, los efectos negativos identificados son localizados puntualmente.

Calidad de agua de la fuente a captarse:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La calidad del agua a captarse se verá afectada tanto en su calidad física, química y bacteriológica ya sea por el deterioro y reparación de las diferentes unidades del sistema o por la continua presencia del personal calificado que preste sus servicios para la operación y mantenimiento del mismo, como también por el embalse y su posterior vaciado de las diferentes unidades como consecuencia de las crecidas de invierno.

Salud:

Se prevén riesgos a la salud de la persona encargada de la operación y funcionamiento del sistema, a causa de una defectuosa manipulación del cloro o por otros accidentes.

La salud pública puede ser afectada por una mala operación y mantenimiento que causarían fallas de operación que darían como resultado una baja calidad del agua tratada.

CAPÍTULO VI



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

6.1 Formas de manejo del sistema de agua potable para el barrio de San Vicente

Para la operación y mantenimiento del sistema de agua potable, será necesaria la participación comunitaria a través de las siguientes formas o niveles de responsabilidad del recurso humano disponible.

Personal

El personal que interviene y está involucrado en las actividades de operación y mantenimiento del sistema son:

1. Usuario:

El usuario tiene las siguientes responsabilidades:

- Usar el agua estrictamente para uso doméstico.
- Mantener en buen funcionamiento la conexión domiciliaria.
- Pagar las tarifas por el servicio de agua potable.

2. Operador:

Las principales funciones del operador son:

- Operar y mantener en buen funcionamiento el sistema en todas sus unidades y equipos.
- Responsabilizarse por la operación y mantenimiento rutinario.
- Notificar a la junta administradora de agua potable (JAAP), recibir instrucciones y dirigir tareas de operación y mantenimiento de emergencia.
- Presentar mensualmente a la junta administradora los trabajos de operación y mantenimiento realizados, en sus respectivos formularios.



- Comunicar a la junta administradora las necesidades de adquisición de materiales, herramientas y equipo de seguridad para el operador.
- Realizar nuevas conexiones previas el pago y autorización respectiva.
- Notificar a los usuarios morosos, para el pago de sus tarifas.

3. Comunidad:

La comunidad contará de dos participaciones:

a). Participación directa

- La comunidad participará por medio de mingas para solucionar problemas de mantenimiento que por si solo, el operador no pueda afrontar.
- Participará en tareas de mantenimiento que requiera mucha mano de obra.
- Nombrar los miembros de la Junta administradora.
- Donar las áreas para la construcción de las diferentes unidades de los sistemas.

b). Participación a través de la junta administradora

- Llevar un registro de usuarios.
- Llevar las cuentas de recaudación y gastos.
- Controlar las actividades del operador.
- Comprar materiales, herramientas y equipo para el operador.
- Colaborar en campañas de educación sanitaria, para promocionar los sistemas de saneamiento y fomentar el uso adecuado.

4. Promotor:

El promotor contará de las siguientes funciones:

- Asesorar a las juntas administradoras.
- Colaborar en la selección de los operadores.
- Participar en la capacitación de los operadores.



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Monitorear el cumplimiento de las actividades de operación y mantenimiento por parte del operador.
- Recopilar y entregar a la junta administradora, los planos del sistema construido.
- Participar en campañas de educación sanitaria.

5. Ingeniero de operación / mantenimiento:

El ingeniero sanitario poseerá de las siguientes funciones:

- Asesorar a las juntas administradoras, al promotor y al operador.
- Colaborar en actividades de operación y mantenimiento de gran magnitud o especiales.
- Colaborar en la selección de materiales, equipos y repuestos.
- Colaborar en la contratación de servicios o trabajos eventuales.

6. Contratación eventual:

En caso de reparaciones grandes o trabajos especiales será necesario realizar este tipo de contrataciones.

Este personal ejecutará:

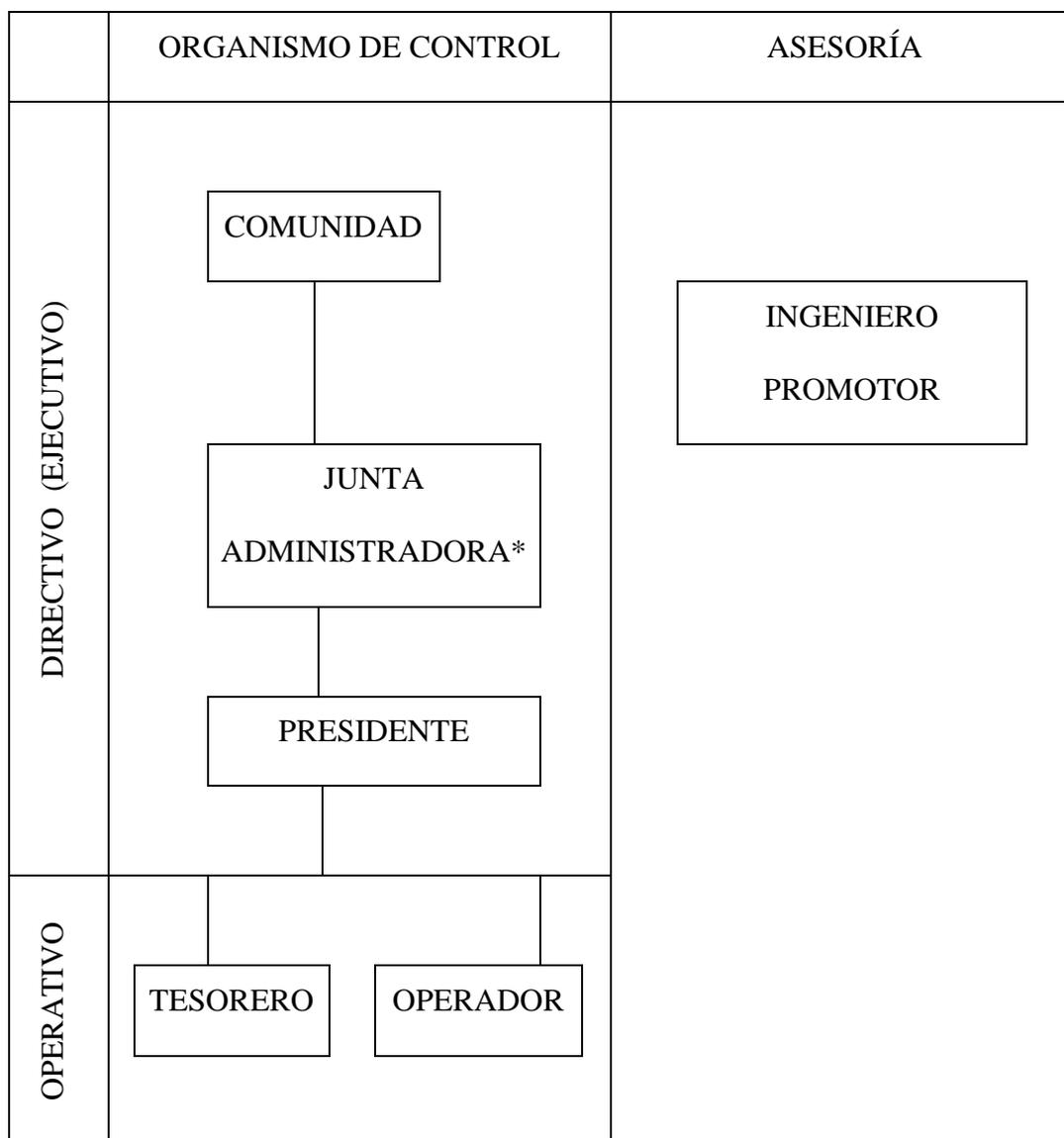
- Actividades específicas del contrato (mano de obra, materiales, uso de equipo y herramientas, etc.).
- Cumplimientos de especificaciones y plazos.

Administración

La principal forma de manejar el sistema de agua potable, es señalar como está estructurado el organismo encargado de su correcto funcionamiento. En el siguiente esquema se presentan los niveles administrativos que tendrá dicho organismo.



Imagen 6.1 Esquema de los niveles administrativos de la JAAP



Fuente: Autora.- * Junta administradora de agua potable (JAAP)

6.2 Consejos y procesos de operación y mantenimiento

El presente manual pretende ser un instructivo de trabajo destinado a proporcionar a los ingenieros, técnicos y promotores de operación y mantenimiento conceptos y guías para el desarrollo de sus actividades en forma correcta; facilitando la preparación, ejecución y evaluación de los programas en el área rural, presentando en



forma simple las definiciones y responsabilidades de operación, mantenimiento preventivo, correctivo y emergencia.

En el manual, se detalla para las diferentes unidades que conforman parte de los sistemas, los principales problemas que se presentan con mayor frecuencia.

A continuación se presenta algunos consejos que la JAAP, organismo encargado de operación y mantenimiento del sistema, tendrá que coordinar con el ingeniero promotor:

- De acuerdo a las experiencias, que se vayan presentando, el ingeniero deberá proponer periódicamente los cambios y ajustes correctivos para el sistema.
- De acuerdo al manual presentado, se preparará documentos específicos como cartillas o folletos auxiliares para que la JAAP y los operadores de los sistemas se puedan instruir.
- Además periódicamente se capacitará al operador como a los usuarios en campañas de educación sanitaria y fomentar el uso adecuado de los sistemas.

Por otro lado, se indica que la simbología a emplearse en este manual para los diferentes niveles de responsabilidad en la ejecución de las actividades será la siguiente: Local (L) o provincial (P).

6.3 Limpieza de unidades

La limpieza de las unidades de los sistemas, se realizará de acuerdo a la frecuencia, tiempo estimado que se propone en este manual, salvo circunstancias en los que el ingeniero determinará según el caso presentado.



El operador contará de un instructivo que la JAAP deberá facilitarle para que cumpla eficientemente con sus funciones y responsabilidades adquiridas.

Se le deberá proporcionar al operador el equipo necesario mínimo para la limpieza de las unidades, esto es: Guantes de caucho, botas de caucho, mascarilla simple (para protegerse cuando manipule el cloro), caja de herramientas, palas, picos, machete, rastrillo de jardinero, etc.

6.4 Elaboración del manual para el operador

En el área rural, donde hay poco o ningún conocimiento técnico y administrativo sobre los sistemas de agua potable, y donde los recursos económicos son escasos, es necesario que el personal encargado de las actividades de OPERACIÓN y MANTENIMIENTO, disponga de un manual práctico que le ayude a realizar las diferentes tareas con suficiente oportunidad, de tal manera que el sistema en todo momento funcionen adecuadamente.

La elaboración de un manual de operación y mantenimiento tiene por finalidad principal presentar una metodología apropiada para obtener un correcto funcionamiento del proyecto a construir, tomando en cuenta esto, y para garantizar el servicio y la conservación del sistema de agua potable.

6.4.1 Sistema de agua potable

- **Captación de agua de vertientes:**

Los problemas que se presentan son generalmente los siguientes:



- Introducción de material sedimentado en la tubería de salida, por falta de limpieza oportuna de la obra.
- Disminución del caudal del manantial debido a que las aguas se desvían hacia otro lugar ubicado a una cota más baja las causas son diversas y a veces modifican la estructura interna en el área de la captación.
- Disminución del caudal debido a prolongadas sequías.
- Filtración por defectos en la construcción.
- Derrumbes que pueden afectar la estructura.
- Presencia de posibles focos de infección en el área de influencia de la captación.¹²

▪ **Operación de captación de vertientes:**

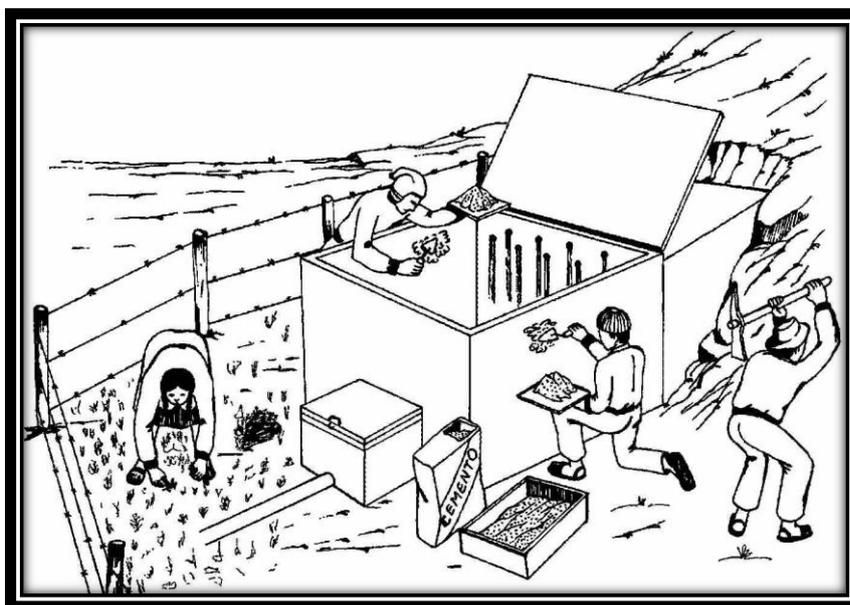
Para poner en servicio la estructura, el operador debe proceder a lo siguiente:

- Limpiar el interior de la caja de todo material depositado durante la construcción, o sedimento en la estructura.
- Desinfectar su interior, de acuerdo a las normas específicas de la desinfección.
- Abrir la válvula de limpieza una vez cumplido el tiempo de retención de agua para los efectos de desinfección.
- Cerrar la válvula de limpieza una vez evacuada el agua de desinfección.
- Abrir la válvula de salida de la captación.
- Caudal de salida al desarenador.
- Por seguridad colocar la cadena y el candado para que no puedan ser abiertas las tapas de las cámaras de válvulas.

¹² Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (2006). *Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de suministro de agua en el medio rural*. Recuperado el 18 de Marzo de 2011. <http://www.sinia.net.ni/webayc2/documentos/AspectosLegales/ManualOperacionSistemasAguarural.pdf>



Imagen 6.2 Captación de agua en vertientes



Fuente: Manual de Capacitación a JAAS, pág. 17. 2005

A continuación se presentan las actividades que el operador debe realizar en forma rutinaria, tanto para la captación superficial así como también para vertientes:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	ACTIVIDADES
Diario	1 hora	Observación del caudal que llega al tanque de almacenamiento. Al notar disminución, efectuar la inspección a fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.
Variable	Variable	Manipuleo de válvulas, según la frecuencia a establecer con el ingeniero promotor
Variable	Variable	Inspeccionar periódicamente la captación para detectar posibles fuentes de contaminación.

Seguidamente se presentan actividades de mantenimiento a realizarse en la captación de vertiente:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
CAPTACIÓN DE AGUA TIPO VERTIENTE				
Mensual	1 día	L	Operador	Inspección de la obra diaria cercana para detectar problemas y corregirlos.
Mensual	4 horas	L	Operador	Limpiar el cajón recolector y revisar que las tapas estén bien y debidamente aseguradas.
Semestral	4 horas	L	Operador	Limpiar el área interna de la cerca de protección. De no existir esta, hacer la limpieza en un área de 10 m de radio y lo antes posible proceder a cercar la obra.
Mensual	1 día	P	Promotor	Inspección del estado de mantenimiento de la captación, estructura de protección y detección de problemas para corregirlos.
Anual	1 día	L	Operador	Revisar las válvulas, tuberías y elementos de operación. Repararlos de ser necesario.
Anual	Variable	P	Promotor Operador Comunidad	Reacondicionamiento general del aspecto externo de la estructura y de la cerca, pintar las partes metálicas con pintura anticorrosiva.

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de la captación son: palas, picos, barretas, bailejo, cepillo metálico, juego de llaves, cemento, pintura anticorrosiva, lubricantes, empaques.

▪ **Desarenador**

Operación y mantenimiento del desarenador:

- En la estructura del desarenador, tanto la operación como el mantenimiento, son simples pues no presentan mayor dificultad. Para el desarenador, a continuación se presenta las principales actividades de operación para los diferentes niveles de responsabilidad.



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	TIEMPO	ACTIVIDADES
	ESTIMADO	
Diario	1 hora	Control del caudal que ingresa a la conducción. De notar disminución inspeccionar la obra con el fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.
Variable	Variable	Manipuleo de válvulas, a fin de verificar que giren con facilidad y no existan obstrucciones en el desagüe.
Variable	Variable	Verificar si existen indicios de roturas, fisuras y fugas.

Seguidamente se presentan las principales actividades de mantenimiento para los diferentes niveles de responsabilidad, a darse en el desarenador.

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Mensual	2 horas	L	Operador	Limpieza del desarenador (la frecuencia se ajustará según experiencia local).
Trimestral	4 horas	P	Promotor	Inspección del estado de mantenimiento de la estructura
Semestral	4 horas	P	Promotor	Revisión de válvulas y elementos de operación y repararlos de ser el caso.
		L	Operador	

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento del desarenador son: machete, palas, picos, barretas, bailejo, cepillo metálico, juego de llaves, pintura anticorrosiva, cemento, lubricantes, empaques.

▪ **Línea de conducción**

Los problemas que generalmente se presentan en la conducción son:

- Obstrucción parcial o total de la tubería por deficiente funcionamiento de las válvulas de aire y/o desagüe.



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Rotura de tubos, por diversas causas como sobrepresiones internas, obstrucciones bruscas, acciones externas, fallas en la calidad de material, desplazamientos horizontales y verticales de la línea.
- Deficiente limpieza y desbroce de la conducción.
- Fugas por diversas causas, las mismas se detectan por una inspección minuciosa de la línea.
- Maniobras rápidas de las válvulas que producen sobrepresiones o golpe de ariete en la tubería.

Operación de la línea de conducción:

Actividades de operación que deben realizarse en la conducción.

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	ACTIVIDADES
Diario	1 hora	Control de la descarga en el tanque de reserva mediante el aforo, para verificar el funcionamiento normal de la conducción.
Mensual	Variable	Manipuleo controlado de válvulas para verificar su correcto funcionamiento. Verificar si existen obstrucciones y observar si hay indicios de roturas, fugas o conexiones ilícitas.
Trimestral	Variable	Verificar si existen lugares en los cuales la conducción no esté instalada a suficiente profundidad.

Mantenimiento de la línea de conducción:

Actividades de mantenimiento a realizarse en la conducción:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Mensual	Variable	L	Operador	Inspección de la línea para control del funcionamiento general del sistema.
Mensual	4 horas	L	Operador	Purga de válvulas y limpieza de tanques rompe presión.
Trimestral	4 horas	P	Promotor	Verificar el funcionamiento de las válvulas de aire y repararlas.
Trimestral	2 días	L	Operador Comunidad	Limpieza y desbroce de la línea de conducción.
Semestral	1 día	P	Promotor	Inspección del funcionamiento hidráulico y mantenimiento de la línea,
Semestral	Variable	P	Promotor	Corregir la conducción en lugares donde esté instalada a profundidad insuficiente tubería,

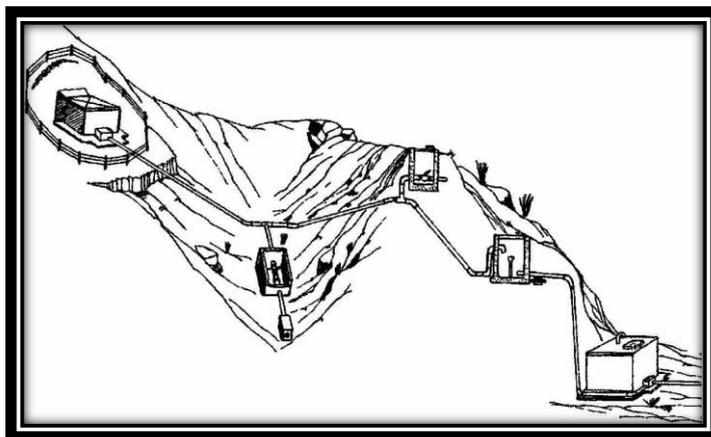
Adicionalmente, se recomienda inspeccionar una vez al año las válvulas de la conducción, para esto la persona encargada podrá realizarlo de una manera más fácil con la ayuda de los planos, en donde se detallan los sitios de ubicación de las mismas.

La inspección comprende el siguiente trabajo:

- Todas las válvulas deben ser abiertas y cerradas en su totalidad a fin de eliminar los depósitos acumulados en el asiento de la compuerta.
- Revisar si no existen fugas por la contratuerca superior de las válvulas debido a que se encuentre floja, en cuyo caso será ajustada.
- Para facilitar su manejo debe ponerse aceite de baja viscosidad entre el vástago y la contratuerca superior.
- Si una válvula está dañada, se debe proceder a cambiarla.



Imagen 6.3 Línea de conducción



Fuente: Ibídem, pág. 24.

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de la línea de conducción son: machete, palas, picos, barretas, bailejo, cepillo metálico, juego de llaves, cemento, lubricantes, empaques, pintura anticorrosiva.

▪ **Planta de tratamiento**

En la planta de tratamiento en sus diversas unidades debe realizarse la operación y mantenimiento con mayor acierto y responsabilidad. Se presenta algunas recomendaciones generales:

Controlar el caudal de ingreso, para un gasto igual a la capacidad de la planta.

- El área reservada a la planta debe mantenerse limpia.
- Deberá acondicionarse de energía eléctrica a la planta de tratamiento.



- El cerramiento de la planta debe proteger del ingreso de persona o de animales del sector.¹³

- **Filtros lentos descendentes**

Los filtros lentos básicamente constan de un tanque que contiene los siguientes elementos: Capa de agua sobrenadante, un medio filtrante, sistema de drenaje y un juego de dispositivos de regulación y control.

Operación de los filtros:

Puesta en servicio de un filtro.

Una vez terminado la construcción de una unidad, el lecho filtrante se debe llenar con agua limpia desde el fondo para expulsar las burbujas de aire presentes en los intersticios de la arena, para ello se utiliza el agua filtrada de la otra unidad.

Cuando el nivel de agua llegue a una altura suficiente por encima del lecho de arena (0.1 m), puede admitirse la entrada normal del agua no filtrada en forma tal que no se produzca turbulencia, para lo cual se abre la compuerta de entrada del agua en forma lenta.¹⁴

El filtro debe hacerse funcionar por unas cuantas semanas para permitir la formación de la capa biológica y de las capas adherentes que rodean los granos del

13 Ministerio del Agua. (2007). *Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Aguas Rurales*. Recuperado el 18 de Abril de 2011.

<http://www.emagua.gob.bo/bmmaya/DOCS/VARIOS/04%20MAN%20OpeMan%20SAP%20rural.pdf>

14 Johnson, K & Sifuentes, F. (2007). *Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable y Saneamiento para la Comunidad de Puerto Santa Ana*. Recuperado el 28 de Abril de 2011.

<http://sachayaku.org/Compressed%20technical%20manual.pdf>



lecho filtrante o sea del llamado "Proceso de maduración". Durante este proceso, la velocidad de filtración es gradualmente incrementada hasta alcanzar la velocidad de diseño de 0.20 m/h.

Regulación del nivel del vertedero de salida.

El nivel de la parte superior del vertedero de salida debe estar ligeramente más alto de la superficie del lecho filtrante, para evitar presiones negativas en el lecho filtrante. En el rearenamiento del filtro se pondrá especial atención en este detalle, con el fin de que el nivel superior de la capa de arena no sobrepase el nivel del vertedero.

Manipulación de la válvula de salida del filtro.

Después del debido proceso de maduración, el filtro operará exitosamente por varias semanas con la válvula de salida casi cerrada.

Luego, conforme empieza la parte superior del lecho de arena a llenarse los espacios vacíos, se va abriendo gradualmente la válvula, un poca cada día, para compensar la pérdida de carga y mantener el flujo con un valor constante.

Seguidamente se presenta las labores sistemáticas de operación para los filtros lentos de arena con flujo descendente:



FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	ACTIVIDADES
Diario	2 horas	Controlar el ingreso del agua al tanque y a la salida a la cámara de agua clara.
Diario	2 horas	Limpieza de hojarasca u otro material flotante en los filtros.
Semanal	Variable	Regular las válvulas para mantener el agua cruda en el nivel constante.

Mantenimiento de los filtros:

A continuación se presenta las principales actividades, que deberán desarrollarse dentro del mantenimiento en la filtración lenta.

Limpieza del filtro.

Después de la operación de varias semanas, la válvula de salida está totalmente abierta y la tasa de flujo empieza a decrecer, entonces la resistencia del lecho filtrante se ha tornado muy alta, se debe proceder a limpiar el filtro, siguiendo los siguientes pasos que a continuación en forma secuencial y con fines prácticos se detallan:

Paso 1.- Los filtros serán limpiados uno a uno, utilizando las válvulas correspondientes a cada unidad de filtración, para lo cual se cierra la válvula de salida y se abre completamente la de desagüe, hasta que el filtro sea vaciado, de tal manera que en el filtro, el nivel de agua descienda hasta cubrir unos 2 cm a la capa de arena.

Paso 2.- Cuando el nivel de agua en el filtro bajó al nivel antes indicado, se cierra la válvula de salida del mismo.



Paso 3.- Se raspa con un rastrillo de jardinero toda la capa de arena (raspado del filtro).

Imagen 6.4 Raspado de filtros



Fuente: Taller de operación y mantenimiento de FIME. 2012

Paso 4.- Terminado el raspado anterior se abren las válvulas de entrada, de salida y de desagüe del filtro con el fin de continuar con el proceso de filtrado, luego de lo cual éste empezará a funcionar automáticamente. A continuación se observa si se clarifica el agua por un lapso de 15 minutos.

Paso 5.- Si el agua no se clarifica suficientemente para ser entregada al servicio, se extiende la observación del filtrado por unos 30 minutos. Si al cabo de este tiempo no mejora la clarificación, se procederá al "descabezado del filtro".

Paso 6.- Al no conseguir la limpieza deseada con el raspado del filtro, se debe proceder al descabezado del mismo, que consiste en quitar con una pala una capa superficial de arena de 2.5 o 3 cm del lecho filtrante para su lavado fuera del filtro y su utilización posterior. Para este paso se debe abrir la válvula de salida y cerrar la de entrada hasta que el nivel de agua baje 30 cm sobre la superficie de la arena, luego de lo cual se cierra la válvula de entrada



Paso 7.- Esparcir bien en toda la superficie una solución de hipoclorito con 50 p.p.m., dejándola así por 30 minutos para que se disperse mejor.

Paso 8.- Abrir la válvula de salida y deje baje el nivel de agua hasta 3 cm sobre la superficie de la arena, cuando el agua se encuentre a este nivel ciérrela.

Paso 9.- Dejar que la solución permanezca en el filtro mínimo 6 horas, transcurrido este tiempo se devuelve el filtro a operación, las aguas del primer filtrado se eliminarán al desagüe

Paso 10.- Hecho el descabezado, cerrar la válvula de salida y abrir la de entrada hasta llenar el filtro, luego de lo cual éste empezará a funcionar automáticamente.

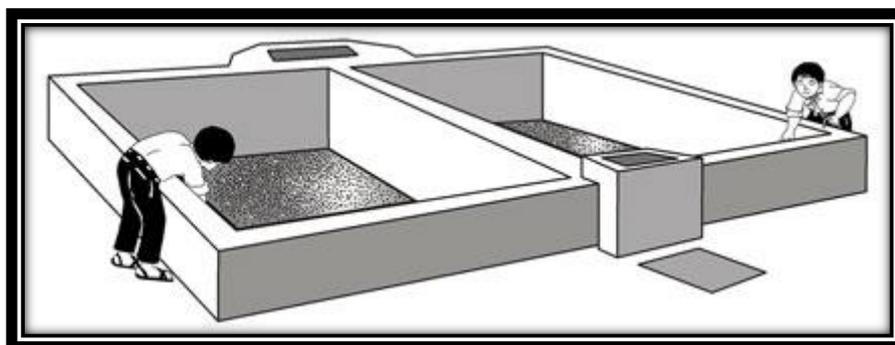
Rearenamiento de un filtro.

Después de varios años de operación (3 ó 4 años) y de unos 20 - 30 descabezados el lecho filtrante alcanzará su menor espesor permisible por lo cual debe reponerse la arena hasta su nivel original. El nuevo medio filtrante debe colocarse por debajo de una capa del medio filtrante antiguo (0.30 a 0.50 m suficiente).

Por este procedimiento, la nueva capa superior que es más rica en vida bacteriana, es reubicada en la parte más alta del lecho filtrante, permitiendo que el filtro rearenado se torne operable en un período mínimo de remaduración.



Imagen 6.5 Rearenamiento de un filtro



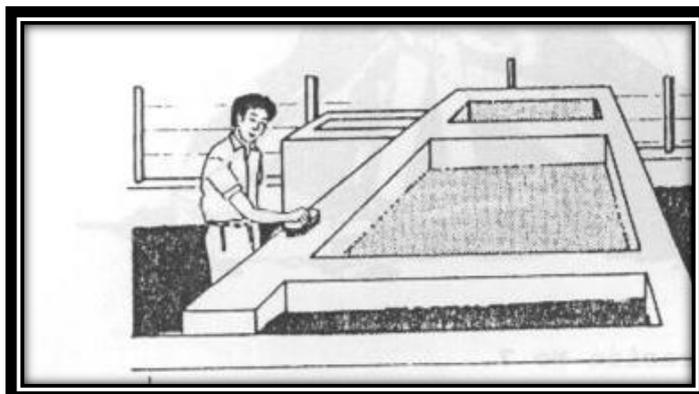
Fuente: Guía de orientación en Saneamiento Básico. 2004

Actividades de mantenimiento, previstas para los diferentes niveles de responsabilidad:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Semanal	2 horas	L	Operador	Remoción regular de matas, algas flotantes, etc.
Mensual	6 horas	L	Operador	Raspado de filtros.
Mensual	Variable	L	Operador	Limpieza y desbroce del área adyacente a los filtros.
Trimestral	1 día	P	Promotor	Descabezado del filtro y lavado del material removido.
		L	Operador	
Trimestral	1 día	P	Promotor	Inspección del funcionamiento y mantenimiento de la unidad.
Anual	Variable	L	Operador	Limpieza general de conservación, y pintura en caso necesario.
			Comunidad	
Anual	Variable	P	Promotor	Reposición del material filtrante en caso que se requiera.
		L	Operador	



Imagen 6.6 Limpieza rutinaria de un filtro



Fuente: Ibídem.

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de los filtros de flujo descendente son: palas planas, rastrillo de jardinero, brocha, pinturas, empaques, arena para el filtro, tamices, carretilla de mano.

- **Desinfección (Sistema Prochlor Tab 3)**

El agua que se suministre a la población de San Vicente, debe reunir las condiciones de potabilidad y no basta que presenten condiciones físico - químicas buenas, sino también que no contengan bacterias peligrosas para la salud de los consumidores, por tal motivo, se procede a la desinfección de la misma, con el propósito de entregar a los consumidores el líquido vital, apto para el consumo humano.

Se utilizará el equipo Prochlor Tab 3, para un caudal de tratamiento de 0.407 l/s funcionando 24 horas del día, y 30 días al mes. El número de pastillas consumidas al mes son 4.

Operación de la desinfección:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las actividades de operación se indican a continuación:

FRECUENCIA	TIEMPO	ACTIVIDADES
	ESTIMADO	
Mensual	1 horas	Control del caudal a ser clorado. Medición de la cantidad de agua que pasa por el flujómetro.
Mensual	1 horas	Colocación de pastillas de cloro.

Mantenimiento de la desinfección:

Las labores de mantenimiento a los diferentes niveles se indican a continuación:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Trimestral	0.5 días	P	Promotor	Limpieza de equipo clorador.

Los materiales requeridos:

Pastillas de cloro.

▪ **Tanque de reserva**

Los depósitos de almacenamiento deberán operar y mantener de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- ✓ La tapa de inspección debe ser asegurada con un dispositivo apropiado para evitar que personas extrañas la muevan.



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- ✓ Si se observa fugas en la estructura de reserva se debe proceder a una reparación inmediata, si ocurre esto o cuando se sospeche que hay contaminación de la misma se procede a su desinfección, para lo cual se debe:
 - Vaciar totalmente la unidad, abriendo la válvula de desagüe.
 - Limpiar con una escobilla el fondo del tanque.
 - Cerrar la válvula de salida y de desagüe, para abrir la de entrada, dejando que se llene, luego de lo cual ésta se cierra.
 - Agregar la solución de hipoclorito de calcio de 10 p.p.m., en la reserva, durante 4 horas por lo menos, transcurrido este tiempo se vacía el tanque a través del desagüe respectivo.

- ✓ Su limpieza y desinfección se realizará por lo menos cada 3 meses.

Operación del tanque de reserva:

Actividades de operación a realizarse simultáneamente en la reserva:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	ACTIVIDADES
Diario	1 hora	Control de la descarga en el tanque de reserva del agua clorada.
Diario	1 hora	Manipuleo y operación controlado de válvulas según régimen de servicio.

Mantenimiento del tanque de reserva:

Actividades de mantenimiento, previstas para los diferentes niveles de responsabilidad:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Semanal	1 hora	L	Operador	Mantener cerradas y aseguradas las tapas de inspección.
Mensual	2 horas	L	Operador	Limpieza de los sedimentos, sin ingresar al interior del tanque, manipulando la válvula de limpieza.
Mensual	4 horas	L	Operador	Limpieza y desbroce del área adyacente al tanque.
Trimestral	6 horas	P	Promotor	Verificación del funcionamiento e inspección de mantenimiento. Reparación de grietas o fugas.
		L	Operador	
Semestral	1 día	P	Promotor	Limpieza de los sedimentos, ingresando en el interior del tanque. Requiere lavado parcial posterior y desinfección.
		L	Operador	
Semestral	4 horas	P	Promotor	Revisar las condiciones sanitarias alrededor del tanque y corregirlas si es necesario.
		L	Operador	
Anual	1 día	P	Promotor	Revisión del funcionamiento de las válvulas y corrección si es necesario.
		L	Operador	
Anual	Variable	L	Operador Comunidad	Adecuaciones y pintura general del tanque. Reparación del cerramiento.

Imagen 6.7 Operación y mantenimiento de tanques de reserva



Fuente: Manual de Capacitación a JAAS, pág. 23. 2005.



Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de los tanques de reserva son: juego de llaves, empaques, lubricantes, cloro, brocha, pintura, cemento.

▪ **Red de distribución**

Los problemas comunes más generalizados en la distribución son los siguientes:

- Presiones débiles en las partes más altas, principalmente en las horas de máximo consumo. Este problema se agudiza cuando disminuye la producción de la fuente.
- Conexiones o interconexiones clandestinas domiciliarias, para cuya verificación se requiere de la inspección permanente de las viviendas.
- Válvulas del sistema de distribución en mal estado de funcionamiento.
- Roturas y fugas no detectadas y no corregidas.
- Olores y sabores desagradables en el agua, causados por falta de limpieza periódica y oportuna de los extremos de la red. Para evitar esto, abrir por pocos minutos las válvulas de limpieza o en su defecto las llaves interiores de la conexión intradomiciliaria más cercana al tramo en análisis.

Operación de la red de distribución:

Actividades de operación que deben realizarse en la red de distribución:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	ACTIVIDADES
Variable	Variable	Operación de válvulas para distribución del agua, de acuerdo a la sectorización de la red y según lo requiera el servicio.
Mensual	1 hora	Verificar si el servicio llega a los puntos más alejados.



Mantenimiento de la red de distribución:

Actividades de mantenimiento a realizarse en la red de distribución:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Mensual	1 hora	L	Operador	Apertura total por varias veces de las válvulas de limpieza en horas de menor consumo, para eliminar los depósitos.
Mensual	1 día	L	Operador	Inspección de uso indebido, desperdicio clandestino.
Mensual	1 día	L	Operador	Inspección de fugas en la red y reparación inmediata. De ser el caso, pedir ayuda al promotor.
Trimestral	1 día	P	Promotor	Inspección de la eficiencia del mantenimiento.
Eventual	1 día	L	Operador + Comunidad	Reparación de roturas.
Anual	1 día	L	Operador	Revisión de válvulas.

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de la red de distribución será: juego de llaves, empaques, lubricantes, cloro, palas, picos, tarrajas, tuberías y accesorios, llave de cadena, sierra.

- **Conexiones domiciliarias**

Los elementos principales de la conexión domiciliaria son los siguientes:

Conexión en la tubería, la conexión propiamente dicha consta de una tee, el operador debe en primer lugar interrumpir el servicio de agua en ese tramo con la válvula correspondiente a ese sector, luego de lo cual excavará hasta descubrir totalmente la tubería, en una longitud que permita trabajar adecuadamente.

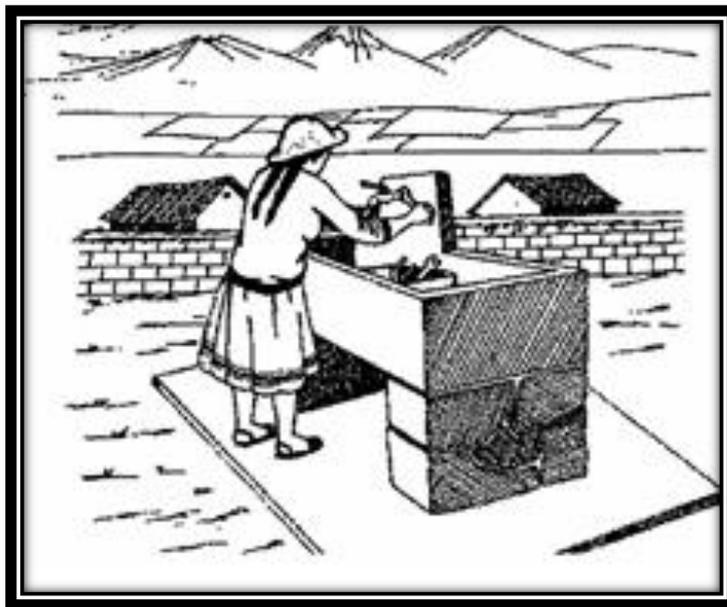


Tubería de acometida, constará de tuberías de diferentes materiales, como PVC, HG y polietileno.

Llave de paso, tiene la finalidad de interrumpir el suministro de agua, el operador realizará esta acción en caso de reparación o por mora del pago de la tarifa mensual.

Medidor, las lecturas el operador registrará mensualmente.

Imagen 6.8 Operación y mantenimiento de conexión domiciliaria



Fuente: *Ibíd*em, pág. 27.

Operación de conexiones domiciliarias:

Actividades de operación que deben realizarse en la conexión domiciliaria:



CAPÍTULO VI: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	TIEMPO	ACTIVIDADES
	ESTIMADO	
Variable	15 minutos	Operación de la llave de paso de acuerdo a los requerimientos del servicio.
Mensual	5 minutos	Lectura de medidores.

Mantenimiento de conexiones domiciliarias:

Actividades de mantenimiento a realizarse en la conexión domiciliaria:

FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	RESPONSABLE		ACTIVIDADES
		NIVEL	EJECUTANTE	
Mensual	1 hora	L	Operador	Realizar el mantenimiento de los medidores en el taller de reparaciones.
Mensual	1 día	L	Operador	Medir la pérdida de carga de los medidores en el banco de prueba.
Mensual	1 día	L	Operador	Inspección de fugas en la conexión domiciliaria. De ser el caso, pedir ayuda al promotor.
Trimestral	1 día	P	Promotor	Inspección de la eficiencia del mantenimiento.

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento de la conexión domiciliaria son: juego de llaves, empaques, lubricantes, cloro, palas, picos, barretas, tarrajás, tuberías y accesorios, llave de cadena, sierra.

CAPÍTULO VII



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

7.1 Generalidades

El proyecto se ha diseñado de acuerdo a las pautas y especificaciones técnicas que rigen en la normativa del MOP-001-2002 en todo el país. A continuación se realiza la descripción a detalle de cada uno de los rubros o actividades a realizar para llevar a cabo el proyecto efectivamente.

7.1.1 Constructor

El constructor deberá conocer el terreno y darse cuenta de todas las características del mismo, su ubicación, condiciones topográficas, geológicas, de resistencia del suelo, etc. Antes de iniciar los trabajos, debiendo examinar cuidadosamente los planos, bases, especificaciones generales y técnicas, propuestos.

7.1.2 Descripción de trabajo

Todos los trabajos a que se refieran los planos, dibujos, detalles y especificaciones, deberán ser ejecutadas de acuerdo a las reglas del arte de la técnica de la buena construcción y a satisfacción de la fiscalización.

Tanto la fiscalización como los funcionarios del organismo de control, tendrán libre acceso para inspeccionar la construcción durante el periodo que dure la ejecución de la obra hasta su terminación.

Cuando se presentasen contradicciones entre las especificaciones técnicas del presente documento y las del EX – IEOS, prevalecerán las dadas en éste documento.



7.1.3 Cantidades

Las cantidades indicadas en la memoria técnica y en los planos servirán para la adquisición de materiales y para su construcción, el organismo de control se reserva el derecho de aumentar o disminuir cualquier rubro de trabajo, si lo juzgue necesario, a fin de que el trabajo total sea completado adecuadamente de acuerdo con los planos y especificaciones.

7.1.4 Orden de trabajo

El trabajo será iniciado puntual y continuo en los diferentes frentes, en tal orden y en el tiempo que al final resulten, los más convenientes para que el trabajo pueda ser ejecutado con seguridad durante todas las etapas de la construcción y completado de acuerdo con el programa. Se permitirá al constructor trabajar simultáneamente en varios frentes como juzgue necesario.

7.1.5 Responsabilidad por obra civil, materiales y equipos

El constructor será responsable por la dirección de los trabajos de obra civil que se realicen así, como por los materiales y equipos que suministre, y deberán satisfacer los requerimientos de la Fiscalización previo a su instalación y a la aceptación definitiva de las obras.

7.1.6 Preparativos para iniciar la construcción

Se deberá en forma previa a la construcción contar con la debida autorización del organismo de control, para la supervisión de la obra.

Se establecerá con el organismo de control las relaciones de trabajo, los mecanismos de comunicación entre las partes, las actividades que merezcan una atención especial, los



mecanismos de evaluación y control de avance, y el tipo de documentos que se deberán preparar durante la realización del trabajo, libro de obra, hojas de catastro, planos de construcción, cronogramas, informes de avance, medidas de seguridad y otros considerados necesarios.

7.2 Especificaciones generales de construcción

7.2.1 Replanteo

Especificación.- Todos los trabajos de replanteo deben ser realizados con aparatos de precisión, tales como teodolitos, niveles, cintas métricas, etc. y por personal técnico, capacitado y experimentado. Se deberá colocar mojones de hormigón perfectamente identificados con las cotas y abscisas correspondientes.

Medición y forma de pago.- El replanteo tendrá un valor global, que será determinado a base de porcentaje del monto total de Construcción del Sistema.

7.2.2 Limpieza y desbroce

Definición.- Este trabajo consiste en efectuar alguna, algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro del derecho de vía, las áreas de construcción y los bancos de préstamos indicados en los planos o que ordene desbrozar el fiscalizador de la Obra.

Especificación.- Toda la materia vegetal proveniente del desbroce deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción en los sitios donde señale el fiscalizador.



7.2.3 Excavaciones

Descripción.- Se entiende por excavaciones en general, el remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para alojar mamposterías, hormigones y otras obras. En este rubro se trata de toda clase de excavaciones, que no sean las de zanjas para alojar tuberías de agua potable y alcantarillado, tales como: excavaciones para canales y drenes, estructuras diversas, cimentaciones en general.

Especificación.- Las excavaciones se realizarán de acuerdo a los datos del proyecto, excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos que tienen que ser superados de conformidad con el criterio de la fiscalización.

El trabajo final de las excavaciones deberá realizarse con la menor anticipación posible a la construcción de la mampostería, hormigón o estructura, con el fin de evitar que el terreno se debilite o altere por la intemperie.

En ningún caso se excavará con maquinarias tan profundo que la tierra del plano de asiento sea aflojada o removida. El último material a excavar debe ser removido a pico y pala en una profundidad de 0.5 m, dando la forma definitiva del diseño.

Cuando a juicio del Constructor y/o del Ingeniero Supervisor el terreno en el fondo o plano de fundación, sea poco resistente o inestable, se realizará sobre excavación hasta hallar suelo resistente o se buscará una solución adecuada.

Medición y forma de pago.- Las excavaciones se medirán en m³ con aproximación de un decimal, determinándose los volúmenes en obra según el proyecto.



No se considerarán las excavaciones hechas fuera del proyecto, ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al Constructor.

7.2.4 Relleno

Descripción.- Se entenderá por "relleno" la ejecución del conjunto de operaciones necesarias para llenar, hasta completar las secciones que fije el proyecto, los vacíos existentes entre las estructuras y las secciones de las excavaciones hechas para aflojarlas; o bien entre las estructuras y el terreno natural, en tal forma que ningún punto de la sección terminada quede a una distancia mayor de 10 cm del correspondiente de la sección del proyecto.

Especificación.- Los rellenos serán hechos según el proyecto, con tierra, grava, arena o enrocamiento. El material para ello podrá ser producto de las excavaciones efectuadas para alojar la estructura, de otra parte de las obras, o bien de bancos de préstamo; procurándose sin embargo que, hasta donde lo permita la cantidad y calidad del material excavado en la propia estructura, sea éste el utilizado para el relleno.

Previamente a la construcción del relleno, el terreno deberá estar libre de escombros y de todo material que no sea adecuado para el mismo.

El material utilizado para la formación de rellenos, deberá estar libre de troncos, ramas, etc., y en general de toda materia orgánica. Al efecto la fiscalización de la obra aprobará previamente el material que se empleará en el relleno, ya sea que provenga de las excavaciones o de explotación de bancos de préstamos.

Los rellenos con grava, arena o piedra triturada para la formación de drenes o filtros,



deberán tener la granulometría indicada en los planos, por lo que los materiales deberán ser cribados y lavados si fuera necesario. Para la formación de filtros los materiales deberán ser colocados de tal forma que las partículas de mayor diámetro queden en contacto con la estructura y las de menor diámetro en contacto con el terreno natural, salvo indicaciones en contrario del Proyecto.

Medición y forma de pago.- La formación de rellenos se medirá tomando como unidad el metro cúbico con aproximación de un decimal. Al efecto, se determinará directamente en la estructura el volumen de los diversos materiales colocados de acuerdo con las especificaciones respectivas y las secciones de proyecto.

No se estimará para fines de pago los rellenos hechos por el Constructor fuera de las líneas de proyecto, ni los rellenos hechos para ocupar sobre excavaciones imputables al Constructor.

7.2.5 Demoliciones

Descripción.- Se entenderá por demolición el conjunto de operaciones que tendrá que ejecutar el Constructor para deshacer, desmontar y/o dismantelar las estructuras y/o parte de las mismas, hasta las líneas y niveles que señale el proyecto y/o las órdenes del Ing. Supervisor.

Especificación.- Los trabajos de demolición comprenderán la demolición propiamente dicha, la remoción de los materiales producto de la misma, separando los que a juicio de la fiscalización sean aprovechables y los que serán desperdiciados, la remoción de los escombros, la nivelación del terreno o de las partes de la estructura que no serán demolidas, y finalmente, el acarreo de los materiales resultantes, para



depositarlos en los sitios que señale el fiscalizador dentro del área ocupada por la propia estructura o dentro de la zona de libre colocación.

En la demolición de estructuras el constructor solamente podrá emplear explosivos previa autorización por escrito del fiscalizador, siempre y cuando con la utilización de los mismos no cause ningún daño o molestia a las edificaciones, estructuras, objetos y personas de las vecindades del trabajo en ejecución.

Medición y forma de pago.- La demolición de estructuras de hormigón, hormigón armado o de mampostería se medirán en metros cúbicos con aproximación de un decimal, y al efecto se determinará directamente en la estructura el volumen de ella o parte de ella que haya sido demolida, según el proyecto y/o las órdenes de la fiscalización. Por lo tanto el Constructor no deberá iniciar ningún trabajo de demolición hasta en tanto no hayan sido levantadas las secciones de la estructura por demolerse, que permitan posteriormente medir el trabajo ejecutado.

7.2.6 Hormigones

Descripción.- Se entiende por hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla de cemento Portland, agua y agregados pétreos en proporcionados adecuada; puede tener aditivos con el fin de obtener cualidades especiales.

Especificación.-

- **Hormigón ciclópeo:** Es el hormigón simple, al que se añade hasta un 40% en volumen de piedra, de preferencia angular de tamaño variable entre 10 y 25 cm



de diámetro. El hormigón ciclópeo tiene una resistencia a los 28 días de 140 kg/cm².

Para construir se coloca primeramente una capa de hormigón simple de 15 cm de espesor, sobre la cual se coloca a mano una capa de piedra, sobre ésta, otra capa de hormigón simple de 15 cm y así sucesivamente. Se tendrá cuidado para que las piedras no estén en ningún momento a distancias menores de 5 cm entre ellas y de los bordes de las estructuras.

La dosificación del hormigón varía de acuerdo a las necesidades:

- a) De dosificación 1:3:6 y que es utilizado regularmente en muros de sostenimiento de gran volumen, cimentaciones de mayor espesor y otros.
 - b) De dosificación 1:2:4 y que es utilizada regularmente en obras hidráulicas y estructuras voluminosas resistentes.
- **Hormigón simple:** Es el hormigón en el que se utiliza ripio de hasta 5 cm de diámetro y desde luego tiene todos los componentes de hormigón.

La dosificación del hormigón simple varía de acuerdo a las necesidades:

- a) Hormigón simple de dosificación 1:3:6, cuya resistencia a los 28 días es de 140 Kg/cm² y es utilizado regularmente en construcción de muros de hormigón de mayor espesor, pavimentos, cimientos de edificios, pisos y anclajes para tubería.
- b) Hormigón simple de dosificación 1:2:4, cuya resistencia a los 28 días es de 200 Kg/cm² y es utilizado regularmente en construcción de muros no voluminosos y obras de hormigón armado en general.



- c) Hormigón simple de dosificación 1:1,5:4 y que es utilizado regularmente en estructuras hidráulicas sujetas a la erosión del agua y estructuras especiales.
- **Hormigón armado:** Es el hormigón simple al que se añade hierro de refuerzo de acuerdo a requerimientos propios de cada estructura.

Fabricación del Hormigón.

Generalidades. - El Constructor deberá disponer un equipo principal de dosificación de mezclado, en óptimas condiciones de funcionamiento, de tal manera de alcanzar un esfuerzo mínimo de rotura a los 28 días de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

Agregados. - Para los diferentes tamaños, se podrá utilizar un dispositivo de pesaje individual o acumulativo. En los compartimentos, los agregados deberán tener contenido uniforme de humedad. No se permitirá uso de agregado fino, cuyo contenido de humedad sea mayor al 8 por ciento.

Cemento. - La dosificación del cemento se la hará al peso, automáticamente y separada de los otros ingredientes. No se permitirá el pesaje acumulativo de los agregados. Un sistema de vibrado deberá asegurar la descarga completa del cemento de la mezcladora.

Agua. - Se la dosificará al peso o al volumen. Una instrumentación adecuada deberá permitir su medición, según los requerimientos en cada mezcla.

Aditivos. - El equipo de dosificación deberá corresponder a las recomendaciones de los fabricantes de aditivos. Poseerá un sistema de medida de dosificación que permitirá variar la cantidad de descarga, según convenga.

Dosificación.



Generalidades.- La dosificación podrá ser cambiada cuando fuere conveniente, para mantener la calidad de hormigón requerido en las distintas estructuras o para afrontar las diferentes condiciones que se encuentren durante la construcción.

Especificaciones:

Proporción de las mezclas y ensayos.- La resistencia requerida de los hormigones se ensayará en muestras cilíndricas de 13,5 cm. (6") de diámetro por 30,5 cm. (12") de altura, de acuerdo con las recomendaciones y requisitos de las especificaciones ASTM C-172, C-192, C-39.

Los resultados de los ensayos a compresión, a los 7 y 28 días, deberán ser iguales a las resistencias especificadas; y, no más del 10% de los resultados de por lo menos 20 ensayos (4 cilindros por cada ensayo; 1 se ensayará a los 7 días y los 3 restantes a los 28 días), deberán tener valores inferiores al promedio.

Curado del hormigón

Generalidades.- El contratista deberá contar con los medios necesarios para efectuar control de humedad, temperatura, curado, etc. del hormigón, especialmente durante los primeros días después del vaciado, a fin de garantizar un normal desarrollo del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia del hormigón.

Especificaciones:

El curado del hormigón podrá ser efectuado siguiendo las recomendaciones del comité 612 del ACI. De manera general podrán utilizarse los siguientes métodos: esparcir agua



sobre la superficie endurecida, utilizar mantas impermeables de papel o plástico que reúnan las condiciones de las especificaciones ASTM C-161, emplear compuestos líquidos que formen una membrana sobre la superficie del hormigón y que satisfaga las especificaciones ASTM C-309, recubrir las superficies con capas de arena que se mantengan humedecidas.

Curado con Agua. Los hormigones curados con agua deberán ser mantenidos húmedos durante el tiempo mínimo de 14 días. El curado empezara tan pronto como el hormigón haya endurecido para prevenir cualquier daño que pudiera ocasionar el humedecimiento de su superficie y, continuamente hasta completar el tiempo especificado de curado o hasta que sea cubierto de hormigón fresco.

El hormigón se mantendrá húmedo, recubriéndolo con algún material saturado en agua o por un sistema de tubos perforados, rociadores mecánicos, mangueras porosas o cualquier otro método que mantenga húmeda la superficie continuamente.

Los encofrados que estuvieren en contacto con el hormigón fresco también deberán ser mantenidos húmedos.

7.2.7 Colocación de acero de refuerzo

Descripción.- Se entenderá por colocación de acero de refuerzo el conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos y colocar las varillas de acero de refuerzo utilizadas para la formación de hormigón armado.

Especificación.- El Constructor suministrará dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario y de la calidad



estipulada en los planos, estos materiales deberán ser nuevos y de la calidad conveniente a sus respectivas clases, manufactura y aprobados por el fiscalizador de la Obra. El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

El acero de refuerzo deberá ser enderezado en forma adecuada, previamente a su empleo en las estructuras.

Las distancias a que deben colocarse las varillas de acero de refuerzo que se indique en los planos, serán consideradas de centro a centro, salvo que específicamente se indique otra cosa; la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas deberán ser las que se consignan en los planos.

Las varillas deberán ser colocadas y aseguradas exactamente en su lugar, por medio de soportes, separadores, etc., preferentemente metálicos de manera que no sufran movimientos durante el vaciado del hormigón hasta el fraguado inicial de este. Se deberá tener cuidado necesario para aprovechar de la mejor manera la longitud de las varillas de acero de refuerzo.

Medición y forma de pago.- La colocación de acero de refuerzo se medirá en kilogramos con aproximación de un decimal.

Para determinar el número de kilogramos de acero de refuerzo colocados por el Constructor, se verificará, el acero colocado en obra con la respectiva planilla de corte del plano estructural.



7.2.7 Encofrados

Descripción.- Se entenderá por encofrados las formas volumétricas, que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

Especificación.- Los encofrados, generalmente contruidos de madera, deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión, resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y los suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada.

Los encofrados para tabiques o paredes delgadas, estarán formados por tableros compuestos de tablas y bastidores o de madera contrachapada de un espesor adecuado al objetivo del encofrado, pero en ningún caso menores de 1 cm.

Al colar hormigón contra las formas, estas deberán estar libres de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales estratos que pudieran contaminar el hormigón. Antes de depositar el hormigón; las superficies del encofrado deberán aceitarse con aceite comercial para encofrados de origen mineral.

Después de que los encofrados para las estructuras de hormigón hayan sido colocados en su posición final, serán inspeccionados por la fiscalización para comprobar que son adecuados en construcción, colocación y resistencia, pudiendo exigir al Constructor el cálculo de elementos encofrados que ameriten esa exigencia.

Medición y forma de pago.- Los encofrados se medirán en m² con aproximación de un decimal. Al efecto, se medirán directamente en su estructura las



superficies de hormigón que fueran cubiertas por las formas al tiempo que estuvieran en contacto con los encofrados empleados.

No se medirán para fines de pago las superficies de encofrado empleadas para confinar hormigón que debió haber sido vaciado directamente contra la excavación y que requirió el uso de encofrado por sobre excavaciones u otras causas imputables al Constructor, ni tampoco las superficies de encofrados empleados fuera de las líneas y niveles del proyecto.

7.2.8 Mampostería

Descripción.- Se entiende por mampostería, a la unión por medio de morteros, de mampuestos, de acuerdo a normas de arte especiales.

Los mampuestos son bloques de forma y tamaños regulares y pueden ser piedras, ladrillos y bloques.

Especificación.-

- **Mampostería de piedra:** en los sitios donde indiquen los planos y la fiscalización; de acuerdo a las dimensiones, forma y niveles determinados.

Se construirá utilizando piedra molón o basílica, piedra pequeña o laja y mortero de cemento – arena de diferente dosificación. La piedra deberá ser de buena calidad homogénea, fuerte, durable y resistente a los agentes atmosféricos, sin grietas ni partes alternables.

Los materiales deberán estar limpios completamente saturados de agua, el momento de ser usados.



Medición y forma de pago. - Las mamposterías de piedra serán medidas en metros cúbicos, con aproximación de un decimal. Determinándose la cantidad directamente en obra y en base a lo determinado en el proyecto y las órdenes de la fiscalización, efectuándose el pago de acuerdo a los precios unitarios del Contrato.

7.2.9 Contrapisos

Descripción.- Se entiende por contrapisos al conjunto de trabajos previos y necesarios para colocar los revestimientos o pisos en los ambientes.

Especificación.- El contrapiso será construido luego de realizar los cimientos, sobre cimientos o zócalos, cadenas de hormigón, instalaciones de desagües, instalación de agua, instalaciones eléctricas y otras que correspondan.

Se rellenará el área de trabajo con tierra de buena calidad, compactándola convenientemente en capas de 15 cm y con humedad óptima, hasta enrasar con el nivel superior del zócalo, cadena o hasta el nivel determinado en los planos o el que indique la fiscalización.

Será indispensable la construcción de cámaras de aire perimetrales, con un ancho de 10 cm y un alto de 20 cm como mínimos que permitirán la correcta aireación de los ambientes.

Se debe prever para la terminación y nivel del contrapiso, la clase de revestimiento o piso que se vaya a colocar, y si es que debe ir nivelado o con caída, según se indique en los planos. De todas maneras la losa de contrapiso cubrirá cadenas, zócalos e instalaciones.



Medición y forma de pago.- La medición de los contrapisos se realizará en metros cúbicos, con un decimal de aproximación. La medición de las cámaras de aire se realizará en metros lineales con un decimal de aproximación. La medición de las rejillas se realizará por unidades.

7.2.10 Enlucidos

Descripción.- Se entiende por enlucidos, al conjunto de acciones que deben realizarse para poner una capa de yeso, mortero de arena-cemento, cal u otro material, en paredes, tumbados, de buen aspecto.

Especificación.- Deben enlucirse las superficies de ladrillo, bloques, piedras y hormigón en paredes, columnas, vigas, dinteles, tumbados, expuestos a la vista. Su localización, tipo y materiales, vienen indicados en los planos respectivos.

Antes de enlucir las superficies deberán hacerse todos los trabajos necesarios para la colocación de instalaciones y otros; por ningún motivo se dejará de realizar Éstos trabajos antes de enlucir.

Los enlucidos se realizarán con una primera capa con mortero de cemento-arena, cuya dosificación depende de la superficie que va a trabajarse y con la regularidad que viene indicada en el Proyecto; en caso contrario será el fiscalizador quien lo determine, en base a las especificaciones de morteros.

Luego se colocará una segunda capa de enlucido, a modo de acabado final, consistente en una pasta de agua y cal apagada, cementina o de agua y cemento.



Medición y forma de pago.- Los enlucidos de superficies serán medidos en metros cuadrados, con un decimal de aproximación. Se determinarán las cantidades directamente en obra y en base a lo indicado en el Proyecto y las órdenes de la fiscalización.

7.2.11 Preparación, diseño, construcción y remoción del encofrado

Descripción.- Se entenderá por encofrados las formas volumétricas que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón, con el fin de moldearlo a la forma prevista.

Especificación.- Se utilizarán encofrados cuando sea necesario confinar al hormigón y proporcionarle la forma y dimensiones indicadas en los planos, deberá tener suficiente rigidez para mantener su posición y resistir las presiones resultantes del vaciado y vibrado del hormigón. Será sellado para evitar la pérdida del mortero. Las superficies que estén en contacto con el hormigón deberán encontrarse completamente limpias, libres de toda sustancia que no fuere especificada.

- **Sujeción de encofrados.** Los tirantes de sujeción embebidos se los dispondrá de tal manera que, al moverse los encofrados, se evite el despostillamiento de las caras del hormigón. Si estos se produjeran se deberá rellenarlos y separarlos inmediatamente. El sistema de sujeción y apoyo o cimentación de los encofrados deberá evitar su asentamiento o deformación superior a lo especificado, así como su desplazamiento de las líneas definidas en los planos.
- **Remoción de los encofrados.** Para facilitar la operación de curado y permitir la más pronta reparación de las imperfecciones de las superficies de hormigón, el Fiscalizador autorizará la cuidadosa remoción de los encofrados tan pronto como



el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para soportar el estado de carga inicial y prevenir su desprendimiento; cualquier reparación o tratamiento que se requiera en estas superficies, se las hará inmediatamente; se efectuará el tipo de curado apropiado. El contratista será responsable por el diseño de todo el encofrado. Los encofrados deberán incluir todas las formaletas permanentes o temporales, requeridas para que el hormigón pueda ser vaciado, compactado y que mientras permanezca soportado por las formaletas, se conforme con exactitud a la forma, posición y nivel requerido y a las terminaciones especificadas.

Medición y forma de pago.- Los encofrados se medirán en metros cuadrados con aproximación a un decimal. Al efecto se medirán directamente en su estructura las superficies de hormigón que fueran cubiertas por las formas al tiempo que estuvieran en contacto con los encofrados empleados. No se medirán para fines de pago las superficies de encofrados empleados para confinar hormigón que debió haber sido vaciado directamente contra la excavación y que requirió el uso de encofrado.

7.3 Especificaciones generales de líneas de conducción y distribución

7.3.1 Excavación de zanjas

Descripción.- Se entenderá como excavación en zanjas las que se realicen según el proyecto para alojarlas tuberías de líneas de conducción o las redes de distribución de agua potable, incluyendo las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones, colocación adecuada y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la instalación satisfactoria de la tubería, incluyendo,



igualmente, las operaciones que deberá efectuar el constructor para aflojar el material manualmente o con equipo mecánico previamente a su excavación, cuando se requiera.

Especificación

Trabajo que debe realizarse: El contratista adquirirá todos los materiales y dispondrá de la mano de obra, herramientas y equipos requeridos para la excavación y relleno de las zanjas, para las tuberías de conducción, distribución, interconexiones, así como las piezas especiales, válvulas de compuerta, cajas metálicas para válvulas, conexiones de servicio y para la limpieza y evacuación de los materiales excavados sobrantes; todo esto de acuerdo con los planos, de manera que el trabajo quede completo y listo para la operación.

Planos: La localización y detalles de las tuberías de conducción, distribución, interconexiones, están indicados en los planos respectivos.

Zanjas: Se excavarán las zanjas de acuerdo con las alineaciones y gradientes necesarias, la profundidad se ceñirá a lo indicado en los perfiles longitudinales. Antes de excavar la zanja en una cuadra, deberán considerarse los diámetros de las tuberías que vayan en cada una de las interconexiones, para determinar la profundidad de dicha excavación. La profundidad de la zanja será de 0,80 m, para tuberías de diámetro 63 mm y 90 mm.

Ancho de las zanjas: El ancho de la zanja será lo suficientemente amplio de forma que permita el libre trabajo de los obreros colocadores de tubería. El ancho mínimo de las zanjas para tuberías de agua, debe ser 0,50 m. más el diámetro exterior del tubo sin



entibados; con entibados se considerará un ancho no mayor de zanja de 0,80 m más el diámetro exterior del tubo.

Fondo de la zanja: El fondo de la zanja se le emparejará mediante el uso de una regla de igual longitud que los tramos de tubería o de una piola extendida, de manera que los extremos de tramos contiguos queden centrados. El fondo de la zanja deberá hallarse limpio y libre de piedras y terrones, de modo que los tubos se apoyen uniformemente sobre el suelo en toda su longitud.

Medición y pago.- La excavación de zanjas se medirá en metros cúbicos con aproximación de un decimal. Al efecto se determinarán los volúmenes de las excavación es realizadas por el constructor según el proyecto y/o las ordenes del Fiscalizador de la obra. No se considerará para fines de pago las excavaciones hechas por el constructor fuera de las líneas del proyecto y/o ordenes del Fiscalizador ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al constructor.

7.4 Instalación de conexiones domiciliarias

Descripción.- Se entenderá por instalación de conexiones domiciliarias el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el constructor para conectar mediante tuberías y piezas especiales, la tubería de la red de agua potable con la llave de paso o medidor ubicados en la línea de fábrica del usuario, de acuerdo a lo señalado en el plano tipo correspondiente.

Especificaciones.- La instalación de conexiones domiciliarias se hará de acuerdo a lo señalado en los planos en forma simultánea hasta donde sea posible con la



instalación de las tuberías que forman la red de distribución, en cuyo caso deberán probarse juntamente con ésta.

Los diámetros de las conexiones domiciliarias que quedarán definidos por el diámetro nominal de la tubería de conexión podrá ser de tres tipos: conexiones domiciliarias de ½” y ¾” y pulgada (12, 18 y 25 mm respectivamente).

Todos los materiales que se utilicen en la instalación de conexiones domiciliarias deberán llenar los requisitos que señala la especificación pertinente.

El collar de derivación se conectará directamente a la tubería de la red de distribución en la perforación que para el efecto se hará en la misma por medio de herramienta adecuada y aprobada por el Fiscalizador.

Las roscas que se hagan a las tuberías de hierro galvanizado que formen parte de las conexiones serán de roscas normales hechas con tarrajas que aseguren roscas limpias y bien formadas, al hacer las uniones. Previamente se dará a las roscas de las tuberías y conexiones una mano de pintura anticorrosiva u otro compuesto semejante aprobado por el Fiscalizador. Todas las roscas serán limpiadas de rebabas y cuerpos extraños.

Las uniones se apretarán precisamente con llave de tubo sin dañar las tuberías o piezas de conexión dejándolas completamente impermeables y sin fugas.

Medición y pago.-La instalación de conexiones domiciliarias será medida para fines de pago en unidades completas por cada conexión considerándose como unidad de instalación completa, a satisfacción del Ingeniero Supervisor, a todo el conjunto de



piezas que conformen la conexión domiciliaria incluyendo cuando hubiere la instalación de medidores.

El suministro de los materiales para las conexiones domiciliarias, la excavación de las zanjas y la ruptura y reposición de adoquinado o pavimentos que deba hacer el Constructor le serán estimados y líquidos por separado de acuerdo con los conceptos de trabajos que correspondan en cada caso.

7.5 Especificaciones técnicas de tuberías y accesorios

Especificaciones.- Para los fines de las presentes especificaciones, “proveedor” es quien provee los materiales de construcción que son materia de la presente reglamentación y, “contratista”, es quien los utiliza para la ejecución o construcción de las obras.

Calidad de los materiales: La calidad de todos los materiales a utilizarse en la fabricación de tuberías, válvulas y accesorios a suministrarse será la mejor y a satisfacción de la fiscalización. El proveedor garantizará la calidad de todos los elementos objeto del suministro. En todos los casos en los que se citen especificaciones publicadas por diversas instituciones, se entenderá que la calidad especificada es la mejor y la que resulta de aplicar la más exigente de esas especificaciones.

7.5.1 Tuberías de presión de cloruro de polivinilo PVC

Descripción.- Esta tubería esta constituida por material termoplástico compuesto de cloruro de polivinilo, estabilizantes, colorantes, lubricantes y exento de plastificantes.



Especificaciones.- Esta especificación se refiere al suministro de tuberías de presión de PVC.

Toda tubería y elemento a suministrarse bajo esta alternativa, cumplirá con los requisitos de las siguientes normas:

- AWWA C-900: “Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe 4 in. Through 12 in. For Water” A.
- ASTM D2241: Standard, Specification for Polyvinyl Chloride (PVC) Plastic (SDR-PR”); y las siguientes
- Normas INEN: 504, 506, 507, 508, 1333, 1367, 1368, 1369, 1371, 1372, y 1373

Materiales apropiados para agua potable. El material PVC empleado en la tubería y otros elementos, no deberán contener ingredientes que al desprenderse en el agua potable sean considerados tóxicos. El material para su uso en redes de agua potable, según las normas INEN 1372 y 1373.

Tolerancias de fabricación. Los tubos serán de la mayor longitud que permita su diámetro, tolerancias y variaciones en cuanto a dimensiones y espesores cumplirán con las especificaciones AWWA, Designación C-900, ASTM D 2241 o INEN 1373.

Sistemas de unión. Los sistemas de unión de los tubos entre si o de estos con los demás accesorios de las conducciones, se harán mediante roscas en sus extremos para diámetros de tubería iguales o menores a 32 mm o cuando así lo especifique el proyecto, y para diámetros mayores podrán ser del tipo espiga campana, soldada o automática, con anillo de caucho para producir el sello hidráulico.



Las tuberías deberán ser de material homogéneo, sección circular, espesor uniforme, dimensiones y espesores de acuerdo con la Norma INEN 1373. La superficie cilíndrica interior de los tubos será lisa y uniforme.

Accesorios. Los accesorios para los diferentes tipos de tuberías podrán ser de PVC, fabricados por moldes a inyección o a partir del tubo y su resistencia a la presión interna deberá ser como mínimo, igual a la de los tubos que conectan.

Tubería de PVC Espiga-Campana. Esta tubería está constituida por materiales termoplásticos compuesto de cloruro de polivinilo, estabilizantes, colorantes, lubricantes y exento de plastificantes, la adicción de estabilizantes deberá ser tal que garantice la imposibilidad de exceder los límites establecidos por las normas de calidad de agua.

Junta espiga-campana. Para efectuar este tipo de junta, el diámetro interior de la campana corresponderá al diámetro exterior de la espiga. Esta unión podrá realizarse con pegante de presión o soldadura con solvente, los pegamentos deberán tener características de aceptabilidad comprobada y de efectos no tóxicos para la salud.

Accesorios PVC de campana. Consisten en codos, tees, cruces, reductores, adaptadores, uniones y tapones. Los diámetros interiores de los accesorios corresponderán a los diámetros exteriores de la tubería, sus superficies internas y externas serán lisas y libres de defectos. Los accesorios serán circulares, y sin achatamientos o alargamientos en sus diámetros. Los accesorios garantizarán una perfecta unión mecánica y una adecuada estanqueidad, se designarán por sus diámetros



nominales y deberán resistir las presiones especificadas para las tuberías, y cumplirán las normas INEN 1373.

Medición y pago.- La medición se la realizará en metros para su pago.

CAPÍTULO VIII



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- La realización de este tipo de proyectos, favorece a la formación profesional del futuro Ingeniero Civil, ya que permite llevar a la práctica la teoría, adquiriendo criterio y experiencia a través del planteamiento de soluciones viables a los diferentes problemas que padecen las comunidades de nuestro país.
- Con el buen uso y mantenimiento adecuado del proyecto, se beneficiará a las futuras generaciones.
- El presente estudio se constituye la herramienta fundamental para la ejecución o construcción, será posible implementar un sistema de abastecimiento para la comunidad de San Vicente, que cumpla las condiciones de cantidad y calidad y de esta manera garantizar la demanda en los puntos de abastecimiento y la salud para los moradores de este sector.
- De las encuestas socio-económicas aplicadas se determinó: de la población mayor de 6 años, el 4% son analfabetos, y quienes saben leer y escribir representa el 96%, la principal actividad económica es la ganadería 74% de la población y los ingresos promedio familiar fluctúan de 50 dólares mes.
- En la determinación de la población futura del proyecto, primeramente se procedió a realizar una encuesta socio – económica a todas las familias del barrio San Vicente. Obteniéndose 202 habitantes a servir además existen un establecimiento escolar con una población estudiantil de 22 alumnos más 2 profesores.
- El tipo de suelo donde se implantará la captación y planta de tratamiento, se encuentra formado de granos finos de arcillas inorgánicas de baja plasticidad y



CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

con una carga admisible de 0.771 kg/cm^2 y 1.20 kg/cm^2 respectivamente lo que presenta una buena resistencia.

- En la normativa ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006 y de acuerdo a los resultados obtenidos en los respectivos análisis físico – químico y bacteriológico, se observa que en las dos muestras el límite permisible de los gérmenes totales se encuentran fuera del rango; por tal motivo se eligió la desinfección como único tratamiento, y los parámetros restantes físico – químicos como es pH, turbiedad, dureza y sólidos totales cumplen con los requerimientos de la normativa.
- La línea de aducción del sistema de abastecimiento de agua potable se diseñó con tubería de Policloruro de vinilo (PVC) de diámetro de 1” (32 mm), la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa ecuatoriana de 0.45 – 2.5 m/s.
- Con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento hidráulico, se han diseñado obras especiales como pasos elevados; así también la instalación de obras de arte: válvulas de desagüe, válvulas de aire, tanques rompe presión, cuyos diseños y dimensiones se encuentran especificadas en los planos respectivos (Lámina 23).
- Las pérdidas de carga se determinaron aplicando las ecuaciones de Hazen – Williams y Darcy Weisbach, de las cuales se eligió trabajar con la segunda porque sus resultados son más conservadores.



CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las variaciones de presión que genera un golpe de ariete puede dañar los elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable, y por esta razón se calculó la sobre presión con la finalidad de controlar este fenómeno
- Para tratar la potabilización del agua del barrio San Vicente, se diseñó la planta de tratamiento; que consta de: dos filtros lentos, unidad de cloración y tanque de reserva con capacidad de 15 m³. Cabe destacar que de acuerdo a la normativa ecuatoriana se debería diseñar un filtro lento descendente según la población que tenemos pero se han colocado dos unidades por cuestiones de mantenimiento.
- La desinfección mediante el equipo Provichlor Tab 3 es un sistema innovador y económico, su operación y mantenimiento es muy sencilla, lo que garantizará el manejo adecuado y oportuno del operador.
- Las conexiones domiciliarias y sistemas de medición se colocarán en toda la comunidad y se deberá considerar una toma domiciliaria por cada predio con una tubería de 20 mm de diámetro (1/2”).
- En el estudio de Impacto Ambiental se deduce que el proyecto no poseerá incidencia significativa en lo que se refiere a la alteración de la fauna y flora del lugar.
- Del análisis financiero y económico tenemos:

Resultado del Análisis Financiero	Decisión
Tasa Interna de Retorno (TIR) = 22.07 %	Positivo (TIR>TSD*). Se acepta
Valor Presente Neto (VAN) = \$88 950.82	Positivo (VAN > 0) Alternativa más conveniente
Relación costo – beneficio = 1.93	C/B > 1. Se acepta



CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*TSD (Tasa de descuento) = 10 %.

Resultado del Análisis Económico	Decisión
Tasa Interna de Retorno (TIR) = 33.81 %	Positivo (TIR>TSD*). Se acepta
Valor Presente Neto (VAN) = \$181 280.62	Positivo (VAN > 0) Alternativa más conveniente
Relación costo – beneficio = 2.71	C/B > 1. Se acepta

*TSD (Tasa de descuento) = 10 %.

De lo expuesto anteriormente en los resultados del análisis financiero y económico, los valores nos indican que el proyecto es económicamente y financieramente rentable.

- El costo total del estudio y diseño del sistema de agua potable del Barrio San Vicente asciende a \$ 89 646.96 no incluye IVA.
- Se ha calculado una tarifa referencial que será de \$ 3.30 por usuario siempre que no exceda los 14 m³ mensuales.
- Se entregará al Gobierno Autónomo Municipal de Gonzanamá un manual de operación y mantenimiento para que lo imparta al operador y se cumpla con lo establecido.

8.2 Recomendaciones

- El organismo que construya el Sistema de Agua Potable deberá aplicar estrictamente las especificaciones técnicas contenidos en este estudio, para garantizar la calidad y el buen funcionamiento del sistema y así capacitar a los



CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

beneficiarios del proyecto con temas de higiene, salud, ambiente para crear mejores condiciones de vida.

- Originar el pago de la tarifa por usuario beneficiado del sistema de agua potable, para dar el mantenimiento y una operación adecuada que conlleven a la sostenibilidad del mismo.
- Se recomienda al Gobierno Autónomo Municipal de Gonzanamá trabajar en campañas de promoción del sistema antes de empezar su construcción, esto con la finalidad de llegar a concientizar a los pobladores de la importancia de tener un sistema nuevo y eficiente de agua potable, responsabilizarlos del cuidado y precaución que deberán tener con estas obras y que sean artífices de su propio desarrollo.
- Promover en la comunidad beneficiaria, proyectos de reforestación del área cercana a las fuentes, para favorecer la infiltración de agua, y evitar la erosión y disminución de los caudales de las fuentes en época seca.
- Brindar apoyo a las comunidades rurales en materia de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento básico.
- Como paso preliminar para la construcción del sistema de abastecimiento se deberá contar con el documento legalizado del área del terreno donde se va a construir la planta de tratamiento en donde se verifique que esta área pertenezca a toda la comunidad.

CAPÍTULO IX



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero, R. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. Recuperado el 13 de Junio de 2011. http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/017_roger_dise%C3%B1o_captacion_manantiales/captacion_manantiales.pdf

Agüero, R., Montalvo, R., Montes, M., Valle, R., & Vidalón, N. (2005, mayo). *Manual de Capacitación a Juntas Administradoras de Agua y Saneamiento*. Recuperado el 19 de Abril de 2011. http://www.ser.org.pe/files/manual_de_jass.pdf

Araque V & Masache O. *Obtención y procesamiento de información básica hidrológica para proyectos hidráulicos*. Tesis (Ingeniero Civil). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingeniería Civil. 2002.

AUSTRORIEGO Cía. Ltda. (2012). *Válvulas Plásticas PVC y Accesorios PVC*. Recuperado el 10 de Mayo de 2012.

<http://austroriego.com/images/stories/productos/ManualAccesoriosAustroRiego.pdf>

AUSTRORIEGO Cía. Ltda. *Sistema de Provichlor Tab*. [Diapositiva]. Loja, 2011, 28.

Encalada J & Muñoz L. *Economía de la Migración en la Provincia de Loja, Cantón Gonzanamá*. Tesis (Economista). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Economía, 2008.



CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno Provincial de Loja (2011, septiembre). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja: Diagnóstico del Sistema Sociocultural*. Recuperado el 10 de junio de 2012.

http://www.siiteloja.gob.ec/siicfiles/DIAGNOSTICO_SOCIO_CULTURAL.pdf

INERHI- PREDESUR - CONADE (2011, Febrero). *Plan Integral de Desarrollo de Recursos Hídricos de la Provincia de Loja*. Recuperado el 22 de marzo de 2011.
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch14.htm#TopOfPage>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108*. Quito – Ecuador. 2006.

Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. *Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, para poblaciones de menos de 1000 habitantes*. Quito – Ecuador. 1988

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (2006). *Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de suministro de agua en el medio rural*. Recuperado el 18 de Marzo de 2011.

<http://www.sinia.net.ni/webayc2/documentos/AspectosLegales/ManualOperacionSistemasAguarural.pdf>

Johnson, K & Sifuentes, F. (2007). *Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable y Saneamiento para la Comunidad de Puerto Santa Ana*. Recuperado el 28 de Abril de 2011.



<http://sachayaku.org/Compressed%20technical%20manual.pdf>

Lapo, Mireya. *TRANSITORIOS. “Descripción y efectos.- Protección de líneas hidráulicas.”* [Diapositiva]. Loja, 2008.

Mejía, C. *Taller de Operación y Mantenimiento de FiME en San Agustín Copan.* Recuperado el 17 de mayo de 2011.

<http://ypholandaycolombia.blogspot.com/2012/05/taller-de-operacion-y-mantenimiento-de.html>

Ministerio del Agua. (2007). *Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Aguas Rurales.* Recuperado el 18 de Abril de 2011.

<http://www.emagua.gob.bo/bmmaya/DOCS/VARIOS/04%20MAN%20OpeMan%20SAP%20rural.pdf>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. *Especificaciones técnicas generales* [CD - Rom]. Loja. 2007.

Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2002). *Guía en orientación de saneamiento Básico.* Recuperado el 15 de junio de 2010. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-1sas.htm>

Pérez C & Salinas A. *Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alternativas para la eliminación de aguas residuales para la población dispersa de los barrios “Luginuma”, “Paluco” y “Canchinamaca” del cantón Gonzanamá.* Tesis



CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Ingeniero Civil). Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. (2000).

PROYECTO WASHED CONVENIO SSA - USAID N° 518-0081. *Guías para diseño de sistemas abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos para localidades del área rural*. Quito – Ecuador. 1995.

Provin Internacional, SA.DE.C.V. (2011). *Provichlor Tab*. Recuperado el 25 de Agosto de 2011. <http://ruequim.com/provichlorgran.pdf>

SALDARRIAGA, J. 2007. *Hidráulica de tuberías*. Bogotá, Col., Alfa omega.

Streeter V, & Wylie B. (1966). *Mecánica de fluidos*. México: Mc Graw Hill.

