

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXVI</b>

## **1. INVESTIGACIÓN**

1.1. Caracterización de la aldea Cruz Blanca	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Coordenadas cartesianas	1
1.1.3. Límites y colindancias	1
1.1.4. Extensión territorial	1
1.1.5. Morbilidad	3
1.1.6. Natalidad	3
1.1.7. Mortalidad	4
1.1.8. Temperatura	4
1.1.9. Clima	4
1.1.10. Intensidad de lluvia y evaporación potencial	6
1.1.11. Suelo	6
1.1.12. Ríos	7
1.1.13. Topografía	8
1.1.14. Vías de acceso	8
1.1.15. Principales fuentes de producción agrícola y comercial	8
1.1.16. Instituciones existentes en la comunidad	8

1.1.17. Servicios públicos	9
1.1.17.1. Educación	9
1.1.17.2. Idioma	9
1.1.17.3. Comunicación	9
1.1.17.4. Salud	9
1.1.17.5. Agua potable	9
1.1.17.6. Transporte	10
1.1.17.7. Energía eléctrica	10
1.2. Encuesta sanitaria	11
1.2.1. Datos de población	11
1.2.2. Datos sobre vivienda	12
1.2.3. Disposición de aguas servidas	13

**2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CRUZ BLANCA, MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

2.1. Descripción del proyecto	15
2.2. Levantamiento topográfico	16
2.2.1. Levantamiento planimétrico	16
2.2.2. Levantamiento altimétrico	17
2.3. Tipo de sistema a utilizar	17
2.4. Período de diseño	18
2.5. Estimación de la población de diseño	19
2.5.1. Método de incremento geométrico	19
2.6. Cálculo de caudales	19
2.6.1. Población tributaria	19
2.6.2. Velocidad del flujo	20

2.6.3.	Relación de diámetros y caudales	20
2.6.4.	Dotación	21
2.6.5.	Factor de retorno	21
2.6.6.	Factor de Hardmon	21
2.6.6.1.	Descripción	21
2.6.6.2.	Fórmula	22
2.6.7.	Caudal domiciliar	22
2.6.8.	Caudal de conexiones ilícitas	23
2.6.8.1.	Determinación del caudal de conexiones ilícitas	23
2.6.9.	Caudal de infiltración	24
2.6.9.1.	Descripción	24
2.6.9.2.	Fórmula	24
2.6.10.	Factor de caudal medio	25
2.6.11.	Caudal de diseño	26
2.6.11.1.	Descripción	26
2.6.12.	Fórmula de Manning	27
2.6.12.1.	Descripción	27
2.6.13.	Factor de rugosidad	28
2.6.13.1.	Descripción y valores	28
2.6.14.	Cálculo de cotas invert	28
2.6.14.1.	Descripción	28
2.6.15.	Obras accesorias	30
2.6.15.1.	Colectores	30
2.6.15.2.	Pozos de visita	30
2.6.15.3.	Cajas de visita	32
2.6.16.	Conexiones domiciliarias	32
2.6.16.1.	Tubería secundaria	32
2.6.16.2.	Caja o candela	32
2.6.17.	Profundidad de tubería	32

2.6.17.1. Normas y recomendaciones	33
2.6.18. Principios hidráulicos	34
2.6.19. Relaciones hidráulicas	35
2.6.20. Diseño de la red de alcantarillado sanitario	39
2.6.21. Criterios para la integración del presupuesto	44
2.6.22. Presupuesto de materiales	44
2.6.23. Presupuesto de mano de obra	48
2.6.24. Resumen general del presupuesto	50

### **3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DEL FILTRO PARA PURIFICAR EL AGUA EN LA ALDEA CRUZ BLANCA, MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

3.1. Teoría de la filtración	53
3.2. Clases de filtros	53
3.3. Filtros de gravedad	54
3.4. Filtros de presión	55
3.5. Características generales de las unidades	55
3.6. Variables que afectan a la filtración	58
3.7. Mecanismos para la filtración	59
3.8. Sistema de drenaje inferior	60
3.8.1. Fondos falsos	61
3.8.2. Altura de los fondos falsos	66
3.9. Lavado de los filtros	66
3.9.1. Lavado con flujo proveniente de las otras unidades	68
3.10. Especificaciones para el diseño	70
3.10.1. Velocidad de filtración	70
3.10.2. Profundidad del lecho y materiales filtrantes	70

3.10.3. Dimensiones de los filtros y los conductos	73
3.10.4. Accesorios de los filtros	79
3.10.5. Período de trabajo entre limpieza	80
3.11. Diseño de las unidades de filtración	80
3.12. Presupuesto de los filtros para purificar el agua en la aldea Cruz Blanca	86
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Plano de localización de la aldea Cruz Blanca	2
2	Sección canal abierta	34
3	Sección canal cerrada	34
4	Fondo <i>Wheeler</i> losa prefabricada	62
5	Fondo <i>Wheeler Hidro Cone</i>	64
6	Fondo falso con vigas prefabricadas	65
7	Lavado de un filtro con el flujo de las otras unidades	69
8	Análisis físico químico sanitario	99
9	Examen bacteriológico	101
10	Plano topográfico	105
11	Red general	106
12	Densidad de vivienda	107
13	Planta perfil ejes 1 al 7	108
14	Planta perfil ejes 8 al 12	109
15	Planta perfil ejes 13 al 18	110
16	Planta perfil ejes 19 al 23	111
17	Detalle de pozos de visita	112
18	Detalle de conexión domiciliar	113

19	Detalle de caja de visita	114
20	Unidades de filtración	115

## TABLAS

I	Causas de morbilidad infantil en los meses de abril, mayo y junio del año 2,003	3
II	Temperaturas máximas mensual y anual en aldea Cruz Blanca	5
III	Temperaturas mínimas mensual y anual en aldea Cruz Blanca	5
IV	Intensidad de lluvia mensual y anual en aldea Cruz Blanca	6
V	Población actual en la aldea Cruz Blanca zona derecha	11
VI	Población actual en la aldea Cruz Blanca zona izquierda	12
VII	Características de vivienda en la aldea Cruz Blanca	13
VIII	Valores de rugosidad	28
IX	Profundidad mínima de cota invert	33
X	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro	33

XI	Elemento hidráulico de una alcantarilla de sección transversal circular	37
XII	Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario	40
XIII	Cantidad y costo de materiales para la construcción de una Conexión domiciliar	45
XIV	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita hasta 2.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.20 m	46
XV	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita de 2.01 a 4.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.50 m	46
XVI	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.75 m	47
XVII	Cantidad y costo de materiales para la construcción de una caja de Visita 1.00 m altura	47
XVIII	Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca	48
XIX	Presupuesto de mano de obra de una conexión domiciliar	48

XX	Presupuesto mano de obra de un pozo de visita hasta 2.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.20 m	49
XXI	Presupuesto mano de obra de un pozo de 2.01 m a 4.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.50 m	49
XXII	Presupuesto mano de obra de un pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.75 m	49
XXIII	Presupuesto mano de obra total movimiento de tierras	50
XXIV	Presupuesto mano de obra del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca	50
XXV	Presupuesto total del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca	51
XXVI	Cronograma de preinversión ejecución del alcantarillado sanitario.	52
XXVII	Carga superficial de filtración	56
XXVIII	Tratamiento previo al agua para la filtración	57
XXIX	Costo de construcción para filtros	57
XXX	Costo de operación para filtros	57

XXXI	Características de la capa soporte fondo tipo <i>Wheeler</i> con losa prefabricada	62
XXXII	Características de la capa soporte fondo tipo <i>Wheeler</i> <i>Hidro Cone</i>	63
XXXIII	Diseño de los filtros purificadores	81
XXXIV	Presupuesto de materiales para los filtros	86
XXXV	Cronograma de preinversión ejecución de los filtros purificadores	87

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>msnm</b>	Metros sobre nivel del mar
<b>P.V.C.</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>“</b>	Pulgadas
<b>Lts/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>%</b>	Por ciento
<b>q</b>	Caudal real a sección parcialmente llena
<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>v</b>	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena
<b>d</b>	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
<b>D</b>	Diámetro de la tubería
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>a/A</b>	Relación de áreas
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>C</b>	Coeficiente de escorrentía
<b>A</b>	Área
<b>mm/hora</b>	Milímetros por hora
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad
<b>S</b>	Pendiente
<b>PV</b>	Pozo de visita
<b>CV</b>	Caja de visita
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado

<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>cm</b>	Centímetro
<b>D.H.</b>	Distancia horizontal
<b>PRECIO U.</b>	Precio unitario
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>ml</b>	Metro lineal
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metro cúbico por segundo
<b>lts/s</b>	Litros por segundo
<b>Qinf</b>	Caudal de infiltración
<b>Qdom</b>	Caudal domiciliar
<b>Qci</b>	Caudal de conexiones ilícitas
<b>Qcomercial</b>	Caudal comercial
<b>Qindustrial</b>	Caudal industrial
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>D.G.O.P.</b>	Dirección General de Obras Públicas
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>qq</b>	Quintales
<b>lbs</b>	Libras
<b>lts/día/m<sup>2</sup></b>	Litros por día por metro cuadrado
<b>lts/min/m<sup>2</sup></b>	Litros por minuto por metro cuadrado
<b>lts/s/m<sup>2</sup></b>	Litros por segundos por metro cuadrado
<b>plg</b>	Pulgadas
<b>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día</b>	Metro cúbico por metro cuadrado por día
<b>cm/min</b>	Centímetro por minuto
<b>hL</b>	Carga hidrostática
<b>hf</b>	Pérdida de carga por filtración
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramos por centímetro cúbico

<b>cm/s</b>	Centímetro por segundo
<b>m/s<sup>2</sup></b>	Metro por segundo al cuadrado
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>Vfmax</b>	Velocidad de filtración máxima
<b>Vf</b>	Velocidad de filtración normal
<b>Qd</b>	Caudal de lavado de un filtro
<b>QL</b>	Caudal de filtración
<b>m<sup>3</sup>/min</b>	Metro cúbico por minuto
<b>φ</b>	Diámetro de tubería
<b>DIMEN</b>	Dimensión
<b>TMAXPR</b>	Temperatura máxima promedio
<b>TMINPR</b>	Temperatura mínima promedio
<b>MM</b>	Milímetros
<b>DESV. EST.</b>	Desviación Estándar

## GLOSARIO

<b>Aguas negras</b>	Son aguas que han sido utilizadas y retiradas, provenientes de las viviendas, comercio o industria.
<b>Alcantarillado sanitario</b>	Es un conjunto de tuberías interconectadas por obras accesorias, que trabajan como canales a través de los cuales fluyen las aguas negras.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea ubicada en puntos estratégicos, para cambiar dirección, diámetro, unión de tubería e inicio de un tramo de drenaje.
<b>Caja de visita</b>	Similar a pozo de visita, con diferencia en la reducción de materiales.
<b>Candela domiciliar</b>	Artefacto receptor de aguas residuales provenientes del interior de los edificios y que las conduce al sistema de drenaje principal.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de un líquido que pasa a través de una tubería de una unidad de tiempo establecido.
<b>Caudal comercial</b>	Volumen de aguas negras que es desechada en los comercios.

<b>Caudal industrial</b>	Volumen de aguas negras que es desechada en las industrias.
<b>Caudal doméstico</b>	Volumen de aguas negras que es desechada en las viviendas.
<b>Colector</b>	Es el conjunto de tuberías, canales, pozos y cajas de visita que sirven para la evacuación de aguas negras o aguas de lluvia.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector.
<b>Cota invert</b>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
<b>Densidad de vivienda</b>	Es la relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Dotación</b>	Es la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
<b>Factor de Harmond</b>	Es un factor de seguridad para la horas de mayor consumo y está en relación directa con la población. No es constante para todo el sistema, sino varía para cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados de dicho tramo.

<b>Factor de caudal medio</b>	Relaciona la suma de caudales entre los habitantes a servir.
<b>Factor de retorno</b>	Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema por medio del drenaje o alcantarillado.
<b>Factor de rugosidad</b>	Expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería que depende del material con que sea fabricada.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo estimado para que el cual la obra diseñada hará un servicio eficiente.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras dentro de la tubería.
<b>Intensidad de lluvia</b>	Es la relación entre la precipitación pluvial y su duración.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía para un estudio de los procedimientos en la representación de una superficie terrestre en un plano horizontal.
<b>Altimetría</b>	Estudia los métodos y procedimientos para la determinación de la distancia vertical ente diversos puntos del terreno, representando el relieve del mismo.
<b>Descarga</b>	Derramado de las aguas provenientes de un colector, previo a un tratamiento, hacia un cuerpo receptor.

<b>Filtración</b>	Es la operación mediante la cual se logra la separación de sólidos y fluidos a través de un medio poroso, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla.
<b>Filtrado</b>	Es el líquido que ha sido sometido a un proceso de filtración.
<b>Filtro</b>	Equipo por el cual se realiza la operación de filtración.
<b>Medio filtrante</b>	Es la barrera que permite una operación de filtración, pasando el líquido, mientras retiene la mayor parte de los sólidos. Este medio puede ser una pantalla, tela, papel, o un lecho sólido como la arena.
<b>Turbiedad</b>	Es el efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminoso que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión.
<b>Tasa declinante</b>	Es un modo específico de operación de los filtros, si la boca de la entrada de agua cruda al agua sobrenadante se encuentra cerrada y la válvula que regula la filtración se mantiene en posición normal, el agua sobrenadante será filtrada a una tasa de filtración, continuamente declinante o con velocidad declinante.

<b>Efluente</b>	Agua u otro líquido, tratada en mayor o menor grado, que fluye o sale de una sección de la planta purificadora.
<b>Presión negativa</b>	Si la pérdida de carga en el lecho filtrante fuese mayor que la carga disponible del agua sobrenadante, el agua filtrada podría drenar separándose así del agua sobrenadante y creando un vacío parcial.
<b>Carga superficial</b>	Es el máximo caudal a ser tratado por día y por unidad de área, expresado en $m^3/m^2/día = m^3/día/área$ de la superficie.
<b>Sedimentación</b>	Los productos son transportados y se acumulan gracias a la acción de la gravedad. Las partículas erosionadas son transportadas en medios fluidos, como el agua. Cuando la energía del agente responsable del transporte disminuye, las partículas son depositadas en la parte inferior y se produce la sedimentación.
<b>Coagulación</b>	Consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y precipitan.

**Floculación**

Provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión por medios químicos. Para que se depositen finos limos y granos arcillosos es necesario que las partículas se compacten para formar conjuntos más grandes denominados flocs. Este proceso de agregación es llamado floculación.

**Viscosidad**

Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad.

**Antracita**

Carbón duro que tiene el mayor contenido de carbono fijo y el menor contenido de material volátil de todos los tipos de carbón. Contiene aproximadamente un 87,1% de carbono, un 9,3% de cenizas y un 3,6% de materia volátil. Tiene un color negro brillante, una estructura cristalina y una fractura concoidea.

**Ilmenita**

Mineral opaco, de color entre negro y rojo castaño, y tiene un lustre metálico o submetálico. Su dureza oscila entre 5 y 6, y su densidad relativa, entre 4,5 y 5,0. Se distingue con facilidad por un leve magnetismo.

**Infiltración**

Cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye o es avenada a través de cursos fluviales y de infiltraciones.

**Pizarra**

Roca fósil y densa con grano fino, formada por el metamorfismo de esquisto micáceo, arcilla o, con menor frecuencia de rocas ígneas.

**Bajo-dren**

Sistema de drenaje que se utiliza en los filtros, los cuales están relacionados con la constitución y granulometría de la capa soporte.

## RESUMEN

En la aldea Cruz Blanca no se cuenta con todos los servicios que contribuyan a mejorar el saneamiento ambiental de los miembros de la comunidad, entre éstos está la problemática que afecta la salud de toda la población, además, contribuye a que los recursos naturales que éste posee se deterioren cada vez más y alteren el ambiente.

La falta de un sistema que permita canalizar las aguas residuales que corren por las calles, máxime en época de verano, cuando éstas se estancan, provocando focos de contaminación, malos olores, aspecto insalubre, dando lugar a la proliferación de vectores en la comunidad.

Otro factor importante es el padecimiento de enfermedades gastrointestinales, debido a la alteración del sistema hídrico presente en el agua que es necesaria para la vida.

La inexistencia de un sistema de evacuación de las aguas servidas y agua potable, problemas que han transcurrido desde hace varios años, son razones por las cuales los pobladores organizados en una asociación, han solicitado el apoyo técnico proporcionado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Programa de E.P.S.

El proyecto de alcantarillado sanitario para las aguas residuales, se ha venido trabajando con la asociación de desarrollo integral de vecinos de la aldea Cruz Blanca, y para la ejecución del mismo se pretende entregar la

propuesta a alguna institución internacional, para que esta la financiara, y así lograr un beneficio para la comunidad.

El primer capítulo del presente trabajo de graduación, contiene la información relacionada con la investigación de la aldea Cruz Blanca: densidad de población, número de casas beneficiadas, servicios básicos existentes, etc; asimismo, se realizó un levantamiento topográfico, datos que sirvieron de base para el segundo capítulo, en especial, el diseño de la red de alcantarillado sanitario, que determinó como consecuencia el presupuesto general de éste proyecto.

Para el tercer capítulo se presentan conceptos relacionados con la filtración, los métodos y factores que intervienen en la operación de un filtro, procedimientos y variables que afectan en el lavado, dando a conocer el diseño y el costo para la construcción de las unidades de filtración.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la red de alcantarillado sanitario y filtro purificador del agua para consumo humano que será utilizado por habitantes de la aldea Cruz Blanca, contribuyendo a mejorar las condiciones sanitarias.

### **Específicos**

1. Desarrollar la investigación de tipo monográfica para establecer las características geográficas, sociales, de servicio público, de producción y demográficas.
2. Proveer a la comunidad de un medio adecuado para la eliminación del escurrimiento superficial, alterando los sistemas ambientales.
3. Especificar el costo para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.
4. Realizar actividades de orientación y capacitación sobre la operación y lavado de los sistemas de filtros purificadores.
5. Determinar el costo para la construcción de los sistemas de filtros para mejorar la calidad del agua.



## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua para una comunidad y su forma de evacuación, por medio de un sistema de canalización, debe de hacerse en forma correcta para mantener el medio ambiente en un estado aceptable.

Las obras del alcantarillado sanitario que forman parte del saneamiento ambiental, contribuyen a minimizar las enfermedades de tipo gastrointestinal en la salud, por lo que la ejecución del proyecto es necesidad básica, así como la potabilización del agua para satisfacer las necesidades para los pobladores de la aldea Cruz Blanca.

Para el presente estudio, se desarrolló el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, como medio de conducción de aguas residuales, y filtros para purificar el agua en función del caudal de la fuente que abastece a la población.

El documento, lo constituyen tres capítulos; en el primer capítulo se describe información monográfica de la aldea; en el segundo, está la fase de servicio técnico profesional, involucrando aspectos técnicos que intervienen para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario con su respectivo presupuesto; y en el tercero, fase de servicio técnico profesional, para el diseño de los filtros purificadores, destacando factores importantes como la operación con un mínimo de válvulas y lavado mutuo a tasa declinante, reflejado en el presupuesto de los filtros.

Las unidades de filtración necesitan un tratamiento previo, el cual es la sedimentación y desinfección posterior, para minimizar el grado de alteración en el sistema hídrico, utilizado para consumo humano.



## **1. INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Caracterización de la aldea Cruz Blanca**

#### **1.1.1. Ubicación geográfica**

La aldea Cruz Blanca se ubica a 4 Kilómetros de la cabecera municipal, la cual comunica a las Aldeas Santa Fé Ocaña y la Aldea Las Trojes, además se comunica con la aldea Loma Alta por una carretera de 2.5 Kilómetros, las carreteras anteriormente citadas son de terracería transitables en toda época del año.

#### **1.1.2. Coordenadas cartesianas**

La aldea se encuentra localizada a 14° 43' 40" de Latitud Norte y 90° 40' 05" de Longitud Oeste, se encuentra a una altura de 1,825 msnm.

#### **1.1.3. Límites y colindancias**

La Comunidad está limitada al Norte por la Aldea Comunidad de Ruiz, al Noroeste por la Aldea Asunción Chivoc, al Sur por la Aldea Loma Alta, al Este por la Cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez, al Oeste por la Aldea Santa Fé Ocaña.

#### **1.1.4. Extensión territorial**

La comunidad tiene un área de 8.6 Kilómetros cuadrados aproximadamente, dividido en sectores poblacionales.

Figura 1. Plano de localización de la aldea Cruz Blanca



PLANO DE LOCALIZACIÓN ALDEA CRUZ BLANCA ESCALA 1:50,000

### 1.1.5. Morbilidad

Las información que se presenta es un reflejo de la insalubridad existentes en la aldea con mayor énfasis en edad infantil.

**Tabla I. Causas de morbilidad infantil en los meses de abril, mayo y junio del año 2003**

No.	Causa	Masculino	Femenino	Total	%
1	Resfriado común	28	40	68	48.92
2	Infección intestinal	0	4	4	2.88
3	Rinitis alérgica	0	4	4	2.88
4	Neumonía	9	6	15	10.79
5	Conjuntivitis	2	7	9	6.47
6	Diarrea	6	1	7	5.03
7	Gastroenterocolitis	0	2	2	1.43
8	Otitis	3	0	3	2.16
6	Otras	8	19	27	19.42
	<b>Total</b>	56	83	139	100

### 1.1.6. Natalidad

En la aldea, la natalidad es considerablemente alta, ya que en los meses de enero a septiembre de este año se han registrado 228 nacimientos. En una minoría los habitantes han tenido la necesidad de emigrar al extranjero en busca de mejorar sus condiciones de vida.

### **1.1.7. Mortalidad**

Durante el año 2003 el centro de salud es un medio que minimiza la mortalidad en la aldea con la prevención y curación de enfermedades, cumpliendo su labor de servir a la población, teniendo un dato de 30 fallecidos durante los meses de enero a septiembre de este año.

### **1.1.8. Temperatura**

La temperatura oscila entre 15 °C a 22 °C bajo condiciones atmosféricas normales.

### **1.1.9. Clima**

Por sus características presenta un clima templado con dos estaciones bien marcadas invierno y verano, presentando el siguiente cuadro resumen de temperaturas mensual y anual, localizada en la estación suiza cont del departamento de Chimaltenango localizada a 14° 37' 08" Latitud Norte y 90° 37' 40" a la altura de 2,105 msnm, información obtenida del INSIVUMEH.

**Tabla II. Temperaturas máximas mensual y anual en aldea Cruz Blanca**

AÑO	VARIABLE	DIMEN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	TMAXPR	°C	20.4	20.5	20.4	20.2	20.6	20.7	20.6	20.1	20.0	20.4	19.7	20.5	20.4
1991	TMAXPR	°C	19.9	20.3	21.0	20.5	20.7	20.3	21.2	21.4	21.1	21.2		21.2	20.8
1992	TMAXPR	°C	20.3	21.2	21.6	21.3	21.3	20.6	20.7	21.1	20.8	21.1	21.3	19.9	21.0
1993	TMAXPR	°C	20.3	20.8	20.4	21.3	21.0	19.4	19.6	19.5	21.2	20.6	20.9	20.9	20.4
1994	TMAXPR	°C	20.2	20.8	21.1	21.1	21.1	21.2	19.1	20.9	21.5	20.6	19.7	20.8	20.8
1995	TMAXPR	°C	21.7	-----	22.6	23.3	24.1	23.2	22.7	21.5	20.8	20.9	21.0	21.1	22.1
1996	TMAXPR	°C	20.8	21.3	21.9	21.6	20.8	20.7	20.1	20.7	21.4	21.4	20.5	20.0	20.9
1997	TMAXPR	°C	20.2	20.5	23.4	23.9	24	21.8	20.0	21.3	21.0	22.1		21.9	21.8
1998	TMAXPR	°C	21.5	22.4	22.6	24.5	22.5	21.7	22.2	21.0	21.0	21.0	20.2	19.2	21.7
1999	TMAXPR	°C	19.2	22.1	22.8	22.1	20.3	20.4	21.0	20.2	20.0	19.9	20.2	20.0	20.7
2000	TMAXPR	°C	19.1	19.7	21.2	21.5	21.1	20.5	20.5	21.7	21.4	21.0	20.5	18.9	20.6
2001	TMAXPR	°C	20.0		22.3	22.9	21.5	21.5	21.1	20.8	20.7	20.9	20.9	21.1	21.2
2002	TMAXPR	°C	20.9	22.0	21.5	23.7	20.5	21.2	21.4	21.0	20.6	21.4	20.1	20.2	21.2
2003	TMAXPR	°C	20.5	21.2	23.3	23.7									
<b>PROMEDIO</b>			<b>20.4</b>	<b>21.1</b>	<b>21.9</b>	<b>22.3</b>	<b>21.5</b>	<b>21.0</b>	<b>20.8</b>	<b>20.9</b>	<b>20.9</b>	<b>21.0</b>	<b>20.5</b>	<b>20.3</b>	<b>21.0</b>

**Tabla III. Temperaturas mínimas mensual y anual en aldea Cruz Blanca**

AÑO	VARIABLE	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	TMINPR	°C	7.7	8.2	10.2	9.1	10.4	10.5	9.9	11.2	11.3	10.8	9.6	9.2	9.2
1991	TMINPR	°C	10.8	10.0	8.1	10.6	12.0	11.8	12.0	12.0	11.9	11.5		9.1	9.1
1992	TMINPR	°C	8.8	9.9	10.6	10.8	12.2	12.0	12.0	13.2	13.4	13.9	9.5	8.4	10.3
1993	TMINPR	°C	7.4	6.7	8.2	10.8	10.0	9.9	10.4	10.8	10.8	10.5	10.6	10.5	7.5
1994	TMINPR	°C	10.4	10.7	10.7	10.7	11.0	11.9	11.2	11.8	11.7	11.2	10.7	10.6	10.7
1995	TMINPR	°C	6.4	-----	6.6	10.0	10.0	12.0	10.6	13.5	11.8	5.0	8.4	8.7	9.4
1996	TMINPR	°C	5.7	5.4	4.0	10.7	11.5	12.1	12.5	11.0	11.8	11.5	9.6	7.2	9.4
1997	TMINPR	°C	6.8	6.0	5.9	7.3	5.0	9.4	9.7	9.5	9.7	8.1		7.9	7.8
1998	TMINPR	°C	4.9	3.8	5.4	6.9	8.5	8.7	8.8	10.5	5.0	7.2	5.7	2.3	6.5
1999	TMINPR	°C	2.3	5.2	4.8	8.7	10.5	9.3	9.3	10.4	10.7	9.5	5.7	5.0	7.6
2000	TMINPR	°C	2.6	2.6	3.8	6.3	9.2	10.1	9.3	8.2	9.0	7.6	5.4	2.0	6.3
2001	TMINPR	°C	1.6		1.9	4.8	9.2	8.5	7.4	7.0	7.4	7.2	4.7	5.9	1.9
2002	TMINPR	°C	4.7	4.8	6.0	8.4	8.0	9.2	8.8	8.4	8.2	8.6	5.7	5.6	7.4
2003	TMINPR	°C	5	4.1	5.6	6.0									
<b>PROMEDIO</b>			<b>4.8</b>	<b>6.5</b>	<b>6.6</b>	<b>8.0</b>	<b>9.0</b>	<b>10.1</b>	<b>9.9</b>	<b>10.2</b>	<b>9.5</b>	<b>8.2</b>	<b>6.8</b>	<b>5.5</b>	<b>7.9</b>

### 1.1.10. Intensidad de lluvia y evaporación potencial

La evaporación potencial promedio es de 0.75, presentando el siguiente cuadro resumen de intensidad de lluvia mensual y anual, localizada en la estación suiza cont del departamento de Chimaltenango localizada a 14° 37' 08" Latitud Norte y 90° 37' 40" a la altura de 2,105 msnm, información obtenida del INSIVUMEH.

**Tabla IV. Intensidad de lluvia mensual y anual en aldea Cruz Blanca**

AÑO	VARIABLE	DIMEN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	LLUVIA	MM	0.0	8.0	0.0	0.0	100.4	448.3	264.4	245.7	146.9	63.8	25.7	0.0	1303.2
1991	LLUVIA	MM	0.0	0.0	0.0	10.6	180.3	3844.0	18.4	101.6	47.8	47.3		0.0	4250.0
1992	LLUVIA	MM	0.0	0.0	59.8	22.2	36.3	344.4	99.8	116.5	269.5	120.1	19.0	0.0	1087.6
1993	LLUVIA	MM	0.0	0.0	22.8	16.2	148.4	299.1	207.8	395.7	102.9	171.0	0.0	0.0	1363.9
1994	LLUVIA	MM	9.3	9.9	52.0	3.7	193.0	136.4	126.6	294.3	114.2	118.4	15.0	8.0	1080.8
1995	LLUVIA	MM	0.0		5.3	43.8	99.5	237.8	233.6	276.2	374.3	94.6	30.6	15.9	1411.6
1996	LLUVIA	MM	24.4	6.6	1.5	93.2	181.4	254.7	264.5	222.2	272.4	32.3	42.2	4.9	1400.3
1997	LLUVIA	MM	11.8	9.1	1.7	24.8	64.9	273.2	55.2	101.3	399.7	67.2		0.0	1008.9
1998	LLUVIA	MM	0.0	0.0	4.3	0.0	71.0	272.8	291.2	271.4	186.5	365.1	298.7	0.0	1761.0
1999	LLUVIA	MM	0.0	0.0	8.0	17.0	70.4	362.0	398.4	274.4	221.5	92.3	3.1	7.4	1454.5
2000	LLUVIA	MM	0.0	0.0	23.5	20.0	188.0	232.0	97.8	177.9	180.8	24.2	2.5	4.4	951.1
2001	LLUVIA	MM	0.0		2.3	0.0	94.3	89.2	239.5	161.5	41.8	56.7	11.2	11.3	707.8
2002	LLUVIA	MM	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	119.9	55.1	85.0	102.7	44.6	5.0	0.0	472.3
2003	LLUVIA	MM	0.0	13.0	2.3	27.5									
<b>PROMEDIO</b>			<b>3.3</b>	<b>3.9</b>	<b>13.1</b>	<b>19.9</b>	<b>114.5</b>	<b>531.8</b>	<b>180.9</b>	<b>209.5</b>	<b>189.3</b>	<b>99.8</b>	<b>41.2</b>	<b>4.0</b>	<b>1411.2</b>
<b>DESV.EST</b>			<b>7.2</b>	<b>5.0</b>	<b>19.8</b>	<b>24.8</b>	<b>56.1</b>	<b>1000.2</b>	<b>113.6</b>	<b>94.3</b>	<b>114.4</b>	<b>89.7</b>	<b>86.4</b>	<b>5.3</b>	<b>920.1</b>

### 1.1.11. Suelo

Los suelos del departamento de Chimaltenango, lugar cercano a la aldea Cruz blanca, han sido divididos en 29 unidades que consisten de 26 series de suelos y tres clases de terreno misceláneo.

Los suelos han sido divididos en 4 grupos amplios:

- I. Suelos de la montañas volcánicos
- II. Suelos de la altiplanicie central
- III. Suelos del declive del pacífico
- IV. Clases misceláneas del terreno

Los grupos II y III han sido divididos en subgrupos según las clase de material y la profundidad del suelo.

En el grupo II están:

- a) Suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro
- b) Suelos profundos erosionados, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro
- c) Suelos poco profundos desarrollados sobre rocas.

En el grupo IV están:

Suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro

Suelos poco profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro

Suelos desarrollados sobre material máfico volcánico.

### **1.1.12. Ríos**

La comunidad está dotada de los ríos; Tapanal y Rastunyá, el primero de los mencionados mantiene un mínimo caudal en verano y el segundo tiene caudal únicamente en invierno, ambos nacen en la parte sur de la aldea.

### **1.1.13. Topografía**

La topografía es accidentada y montañosa, tiene poca planicie, tiene pendientes y hondonadas cubiertas de verde y exuberante vegetación, tiene regiones muy fértiles que van haciendo contacto con partes de terreno seco, barrancos y arenosos, la elevación varía de 1,500 a 2,000 msnm. presenta una pendiente de 15 %.

### **1.1.14. Vías de acceso**

La Aldea tiene comunicación por medio de la carretera principal que la comunica con la cabecera municipal que en la actualidad está en construcción, la cual tiene una longitud de 4 Kilómetros, otra que comunica con el Caserío Pacajay con una longitud de 3 Kilómetros y la carretera a la Aldea Loma Alta que tiene una longitud de 3 Kilómetros, las carreteras anteriormente mencionadas son de terracería transitables en todo el tiempo del año.

### **1.1.15. Principales fuentes de producción agrícola y comercial**

Los habitantes de la aldea Cruz Blanca se dedican a la agricultura en especial al cultivo de maíz, frijol, hortalizas, hierbas y una variedad de flores. En la actividad comercial fabrican muebles para el hogar, asimismo la venta de artículos comestibles.

### **1.1.16. Instituciones existentes en la comunidad**

La aldea Cruz Blanca cuenta con una alcaldía auxiliar, puesto de salud, 2 iglesias católicas, 2 iglesias evangélicas, 2 escuelas nacionales de educación primaria y 3 colegios de educación primaria.

## **1.1.17. Servicios públicos**

### **1.1.17.1. Educación**

El nivel de escolaridad que alcanza a 6to grado de primaria es de 73.5 % ya sea nacional o privada. Careciendo de una institución donde brinden educación a nivel básico y diversificado.

### **1.1.17.2. Idioma**

El idioma con que se comunican las personas es el Kaqchiquel y el castellano.

### **1.1.17.3. Comunicación**

La empresa de telecomunicaciones de Guatemala es la que presta el servicio de telefonía domiciliar para una minoría. La mayoría cuentan con servicio de teléfono móvil, debido a su accesibilidad teniendo cobertura la mayoría de las empresas que dan el servicio.

### **1.1.17.4. Salud**

Poseen un centro de salud no teniendo que viajar al municipio, se ubica en el centro, atendiendo a pobladores dentro y fuera de la aldea Cruz Blanca.

### **1.1.17.5. Agua potable**

Los habitantes de la aldea Cruz Blanca se abastecen de agua proveniente de 2 sistemas existentes.

Una es un manantial localizada a 4 kilómetros del centro de la aldea, la captación está a 50 metros abajo de la fuente. El tanque de almacenamiento está ubicado estratégicamente en el centro de la aldea, junto al centro de salud.

La otra fuente es la utilización de 2 pozos mecánicos con una profundidad de 43 y 60 varas, localizados a pocos metros del tanque de almacenamiento el cual tiene una capacidad de producción de 30 galones por minuto cada uno. El equipamiento de los pozos mecánicos constan de un motor sumergible de 3 y 2 caballos de fuerza respectivamente, el material de la tubería utilizada en los pozos son de PVC, el diámetro de 2 y 1 ¼ pulgadas.

El servicio que se presta es ineficiente, ya que en tiempo de invierno el agua proveniente del manantial contiene gran contaminación donde se puede observar el color café de residuos del suelo haciéndola no potable. El caudal proveniente de los pozos no es suficiente para satisfacer la demanda.

#### **1.1.17.6. Transporte**

El transporte extra-urbano que parten del centro del municipio de San Juan Sacatepéquez, automóviles, motocicletas, bicicletas y el resto a pie.

#### **1.1.17.7. Energía eléctrica**

El servicio de energía eléctrica es proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala, teniendo el 100 % de cobertura a la aldea.

## 1.2. Encuesta sanitaria

Para determinar el número exacto de habitantes en la aldea, se orienta la encuesta sanitaria y de población a lo que concierne la 6ª. calle y sector 5, dato que se utilizará para el diseño de la red de alcantarillado sanitario.

### 1.2.1. Datos de población

Los datos consideran la totalidad de miembros en cada familia cuya información tiene su base en la encuesta sanitaria y de población, presentándolos en base a la carretera que los divide identificándolos en la zona derecha en dirección a la planta de tratamiento y la zona izquierda ubicación opuesta.

**Tabla V. Población actual de la aldea Cruz Blanca zona derecha**

<b>EDADES</b>	<b>FEMENINO</b>	<b>MASCULINO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Menos de 1 año	2	4	6	1.69
1 año a 3 años	12	13	25	7.04
4 a 6 años	22	17	39	10.99
7 a 12 años	38	30	68	19.15
13 a 18 años	30	35	65	18.31
19 a 55 años	57	65	122	34.37
Mayores de 55 años	16	14	30	8.45
Total	177	178	355	100

**Tabla VI. Población actual de la aldea Cruz Blanca zona izquierda**

<b>EDADES</b>	<b>FEMENINO</b>	<b>MASCULINO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Menos de 1 año	10	8	18	2.56
1 año a 3 años	9	17	26	3.70
4 a 6 años	63	54	117	16.67
7 a 12 años	70	49	119	16.95
13 a 18 años	62	52	114	16.24
19 a 55 años	107	138	245	34.90
Mayores de 55 años	25	38	63	8.97
Total	346	356	702	100

### **1.2.2. Datos sobre vivienda**

En la aldea Cruz Blanca el 100% de los habitantes cuentan con vivienda propia, en algunas viviendas existen 2 y 3 familias, haciendo uso de los servicios para todos como lo es la letrina, agua potable y energía eléctrica. Destacando las grandes extensiones de terreno que poseen que utilizan como patio y para la agricultura.

En la mayoría los de las viviendas los techos son de lámina de zinc, las paredes se presentan en el siguiente cuadro resumen, debido a la gran variedad de materiales usados.

**Tabla VII. Características de vivienda en la aldea Cruz Blanca**

<b>Tipo de pared</b>	<b>No. viviendas</b>	<b>Porcentaje</b>
Block	71	52.59
Adobe	21	15.56
Lámina	14	10.37
Caña	2	1.48
Ladrillo	4	2.96
Adobe + Block + Madera	16	11.85
Madera	7	5.19
Total	135	100

### **1.2.3. Disposición de aguas servidas**

El uso de letrinas en todas las viviendas y la falta de un sistema que permita canalizar adecuadamente las aguas residuales que corren por calles, especialmente en época de verano cuando éstas se estancan, provocan focos de contaminación, malos olores, aspecto insalubre, lo que da lugar a la proliferación de vectores en etapa infantil de la comunidad. Además padezca de enfermedades gastro intestinales, debido al alto grado de contaminación presente en el agua para consumo humano.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CRUZ BLANCA, MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto de Alcantarillado Sanitario para las aguas residuales en el sector 5 y 6ª calle de la aldea Cruz Blanca, se ha venido trabajando con la Asociación de Desarrollo Integral de Vecinos de la Aldea Cruz Blanca.

La idea original de realizar este proyecto es de poder entregar la propuesta a alguna institución internacional, para que este financiara la ejecución de la obra y así lograr un beneficio para la comunidad.

Se inició con una investigación para determinar las características de la aldea, seguido del levantamiento topográfico y en consecuencia se estableció una longitud de 4546.55 metros de tubería.

Por razones estratégicas el proyecto es dividido en dos sectores, para ambos lados en la carretera principal y debido a la topografía accidentada del terreno, es necesario ubicar un punto estratégico para unión y conducirlo al cuerpo receptor, previo a ello la planta de tratamiento de aguas residuales.

La tubería a utilizar será de PVC, basado en las especificaciones de instalación y diseño hidráulico que se encuentran en los folletos proporcionados por la empresa que fabrica este tipo de material el cual es Tubovinil S.A. Los pozos de visita y las cajas de registro se construirán de ladrillo tayuyo.

## **2.2. Levantamiento topográfico**

En todo levantamiento topográfico no se considera la curvatura en la tierra, ya sea en cualquier tipo de proyecto a desarrollar.

Para el sistema de alcantarillado sanitario se tomó en cuenta el levantamiento para ambos lados de la carretera principal, identificando las edificaciones existentes y las entradas a callejones, asimismo a la planta de tratamiento, considerando las quebradas, elevaciones y depresiones que estas presentan.

### **2.2.1. Levantamiento planimétrico**

El levantamiento planimétrico es el estudio de los procedimientos para la representación de una superficie terrestre en un plano horizontal, es usado para localizar cambio de dirección en donde la tubería interconecta los pozos de visita y cajas de registro.

Para el levantamiento planimétrico se utilizó el método llamado conservación de azimut, aplicado a una poligonal abierta. El equipo que se utilizó es el siguiente

- Un teodolito SOKKISHA T60D
- Un estadal
- Un Trípode
- Una cinta de 50 metros
- Estacas

### **2.2.2. Levantamiento altimétrico**

Es la parte de la topografía que estudia los métodos y procedimientos para la determinación de la distancia vertical y pendientes entre diversos puntos de terreno en el cual se diseñarán los drenajes, con estos datos se calculan y trazan las curvas de nivel de los proyectos. El levantamiento se realizó con instrumentos que permitan una precisión de 1 cm por Kilómetro o menor.

Para el levantamiento altimétrico se utilizó el equipo siguiente

- Un nivel modelo NA20
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Estacas
- Pintura
- clavos

### **2.3. Tipo de sistema a utilizar**

Existen 3 sistemas de alcantarillado, la determinación dependerá de las condiciones que se presente, tanto físicas, de funcionamiento y económicas, los cuales son:

#### **a) Alcantarillado sanitario**

Este es utilizado en la mayoría de sistema de evacuación, el cual involucra aguas de origen comercial, domiciliar e industrial.

## **b) Alcantarillado pluvial**

Este sistema es diseñado para transportar agua proveniente de la lluvia.

## **c) Alcantarillado combinado**

Sistema que involucra tanto al alcantarillado sanitario y pluvial, debido a la gran cantidad de volumen que conducen, en la actualidad no es el adecuado, debido al factor antieconómico presente en la ejecución, asimismo para la planta de tratamiento requiere una gran área de construcción.

Para la implementación en el diseño de evacuación para aguas servidas en el sector 5 y 6ª calle de la aldea Cruz Blanca, se estableció por el factor económico el alcantarillado sanitario, considerando que la carretera principal es de terracería.

## **2.4. Período de diseño**

El periodo de diseño adoptado para el sistema será proyectado a 20 años, considerando 1 año adicional de gestión para obtener el financiamiento para la construcción del mismo, considerando que el sistema funcionará en forma eficiente al 100 % a la población futura durante este período.

Los componentes que forman parte del sistema de alcantarillado sanitario poseen una vida útil considerable, debido a factores externos y una posible facilidad de ampliación del sistema en el futuro

Para el proyecto ubicado en la aldea Cruz Blanca se tomará un período de diseño de 21 años.

## 2.5. Estimación de la población de diseño

### 2.5.1. Método de incremento geométrico

Para determinar la población al final de 21 años el cual es el período de diseño, se utilizó el método de incremento geométrico, es el más utilizado debido a que su resultado es cercano con la realidad, para el presente proyecto la tasa de crecimiento es del 3 %, dato proporcionado por el INE. La fórmula del incremento geométrico es la siguiente.

$$P_f = P_o ( 1 + r )^n$$

$$P_f = 1,057 ( 1 + 0.03 )^{21}$$

$$P_f = 1,966$$

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población de encuesta sanitaria año 2,003

$r$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Período de diseño en años

## 2.6. Cálculo de caudales

### 2.6.1. Población tributaria

La obtención de la población tributaria se obtuvo en base al número de habitantes dividido el número de casas, dando el resultado en la forma siguiente

Habitantes por vivienda = número de habitantes / número de casas

Habitantes por vivienda = 1057 / 135 casas

Habitantes por vivienda = 7.83 habitantes / casa  $\cong$  8 habitantes / casa

### **2.6.2. Velocidad de flujo**

La velocidad de flujo es un factor determinante en el buen funcionamiento del sistema, la cual depende de la pendiente y el diámetro de la tubería. La velocidad de diseño se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas  $v / V$ , en donde  $v$  es la velocidad de diseño y  $V$  es la velocidad a sección llena. Las velocidades mínimas y máximas dependen del tipo de tubería a utilizar, las cuales son:

1. Tubería PVC velocidad mínima = 0.40 m/s y velocidad máxima = 5.0 m/s
2. Tubería de concreto velocidad mínima = 0.60 m/s y velocidad máxima = 3.0 m/s

Para el presente proyecto, la tubería a utilizar es PVC norma ASTM 3034, la razón por la cual existe velocidad mínima es para evitar el fenómeno llamado sedimentación, en los cuales los sólidos obstruyen el sistema, asimismo la velocidad máxima es para evitar la abrasión en la tubería .

### **2.6.3. Relación de diámetros y caudales**

Para que el sistema funcione como canal abierto, en los cuales el flujo circula por la acción de la gravedad, la relación  $d/D$  no debe ser mayor a 0.75 ni menor de 0.10 del diámetro interno de la tubería, en donde  $d$  es el tirante de flujo y  $D$  es el diámetro. El caudal de diseño será menor que el caudal a sección llena.

Las anteriores especificaciones hidráulicas determinarán la pendiente apropiada de la tubería que se deberán adaptar a la pendiente del terreno.

#### **2.6.4. Dotación**

Está relacionada con factores propios de la comunidad que los caracteriza, dentro de los cuales están: clima, actividad productiva, nivel de vida, costumbres, calidad del agua, en este caso no es aceptable bajo las normas COGUANOR NGO 29 001. Se expresa en litros/habitante/día, que determina la cantidad de agua que utiliza un habitante durante el día.

Para la aldea Cruz Blanca se determinó una dotación de 125 Lts/hab/día, los criterios que lo determinan son: la contaminación existente en el agua, el bajo nivel de vida de los habitantes, la falta de un sistema de alcantarillado sanitario, el clima y su ubicación que es área rural.

#### **2.6.5. Factor de retorno**

El factor de retorno se aplica bajo el criterio de que el agua utilizada por los habitantes de una vivienda, no retorna el 100 % al sistema, debido a que es utilizado para riego, lavado de ropa y patios, perdiéndose por infiltración y evaporación. Para el presenta proyecto el factor de retorno es del 80 %.

#### **2.6.6. Factor de Hardmon**

##### **2.6.6.1. Descripción**

El factor de Hardmon es una probabilidad, que involucra a la población a servir en determinadas horas de mayor utilización del drenaje.

### 2.6.6.2. Fórmula

La fórmula de Hardmon es adimensional y viene dada por.

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = Población futura acumulada en miles

### 2.6.7. Caudal domiciliar

Es el caudal proveniente de las viviendas, habiendo sido utilizado para limpieza, es desechada al sistema, se relaciona con la dotación estimada para dicha población, parte del agua de abastecimiento no será llevada al alcantarillado, teniendo un factor de retorno que varía entre 0.70 a 0.90. El caudal domiciliar está dado por la siguiente fórmula.

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dot} * \text{No. Hab.} * \text{F.R.}}{86,400}$$

$$Q_{dom} = \frac{125 \text{ lts/hab/día} * 1966 \text{ Habitantes} * 0.80}{86,400}$$

$$Q_{dom} = 2.30 \text{ lts/s}$$

Donde:

$Q_{dom}$  = Caudal domiciliar (lts/s)

Dot = Dotación (lts/hab/día)

No. Hab = Número de habitantes

F.R. = Factor de retorno

### 2.6.8. Caudal de conexiones ilícitas

Este es proveniente de las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario, se considera un porcentaje de vivienda que realizan tal acción que varía de 0.5 a 2.5 %.

#### 2.6.8.1. Determinación del caudal de conexiones ilícitas

Para su determinación por su precisión se utiliza el método racional, ya que involucra área de patios y techos de las viviendas, otro factor es la intensidad de lluvia el cual está dado por la estación meteorológica de Alameda Icta del departamento de Chimaltenango, la fórmula es la siguiente.

$$Q_{c.i.} = \frac{CIA}{360} = \frac{C I (A\%)}{360}$$

Donde:

$Q_{c.i.}$  = Caudal de conexiones ilícitas ( $m^3 / s$ )

$C$  = Coeficiente de escorrentía, depende de la superficie

$I$  = Intensidad de lluvia ( mm / hora)

$A$  = Área que es factible de conectar (Ha)

Para cada área tiene diferente factor de escorrentía, por consiguiente habrá diferente caudal como se determina a continuación.

Promedio de área por casa  $175 m^2$  (75 para techos y 100 para patios)

Intensidad de lluvia  $97.2 mm/hora$  dato proporcionado por el INSIVUMEH

Factor de escorrentía para techos 0.80

Factor de escorrentía para patios 0.18

$$\text{Área de techos} = \frac{(75 \text{ m}^2 * 135 \text{ casas})}{10,000 \text{ m}^2 / \text{Ha}} = 1.01 \text{ Ha}$$

$$\text{Área de patios} = \frac{(100 \text{ m}^2 * 135 \text{ casas})}{10,000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 1.35 \text{ Ha}$$

$$C = \frac{((A \text{ techos} * \text{Coeficiente de techos}) + (A \text{ patios} * \text{Coeficiente de patios}))}{\text{sumatoria de áreas}}$$

$$C = \frac{((1.01 * 0.80) + (1.35 * 0.18))}{(1.69 + 1.01)} \quad C = 0.39$$

$$Q_{c.i.} = \frac{((0.39 * 97.2 \text{ mm/hora}) * (2.36 * 0.005)) * 1000}{360}$$

$$Q_{c.i.} = 1.24 \text{ lts/s}$$

## 2.6.9. Caudal de infiltración

### 2.6.9.1. Descripción

Es el caudal que se infiltra dentro de la alcantarilla, depende de factores como: profundidad del nivel freático del agua, tipo y profundidad de tubería, permeabilidad del terreno, tipo de juntas y la calidad de mano de obra en la ejecución.

### 2.6.9.2. Fórmula

Existen dos maneras de medirlo, una está expresada en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, que incluye la longitud de

la tubería para las conexiones domiciliarias para la cual puede estimarse de 6.00 metro por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 lts/Km./día.

La fórmula está dada por:

$$Q_{inf} = \frac{Dot * (m. de tubo + No. casas fut. * 6 m) * 0.001}{86,400}$$

Donde:

$Q_{inf}$  = Caudal de infiltración

Dot. = Dotación

No. casas fut = Número de casas futuras

Para este proyecto por ser la tubería de PVC, no se toma en cuenta el caudal de infiltración.

#### **2.6.10. Factor de caudal medio**

Este es un regulador a la sumatoria de caudales domésticos, de conexiones ilícitas, de infiltración, comercial e industrial. Están dentro del siguiente rango permitido por la D.G.O.P.

$$0.002 \leq FQM \leq 0.005$$

Si el valor obtenido es menor al rango anterior se asignará 0.002, y si es mayor lo establecido se asignará 0.005. El factor esta dado por.

$$FQM = Q_m / \text{No. de habitantes futuros}$$

Donde

$Q_m$  = Caudal sanitario

$$Q_m = Q_{\text{dom.}} + Q_{\text{inf.}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{industrial}}$$

Para el presente proyecto no se tomaron en cuenta los caudales provenientes por infiltración, comerciales e industriales, debido a que la tubería es de PVC y por la carencia de negocio en el lugar respectivamente.

$$Q_m = 2.30 \text{ lts/s} + 1.24 \text{ lts/s} = 3.54 \text{ lts/s}$$

$$FQM = \frac{3.54 \text{ lts/s}}{1966 \text{ habitantes}}$$

$$FQM = 0.0018$$

El factor de caudal medio no está dentro del rango establecido, por lo cual se adopta 0.002 para el presente proyecto.

## **2.6.11. Caudal de diseño**

### **2.6.11.1. Descripción**

El caudal de diseño se obtiene multiplicando el factor de Harmond, el número de habitantes a servir y el factor de caudal medio, involucrando caudales máximos de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas. Para el proyecto presente se tomaron en cuenta los caudales máximos de origen doméstico y caudal de conexiones ilícitas, y está dado por.

$$Q_{\text{dis}} = F.H. * \text{No. Hab.} * FQM$$

Donde:

F.H. = Factor de Hardmon

No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados

FQM = Factor de caudal medio

## 2.6.12. Fórmula de Manning

### 2.6.12.1. Descripción

La fórmula es experimental y se deriva de la fórmula de CHEZY, utilizado para flujos uniformes y permanentes, en la cual involucra factores de velocidad y caudal que ocurren en un canal.

La ecuación que más se utiliza es la de Manning, la cual es:

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

R = Radio hidráulico, donde  $R = \frac{\text{Área sección circular}}{\text{Perímetro mojado}}$

S = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad, depende del material que está construido el canal.

Para el presente proyecto, se utilizó tubería PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.010.

## 2.6.13. Factor de rugosidad

### 2.6.13.1. Descripción y valores

La rugosidad es un valor que es determinado en forma experimental, además es adimensional, que expresa que tan lisa es la superficie del canal, y varía en el transcurso del tiempo dependiendo del material que es construido.

Los valores más utilizados se presentan a continuación:

**Tabla VIII. Valores de rugosidad**

MATERIAL	RUGOSIDAD	
	Mínimo	Máximo
Superficie de mortero de cemento	0.011	0.030
Mampostería	0.017	0.030
Tubo de concreto diámetro <24"	0.011	0.016
Tubo de concreto diámetro >24"	0.013	0.018
Tubería de asbesto cemento	0.009	0.011
Tubería de PVC	0.006	0.011

## 2.6.14. Cálculo de cotas invert

### 2.6.14.1. Descripción

Se refiere a la utilización de colectores con un cierto porcentaje de pendiente, en el cual la cota en la parte mas baja donde transita el agua se llama cota invert y es medido del nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, siguiendo la siguiente regla:

- La cota invert de salida de un pozo o caja de registro, será colocada la cota invert de salida por lo menos tres centímetros debajo de la tubería mas baja.

Ecuaciones para calcular cotas invert

$$CT_f = CT_i - (D_o * S\% \text{ terreno})$$

$$S\% = (CT_i - CT_f / D_o) * 100 = (\%)$$

$$E_t = (\text{Diámetro} * 0.30) / 100 = (m)$$

$$CI = CT_i - H_{\text{mínima}} + E_t + \text{Diámetro tubo}$$

$$CIE_2 = CI - D_o * S\% \text{ tubo}$$

$$CIS_2 = \text{Dependerá de las condiciones especificadas}$$

$$CIE_3 = CIS_2 - D_1 * S\% \text{ tubo}$$

$$H_{\text{pozo}} = CT - CIS$$

Donde:

$H_{\text{min}}$  = Altura mínima que depende del tráfico que circula por la calle

$CI$  = Cota invert inicial

$CT_i$  = Cota del terreno inicial

$CT_f$  = Cota del terreno final

$CIS$  = Cota invert de la tubería de salida

$CIE$  = Cota invert de la tubería de entrada

$D_o$  = Distancia horizontal

$S\%$  = Pendiente del terreno o tubería

$E_t$  = Espesor de la tubería

$H_{\text{pozo}}$  = Altura del pozo

## **2.6.15. Obras accesorias**

### **2.6.15.1. Colectores**

Son las tuberías que conducen las aguas residuales hacia un cuerpo receptor, estas son de origen doméstico, comercial, industrial, conexiones ilícitas y de infiltración, diseñado por normas que cumplan con las especificaciones técnicas descritas anteriormente. Las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal y de la Dirección General de Obras Públicas, indican que el diámetro mínimo de tubería que debe utilizarse en el diseño de alcantarillado sanitario es de ocho pulgadas , con tubos de cemento, debido a requerimientos de flujo, limpieza y evitar obstrucciones. Para tuberías de PVC el diámetro mínimo es de 6 pulgadas, el cual es utilizado para el diseño en la aldea Cruz Blanca.

### **2.6.15.2. Pozos de visita**

Los pozos de visita se establecen en lugares estratégicos, como medida preventiva para limpieza y mantenimiento, cuando el sistema sea obstruido, éstos son de gran ayuda para el taponamiento. Son construidos de concreto, mampostería y PVC

Las partes y dimensiones que lo conforman son: el ingreso es circular, tiene un diámetro entre 0.60 a 0.75 metros; la tapadera es sobrepuesta en un brocal, construido ambos de concreto reforzado. El cono tiene altura de 1.20 metros, con un diámetro de 1.20 metros en la base, la altura del cilindro estará en función de la profundidad de la tubería. La base del pozo será de concreto, en la pared se colocarán escalones empotrados, con acero número 6.

Se colocarán pozos de visita bajo los siguientes criterios:

- Al inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tubería
- Cambio de pendiente
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancia no mayor de 100 m para diámetro menor a 24 pulgadas
- En distancias no mayores a 300 metros en diámetro superior a 24 pulgadas

Al diseñar se deben considerar los siguientes enunciados referentes a las cotas invert de entrada y salida:

- a) La diferencia de alturas entre la tubería de entrada y salida en el pozo de visita será como mínimo de 0.03 metros.
- b) Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita, sea mayor a 0.70 metros deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.
- c) Cuando a un pozo de visita ingrese una tubería y salgan dos tuberías del mismo diámetro, una de inicio y otra de continuidad, la tubería de continuidad se colocará por lo menos un diámetro debajo de la tubería del ramal inicial y mayor o igual a 0.03 metros de la tubería de llegada.
- d) Cuando a un pozo de visita la tubería de salida sea del mismo diámetro a las que ingresan, se colocará la tubería de salida a 0.03 metros mínimo de la cota más baja que entre al pozo.

### **2.6.15.3. Cajas de visita**

Estas cajas tienen las mismas funciones que los pozos de visita, debido a sus dimensiones reducen su costo, teniendo restricciones de altura. Debido a la topografía que se presenta en el proyecto y la ubicación de los colectores, se determinará la colocación entre pozos de visita.

### **2.6.16. Conexiones domiciliarias**

#### **2.6.16.1. Tubería secundaria**

Es la tubería que interconecta la caja o candela a la tubería principal, con el objetivo de evacuar las aguas provenientes de las viviendas, es de 6 pulgadas en tubos de concreto y 4 pulgadas para PVC, teniendo una pendiente mínima de 2%,. Se orienta a un ángulo de 45 grados en dirección de las aguas.

#### **2.6.16.2. Caja o candela**

Esta es colocada para inspección y limpieza, su función es recibir y depositar las aguas provenientes de las viviendas al colector principal, por medio de la tubería secundaria. Se construyen de mampostería y tubos de concreto en posición vertical, con un diámetro mayor de 12 pulgadas, con tapadera de concreto reforzado para la inspección.

### **2.6.17. Profundidad de tubería**

La profundidad de la tubería está en función de las cargas transmitidas por el tráfico y que afecten al sistema produciendo rupturas en los tubos.

### 2.6.17.1. Normas y recomendaciones

En las siguientes tablas se establecen los valores para la profundidad de tubería y ancho de zanja, que dependen del diámetro y profundidad de la tubería.

**Tabla IX. Profundidad mínima de cota invert (m)**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
<b>Tráfico normal</b>	1.22	1.28	1.38	1.41	1.50	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
<b>Tráfico pesado</b>	1.42	1.48	1.58	1.51	1.70	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

**Tabla X. Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro (cm)**

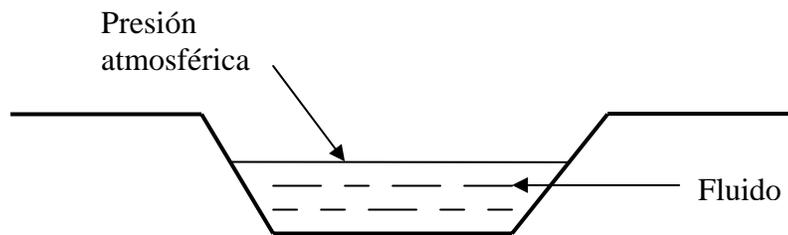
Prof. De zanja (m)	De 0.00 a 1.30	De 1.31 a 1.85	De 1.86 a 2.35	De 2.36 a 2.85	De 2.86 a 3.35	De 3.36 a 3.85	De 3.86 a 4.35	De 4.36 a 4.85	De 4.86 a 5.35	De 5.36 a 5.85	De 5.86 a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12"		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15"		90	90	90	90	90	110	90	90	90	90
18"		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21"		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
24"		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
30"		155	155	155	155	155	175	155	155	155	155
36"			175	175	175	175	180	175	175	175	175
42"				190	190	190	210	180	180	190	190
48"				210	210	210	245	210	210	210	210
60"				245	245	245	280	245	245	245	245

### 2.6.18. Principios hidráulicos

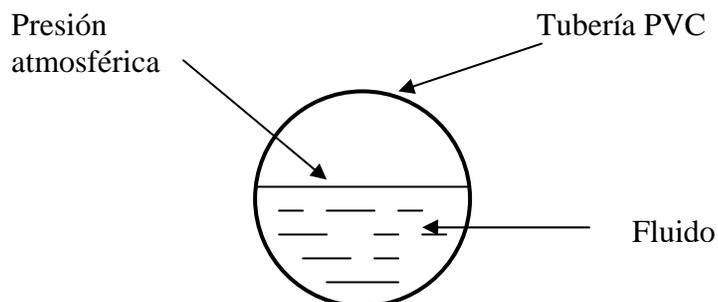
La conducción de agua de desecho es por medio de alcantarillados, en donde la superficie está en contacto con el aire, a los cuales se les llama canales, el cual está determinado por la pendiente, y la superficie del material con que está construido.

Los canales pueden ser abiertos o cerrados, para alcantarillados sanitarios se utilizan cerrados circulares, donde la superficie está expuesta a la presión atmosférica y a gases que se originan en el canal. (ver figura 2 y 3).

**Figura 2. Sección canal abierta**



**Figura 3. Sección canal cerrada**



### 2.6.19. Relaciones hidráulicas

Para determinar los cálculos para una sección parcialmente llena en tuberías y obtener resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial, de los resultados se elabora el gráfico y tablas utilizando para esto la fórmula de Manning, las cuales se presentan adelante.

Se determinan los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones establecidas anteriormente, seguido se obtiene la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre caudal de sección llena, el resultado se busca en la gráfica en el eje de las abscisas, desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales, el valor de la relación ( $d/D$ ), se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas, la profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

La relación ( $v/V$ ), velocidad parcial entre velocidad a sección llena, se ubica el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente, se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades, en este nuevo punto se traza una vertical hacia el eje de las abscisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad de sección llena y obtener la velocidad a sección parcial.

En las tablas se determina primero, la relación ( $q/Q$ ), si no está el valor exacto se busca uno que sea aproximado, en la columna de la izquierda se ubica la relación ( $v/V$ ), y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena y obtener la velocidad a sección parcial.

Se consideran las siguientes especificaciones hidráulicas, que evitarán que la tubería trabaje a presión

- Q diseño < Q lleno
- La velocidad debe estar comprendida entre:

$$0.4 \leq v \leq 4.0 \text{ (m/s)}$$

$0.4 \leq v$  Para que existan fuerzas de tracción y arrastre de los sólidos, para PVC

$v \leq 4.0$  Para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de PVC.

- El tirante debe estar entre:

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

**Tabla XI. Elemento hidráulico de una alcantarilla de sección transversal circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.088	0.00015
0.0125	0.0237	0.103	0.00024
0.0150	0.0031	0.116	0.00036
0.0175	0.0039	0.129	0.00050
0.0200	0.0048	0.141	0.00067
0.0225	0.0057	0.152	0.00087
0.0250	0.0067	0.163	0.00108
0.0275	0.0077	0.174	0.00134
0.0300	0.0087	0.184	0.00161
0.0325	0.0099	0.194	0.00191
0.0350	0.0110	0.203	0.00223
0.0375	0.0122	0.212	0.00258
0.0400	0.0134	0.221	0.00223
0.0425	0.0147	0.230	0.00338
0.0450	0.0160	0.239	0.00382
0.0475	0.0173	0.248	0.00430
0.0500	0.0187	0.256	0.00479
0.0525	0.0201	0.264	0.00531
0.0550	0.0215	0.273	0.00588
0.0575	0.0230	0.271	0.00646
0.0600	0.0245	0.289	0.00708
0.0625	0.0260	0.297	0.00773
0.0650	0.0276	0.305	0.00841
0.0675	0.0292	0.312	0.00910
0.0700	0.3080	0.320	0.00985
0.0725	0.0323	0.327	0.01057
0.0750	0.0341	0.334	0.01138
0.0775	0.0358	0.341	0.01219
0.0800	0.0375	0.348	0.01304
0.0825	0.0392	0.355	0.01392
0.0850	0.0410	0.361	0.01479
0.0875	0.0428	0.368	0.01574

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.1025	0.5396	0.408	0.02202
0.1050	0.05584	0.414	0.02312
0.1075	0.05783	0.420	0.02429
0.1100	0.05986	0.426	0.02550
0.1125	0.06186	0.432	0.02672
0.1150	0.06388	0.439	0.02804
0.1175	0.06591	0.444	0.02926
0.1200	0.06797	0.450	0.03059
0.1225	0.07005	0.456	0.03194
0.1250	0.07214	0.463	0.03340
0.1275	0.07426	0.468	0.03475
0.1300	0.0764	0.473	0.03614
0.1325	0.07855	0.479	0.03763
0.1350	0.08071	0.484	0.03906
0.1375	0.08289	0.490	0.40620
0.1400	0.08509	0.495	0.04212
0.1425	0.08732	0.501	0.04375
0.1450	0.08954	0.507	0.04570
0.1475	0.09129	0.511	0.04665
0.1500	0.09406	0.517	0.04863
0.1525	0.09638	0.522	0.05031
0.1550	0.09864	0.528	0.05208
0.1575	0.10095	0.533	0.05381
0.1600	0.10328	0.538	0.05556
0.1650	0.10796	0.548	0.05916
0.1700	0.11356	0.560	0.06359
0.1750	0.11754	0.568	0.06677
0.1800	0.12241	0.577	0.07063
0.1850	0.12733	0.587	0.07474
0.1900	0.13229	0.696	0.07885
0.1950	0.13725	0.605	0.08304
0.2000	0.14238	0.615	0.08756

**Continuación**

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.651	0.10619
0.2250	0.1684	0.659	0.11098
0.2300	0.1436	0.669	0.11611
0.2350	0.1791	0.676	0.12109
0.2400	0.1846	0.684	0.12623
0.2450	0.1900	0.692	0.13148
0.2500	0.1955	0.702	0.13726
0.2600	0.2066	0.716	0.14793
0.2700	0.2178	0.730	0.15902
0.3000	0.2523	0.776	0.19580
0.3100	0.2640	0.790	0.20858
0.3200	0.2459	0.804	0.22180
0.3300	0.2879	0.817	0.23516
0.3400	0.2998	0.830	0.24882
0.3500	0.3123	0.843	0.26327
0.3600	0.3241	0.856	0.27744
0.3700	0.3364	0.868	0.29197
0.3800	0.3483	0.879	0.30649
0.3900	0.3611	0.891	0.32172
0.4000	0.3435	0.902	0.33693
0.4100	0.3860	0.913	0.35246
0.4200	0.3986	0.921	0.36709
0.4400	0.4238	0.943	0.39963
0.4500	0.4365	0.955	0.41681
0.4600	0.4491	0.964	0.43296
0.4800	0.4745	0.983	0.46647
0.4900	0.4874	0.991	0.48303
0.5000	0.5000	1.000	0.50000
0.5100	0.5126	1.009	0.51719
0.5200	0.5255	1.016	0.53870
0.5300	0.5382	1.023	0.55060
0.5400	0.5509	1.029	0.56685

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.5900	0.6140	1.07	0.65488
0.6000	0.6265	1.07	0.64157
0.6100	0.6389	1.08	0.68876
0.6200	0.6513	1.08	0.70537
0.6300	0.6636	1.09	0.72269
0.6400	0.6759	1.09	0.73947
0.6500	0.6877	1.10	0.75510
0.6600	0.7005	1.10	0.44339
0.6700	0.7122	1.11	0.78913
0.7000	0.7477	1.12	0.85376
0.7100	0.7596	1.12	0.86791
0.7200	0.7708	1.13	0.88384
0.7300	0.7822	1.13	0.89734
0.7400	0.7934	1.13	0.91230
0.7500	0.8045	1.13	0.92634
0.7600	0.8154	1.14	0.93942
0.7700	0.5262	1.14	0.95321
0.7800	0.8369	1.39	0.97015
0.7900	0.8510	1.14	0.98906
0.8000	0.8676	1.14	1.00045
0.8100	0.8778	1.14	1.00045
0.8200	0.8776	1.14	1.00965
0.8400	0.8967	1.14	1.03100
0.8500	0.9059	1.14	1.04740
0.8600	0.9149	1.14	1.04740
0.8800	0.9320	1.13	1.06030
0.8900	0.9401	1.13	1.06550
0.9000	0.948	1.12	1.07010
0.9100	0.9554	1.12	1.07420
0.9200	0.9625	1.12	1.07490
0.9300	0.9692	1.11	1.07410
0.9400	0.9755	1.10	1.07935

### 2.6.20. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se toman como base las normas que estipula La Dirección General de Obras Públicas (Normas utilizadas por el Instituto de Fomento Municipal –INFOM-) y normas ASTM 3034.

Tipo de sistema:	Alcantarillado sanitario
Período de diseño:	21 años
Viviendas actuales	135 casas
Densidad de vivienda	8 habitantes/vivienda
Población actual	1057 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	3% anual
Población de diseño	1966
Forma de evacuación	Gravedad
Tipo y diámetro de tubería	Tubería PVC 4" , 6" Y 8" ASTM 3034
Conexión domiciliar	Tubería PVC 4" ASTM 3034 pendiente 2%
Pozos de visita	En las intersecciones de las calles
Dotación	125 Litros/habitante/día
Factor de retorno	0.80
Velocidad mínima	0.40 m/s para tubería PVC
Velocidad máxima	4.00 m/s para tubería PVC

**Tabla XII. Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario**

**Continuación**

**Continuación**

**Continuación**

### **2.6.21. Criterios para la integración del presupuesto**

- El concreto para los pozos de visita y cajas de registro se calculó por metro cúbico.
- Las conexiones domiciliarias, pozos y cajas de visita se calcularon en forma unitaria, así como la mano de obra calificada.
- La cantidad de arena de río y piedrín, se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cantidad de acero de refuerzo se calculó por quintal.
- La cantidad de alambre de amarre se calculó por libras para un quintal de acero.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- La mano de obra no calificada, se tomó como un aporte de los vecinos.
- Para el abastecimiento de materiales será desde el municipio de San Juan Sacatepéquez sin ningún costo, y de ser necesario transportado de la ciudad capital de Guatemala.

### **2.6.22. Presupuesto de materiales**

A continuación se presentan la integración de cantidad de materiales y costos.

Expresado en forma unitaria para una conexión domiciliar, pozo y caja de visita a diferentes alturas. Los detalles se encuentran en el anexo 2 (planos 7,8 y 9 /10).

Para la cuantificación de alambre de amarre se utiliza la siguiente relación:

$$5 \text{ Lb alambre amarre} = 1 \text{ qq hierro}$$

Para la cuantificación de madera para formaleta, se utiliza la siguiente relación:

$$1 \text{ m}^2 \text{ formaleta} = 10.7 \text{ pié-tabla}$$

Para la cuantificación de clavo, se utiliza la siguiente relación:

$$1 \text{ Lb clavo} = 10 \text{ pié-tabla}$$

Los pié-tabla son unidades que se utilizan en forma estándar que contienen 144 pulgadas cúbicas o una tabla de 1"x12"x12".

**Tabla XIII. Cantidad y costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	0.8	Sacos	39.75	31.80
Arena de río	0.05	m <sup>3</sup>	110.00	5.50
Piedrín	0.045	m <sup>3</sup>	130.00	5.85
Hierro No. 2	0.08	qq	138.80	11.10
Tubería PVC de 4" norma ASTM 3034	0.67	Tubo	143.25	95.98
Tubo de concreto de 12 plg.	1	Tubo	48.00	48.00
Alambre de amarre	0.4	Lbs.	3.50	1.40
Yee de 6" * 4"	1	Unidad	87.20	87.20
Cdo 45° de 4"	1	Unidad	48.35	48.35
Codo 90° de 4"	1	Unidad	48.35	48.35
Formaleta	2.2	Pié-tabla	4.15	9.13
Pomo de pegamento 100 g	1	Unidad	25.75	25.75
Clavo 3"	0.3	Lbs.	3.75	1.13
<b>Costo de materiales de conexión domiciliar</b>				<b>419.54</b>

**Tabla XIV. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita hasta 2.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.20 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	6.5	Sacos	39.75	258.38
Arena de río	0.81	m³	110.00	89.10
Piedrín	0.33	m³	130.00	42.90
Cal	1.3	Bolsa	19.75	25.68
No. de ladrillos cono de 6.5x11x23 cm	475	Unidad	1.75	831.25
No. de ladrillos metro lineal altura 6.5x11x23 cm	520	Unidad	1.75	910.00
Hierro No.6	0.25	qq	187.50	46.88
Hierro No.4	0.25	qq	148.30	37.08
Alambre de amarre	2.5	Lbs	3.50	8.75
Andamio	32	Pié-tabla	4.15	132.80
Clavo 3"	4.32	Lbs	3.75	16.20
<b>Costo de materiales de pozo de visita</b>				<b>2,399.00</b>

**Tabla XV. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita de 2.01 a 4.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.50 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	8.5	Sacos	39.75	337.88
Arena de río	0.95	m³	110.00	104.50
Piedrín	0.4	m³	130.00	52.00
Cal	1.5	Bolsa	19.75	29.63
No. de ladrillos cono de 6.5x11x23 cm	475	Unidad	1.75	831.25
No. de ladrillos metro lineal altura 6.5x11x23 cm	625	Unidad	1.75	1,093.75
Hierro No.6	0.31	qq	187.50	58.13
Hierro No.4	0.25	qq	148.30	37.08
Alambre de amarre	2.8	Lbs	3.50	9.80
Andamio	85	Pié-tabla	4.15	352.75
Clavo 3"	11.48	Lbs	3.75	43.05
<b>Costo de materiales de pozo de visita</b>				<b>2,949.80</b>

**Tabla XVI. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.75 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	10.3	Sacos	39.75	409.43
Arena de río	1.2	m³	110.00	132.00
Piedrín	0.48	m³	130.00	62.40
Cal	1.75	Bolsa	19.75	34.56
No. de ladrills cono de 6.5x11x23 cm	475	Unidad	1.75	831.25
No. de ladrillos metro lineal altura 6.5x11x23 cm	740	Unidad	1.75	1,295.00
Hierro No.6	0.35	qq	187.50	65.63
Hierro No.4	0.25	qq	148.30	37.08
Alambre de amarre	3	Lbs	3.50	10.50
Andamio	130	Pié-tabla	4.15	539.50
Clavo 3"	17.55	Lbs	3.75	65.81
<b>Costo de materiales de pozo de visita</b>				<b>3,483.15</b>

**Tabla XVII. Cantidad y costo de materiales para la construcción de una caja de visita**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	1.2	Sacos	39.75	47.70
Arena de río	0.08	m³	110.00	8.80
Piedrín	0.05	m³	130.00	6.50
Cal	0.02	Bolsa	19.75	0.40
No. de ladrillos de 6.5x11x23 cm	125	Unidad	1.75	218.75
Hierro No.2	0.06	qq	138.80	8.33
Aalambre de amarre	0.3	Lbs	3.50	1.05
Formaleta	7.4	Pié-tabla	4.15	30.71
Clavo 3"	1	Lbs	3.75	3.75
<b>Costo de materiales de caja de visia</b>				<b>325.98</b>

**Tabla XVIII. Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Conexión domiciliar	135	Unidad	419.54	56,637.90
Pozo de visita hasta 2.00 de profundidad	107	Unidad	2,399.00	256,693.00
Pozo de visita de 2.01 a 4.00 m de profundidad	52	Unidad	2,949.80	153,389.60
Pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad	4	Unidad	3,483.15	13,932.60
Caja de visita 1.00 m altura	7	Unidad	325.98	2,281.86
Tubería PVC de 4" de diámetro	11	Tubo	143.25	1,575.75
Tubería PVC de 6" de diámetro	716	Tubo	410.00	293,560.00
Tubería PVC de 8" de diámetro	35	Tubo	605.20	21,182.00
Pegamento tubería PVC	10	Gl.	385.00	3,850.00
<b>Costo de materiales del alcantarillado sanitario</b>				<b>803,102.71</b>

### 2.6.23. Presupuesto de mano de obra

Para el presupuesto de la mano de obra se calculó el precio unitario para una conexión domiciliar, pozo de visita a diferentes alturas y caja de visita. Asimismo para el movimiento de tierras necesaria para la instalación de la tubería a diferentes profundidades. A continuación se presentan las tablas de dichos precios unitarios.

**Tabla XIX. Presupuesto mano de obra de una conexión domiciliar**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	TOTAL
Excavación	1.56	m <sup>3</sup>	25.00	39.00
Nivelación de zanja	2.75	ml	4.50	12.38
Colocación de tubería PVC 4" diámetro	3.00	ml	3.75	11.25
Relleno y compactación	1.56	m <sup>3</sup>	18.75	29.25
Colocación de tubo de concreto	1.00	Unidad	20.00	20.00
Fundición tapadea + brocal	1.00	Unidad	55.00	55.00
Colocación de accesorios	3.00	Unidad	2.25	6.75
<b>Total mano de obra conexión domiciliar</b>				<b>173.63</b>

**Tabla XX. Presupuesto mano de obra de un pozo de visita hasta 2.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.20 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	TOTAL
Excavación	2.26	m³	25.00	56.50
Retiro de material sobrante	1.70	m³	12.75	21.68
Fundición tapadea + brocal	1.00	Unidad	68.00	68.00
Levantado ladrillo tayuyo 6.5x11x23 cm	995.00	Unidad	0.45	447.75
Fundición de fondo	0.17	m³	60.00	10.20
Repello +cernido	7.54	m²	22.50	169.65
<b>Total mano de obra pozo de visita</b>				<b>773.78</b>

**Tabla XXI. Presupuesto mano de obra de un pozo de visita de 2.01 a 4.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.50 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	TOTAL
Excavación	7.00	m³	25.00	175.00
Retiro de material sobrante	5.25	m³	12.75	66.94
Fundición tapadea + brocal	1.00	Unidad	68.00	68.00
Levantado ladrillo tayuyo 6.5x11x23 cm	1163.00	Unidad	0.45	523.35
Fundición de fondo	0.27	m³	60.00	16.20
Repello +cernido	14.14	m²	22.50	318.15
<b>Total mano de obra pozo de visita</b>				<b>1167.64</b>

**Tabla XXII. Presupuesto mano de obra de un pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad y diámetro interno de 1.75 m**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	TOTAL
Excavación	12.03	m³	25.00	300.75
Retiro de material sobrante	9.02	m³	12.75	115.01
Fundición tapadea + brocal	1.00	Unidad	68.00	68.00
Levantado ladrillo tayuyo 6.5x11x23 cm	1345.00	Unidad	0.45	605.25
Fundición de fondo	0.36	m³	60.00	21.60
Repello +cernido	27.5	m²	22.50	618.75
<b>Total mano de obra pozo de visita</b>				<b>1729.36</b>

**Tabla XXIII. Presupuesto mano de obra total movimiento de tierras**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	TOTAL
Excavación	4425.90	m <sup>3</sup>	30.00	132,777.00
Retiro de material sobrante	221.30	m <sup>3</sup>	12.75	2,821.58
Nivelación de zanja	4563.75	ml	4.50	20,536.88
Relleno + compactación	2876.84	m <sup>3</sup>	20.00	57,536.80
<b>Total mano de obra para movimiento de tierras</b>				<b>213,672.25</b>

**Tabla XXIV. Presupuesto mano de obra del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Conexión domiciliar	135	Unidad	173.63	23,440.05
Pozo de visita hasta 2.00 de profundidad	107	Unidad	773.78	82,794.46
Pozo de visita de 2.01 a 4.00 m de profundidad	52	Unidad	1,167.64	60,717.28
Pozo de visita de 4.01 a 6.00 m de profundidad	4	Unidad	1,729.36	6,917.44
Movimiento de tierras	1	Unidad	213,672.25	213,672.25
Tubería PVC de 4" de diámetro	11	Tubo	22.50	247.50
Tubería PVC de 6" de diámetro	716	Tubo	24.00	17,184.00
Tubería PVC de 8" de diámetro	35	Tubo	25.50	892.50
<b>Total mano de obra del alcantarillado sanitario</b>				<b>405,865.48</b>

#### 2.6.24. Resumen general del presupuesto

Para la integración del presupuesto para el sistema alcantarillado sanitario en la aldea Cruz Blanca, se consideraron costos directos que involucran los materiales y mano de obra, considerando el sueldo de la mano de obra no calificada que será aportada por vecinos de la aldea. Los costos indirectos comprenden los gastos administrativos, además considerando un factor de imprevistos, para suplir algún acontecimiento no esperado.

**Tabla XXV. Presupuesto total del alcantarillado sanitario para la aldea Cruz Blanca**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
Costo directo	Presupuesto de materiales	803,102.71	803,102.71
	Equipo y herramienta	12,500.00	12,500.00
	Presupuesto mano de obra	405,865.48	
	% ayudante (35%)	142,052.92	
	% prestaciones (75.67%)	414,609.85	
	Total mano de obra	962,528.25	962,528.25
Costo indirecto	Imprevistos (10%)		177,813.10
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>1,955,944.06</b>

La inversión por vivienda para el alcantarillado sanitario es de Q14,488.48 incluyendo materiales, equipo, herramienta, mano de obra e imprevistos.

**Tabla XXVI. Cronograma de preinversión ejecución del alcantarillado sanitario**

### **3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DEL FILTRO PARA PURIFICAR EL AGUA EN LA ALDEA CRUZ BLANCA, MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ**

#### **3.1. Teoría de la filtración**

La filtración es un sistema complejo, que consiste en la remoción de partículas y microorganismos presentes en el agua, que atraviesan en un medio poroso y que no han quedado retenidos en los procesos de sedimentación y coagulación.

La correcta concepción de un filtro dependerá de las características del efluente y el medio filtrante, que darán como resultado la máxima eficiencia, operación aplicada en una planta de tratamiento como proceso final, produciendo agua de calidad bajo los parámetros de potabilidad.

#### **3.2. Clases de filtros**

Se diferencian por su construcción, funcionamiento de lavado y velocidad, filtros lentos y filtros rápidos.

En general, los filtros más utilizados para la purificación de agua son los llamados filtros de arena, que a su vez se dividen en los de acción rápida y acción lenta.

#### **a) Filtros de arena de acción lenta**

En los filtros de acción lenta, el agua atraviesa por gravedad a través de la arena a baja velocidad que varía de 1,870 a 9,350 lts/día/m<sup>2</sup> (1.30 – 6.52 lts/min/m<sup>2</sup>), previo a un tratamiento del agua antes de pasar por los filtros.

#### **b) Filtros de arena de acción rápida**

En filtración de arena de acción rápida con superficie libre, el agua desciende a través de la arena a una velocidad que varía de 117,000 a 176,000 lts/día/m<sup>2</sup> (81.5 a 122.2 lts/min/m<sup>2</sup>). Como tratamiento previo es necesario aplicarle un coagulante para quitar la mayor parte de las materias en suspensión por asentamiento. Para la limpieza del filtro se invierte el sentido de la corriente que expande y lava la arena y se lleva al desagüe los sólidos acumulados. Para el diseño del filtro en la aldea Cruz Blanca se utilizarán de arena de acción rápida.

### **3.3. Filtros de gravedad**

Estos funcionan por la acción del propio peso del agua que atraviesa la arena, el cual tiene superficie libre al aire atmosférico, su construcción es de concreto reforzado.

En la parte del fondo tiene un sistema de drenaje, su función es recoger el agua filtrada, sobre el bajo-dren es colocada una capa de piedra graduada, antracita y sobre ella el medio filtrante. El filtro a construir en la aldea Cruz Blanca funcionará por gravedad.

### **3.4. Filtros de presión**

Son contruidos de metal, por medio de un tanque cerrado que permite que la filtración sea forzada por la acción de una presión relativamente alta.

En la mayoría de este tipo de filtros , el agua ingresa por la parte de arriba de la unidad y se distribuye por medio de un canal o tubo perforado y se filtra al ascender a través del medio filtrante. Posee un sistema de drenaje inferior igual a los usados en unidades de gravedad, el cual se descarga a través de un tubo múltiple principal.

Su construcción es de dos formas: vertical que permite filtración en pequeñas cantidades de agua y horizontal con volúmenes mayores de agua. Los filtros verticales son los mas satisfactorios, mientras que en los horizontales hay deficiencia en la filtración, ya que en el lecho de grava tiende a tomar ondulaciones en forma de aberturas y colinas sobre el cual descansa el medio filtrante, que permiten el paso libre del efluente.

### **3.5. Características generales de las unidades**

Se presentan las características más comunes a todas las unidades de filtración por gravedad

#### **I. Filtros con flujo descendente**

1. Rápidos con lecho de un solo material
  - a) De arena sola
  - b) De antracita sola

2. Filtros con lecho múltiple
  - a) De antracita y arena
  - b) De antracita, arena y granate o ilmenita

3. Lentos con lecho de un solo material
  - a) De arena convencionales.
  - b) De arena dinámicos.

- II. Filtros con flujo ascendente
  - a) De alta carga superficial, rápidos
  - b) De baja carga superficial, lentos

- III. Filtros con flujo mixto, parte descendente y ascendente

- IV. Filtros de diatomácea

Los filtros utilizados más comunes en plantas de tratamiento son los de flujo descendente. Una comparación para el diseño de estos filtros, se establecen en la siguientes tablas.

**Tabla XXVII. Carga superficial de filtración**

Descripción	Carga superficial de filtración			
		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	235	350
Filtro rápido con lecho mixto, arena y antracita	lts/s/m <sup>2</sup>	2.72	4.05	6.83
		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	87.5	117.50
Filtro rápido con lecho de arena	lts/s/m <sup>2</sup>	1.04	1.36	2.03
		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	7.00	9.33
Filtro lento con lecho de arena	lts/s/m <sup>2</sup>	0.081	0.108	0.162

**Tabla XXVIII. Tratamiento previo del agua para la filtración**

<b>Descripción</b>	<b>Tratamiento previo del agua</b>
Filtro rápido con lecho mixto, arena y antracita	Coagulación, floculación y sedimentación
Filtro rápido con lecho de arena	Coagulación, floculación y sedimentación
Filtro lento con lecho de arena	Ninguno o aireación, rara vez floculación y sedimentación

**Tabla XXIX. Costo de construcción para filtros**

<b>Descripción</b>	<b>Costo de construcción</b>
Filtro rápido con lecho mixto, arena y antracita	Mas bajo que el de los filtros rápidos de arena
Filtro rápido con lecho de arena	Más bajo que el de los filtros lentos
Filtro lento con lecho de arena	Alto

**Tabla XXX. Costo de operación para filtros**

<b>Descripción</b>	<b>Costo de operación</b>
Filtro rápido con lecho mixto, arena y antracita	Igual al de los filtros rápidos de arena
Filtro rápido con lecho de arena	Más alto que el de los filtros lentos
Filtro lento con lecho de arena	Bajo

### **3.6. Variables que afectan a la filtración**

#### **a) Espesor de la torta**

El espesor de la torta es determinante en el buen funcionamiento para determinar la capacidad y el diseño de un filtro, así como el ciclo de operación. La velocidad promedio de flujo es inversamente proporcional a la cantidad de torta depositada, también es directamente proporcional al cuadrado del área de filtración.

Como velocidad promedio de filtración es inversamente proporcional al cuadrado del espesor de la torta de filtración.

#### **b) Viscosidad**

La velocidad de flujo de filtrado en cualquier instante es inversamente proporcional a la viscosidad de filtración.

#### **c) Temperatura**

La viscosidad en la mayor parte de los líquidos disminuye al elevarse la temperatura, en consecuencia las temperaturas más altas permiten velocidades más elevadas de filtración, para un aumento de 20 a 60° C la velocidad de filtración se duplica.

#### **d) Tamaño de las partículas**

En menor tamaño de partículas da como resultado velocidades más bajas de filtración; pero a veces también, una mayor eficiencia de lavado

### **3.7. Mecanismos para la filtración**

Antes ingresar el líquido a los filtros, se produce un proceso químico, aplicando una sustancia con propiedades coagulantes logrando que se neutralicen las cargas eléctricas de las partículas, mecanismo llamado desestabilización, haciendo que se agrupen las partículas en flóculos, para su posterior remoción por medio de la sedimentación y filtración.

El agua ya sea sedimentada o no, contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión. Todo este conjunto queda en mayor o menor proporción retenido en el lecho filtrante, preferentemente adherido a la superficie de sus granos formando una película alrededor de ellos, cuya resistencia al esfuerzo cortante producido por la fuerza de arrastre del flujo es función de la magnitud de las fuerzas que mantienen pegadas las partículas a cada elemento del medio granular. Si estas fuerzas son débiles, el floc será arrastrado por el flujo y penetrará cada vez más, hasta que aparecerá en el efluente. Si en cambio son fuertes, el floc quedará obstaculizando temporalmente al paso del agua.

La filtración es el resultado de dos mecanismos distintos y complementarios: transporte y adherencia. Al inicio las partículas son llevadas a la superficie de los granos del medio filtrante, siendo un fenómeno físico e hidráulico, influenciado por factores que gobiernan la transferencia de masas. Los mecanismos que pueden realizar el transporte son:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Impacto inercial
- Acción hidrodinámica

La adherencia se basa en el fenómeno de acción superficial e influenciado por parámetros físicos y químicos, resistiendo la acción de unión, hasta la remoción de los mismos en el lavado. Los que pueden realizar la adherencia son:

- Fuerzas de *Van der Waals*
- Fuerzas electroquímicas

### **3.8. Sistema de drenaje inferior**

Los sistemas de drenaje inferior o también denominados pisos de los filtros, cumplen las siguientes funciones:

1. Sostener el lecho filtrante.
2. Recolectar y extraer le agua filtrada.
3. Distribuir uniformemente el agua de lavado ascensional en el lecho filtrante.

Otra función secundaria es la evacuación de soluciones químicas aplicados a los lechos filtrantes que se utilizan para:

1. Aflojar y remover las incrustaciones acumuladas sobre los granos del filtro.
2. Romper las bolas de lodo que se forman y desarrollan entre los granos de apoyo y los que filtran.

Cuando los sistemas de drenajes no distribuyen uniformemente el agua de lavado, desestratifican la grava, en consecuencia hay pérdidas del medio granular y deficiencia en la limpieza de los granos. Para los sistemas de drenaje inferior se pueden clasificar en tres tipos:

1. Tuberías perforadas
2. Falsos fondos
3. Placas porosas

### **3.8.1. Fondos falsos**

Dentro de los más utilizados para los pisos de los filtros están:

1. Fondo *Wheeler*
2. Fondo *Leopold*
3. Boquillas
4. Prefabricados

El fondo *wheeler*, consiste en una losa de concreto reforzado, situada de 10 a 50 centímetros sobre el fondo del filtro, provista de orificios troncocónicos por donde atraviesa el agua filtrada, para su estudio se enfatiza el sistema de fondo *Wheeler*, los cuales son:

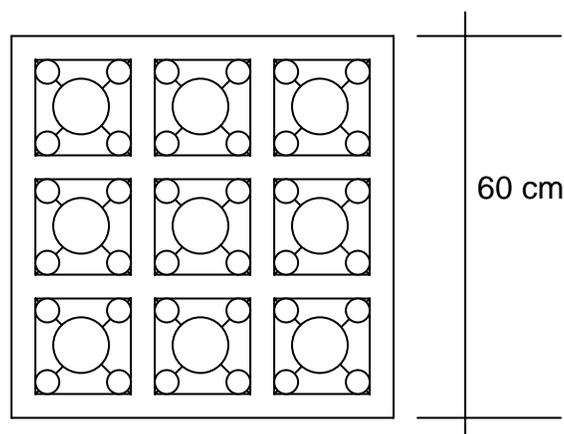
**a) Fondo *Wheeler* con losas prefabricadas:**

Este tipo de fondo comprende una losa prefabricada de concreto de 0.6 metros de largo, 0.60 metros de ancho y 0.10 metros de espesor, las cuales poseen 9 fosos tronco piramidales de 0.15 metros en su base y 0.15 metros de altura, en las cuales se colocan 5 esferas de porcelana, una de 76.20 mm (3pulgadas) y cuatro de 38.10 mm (1-1/2 pulgada) de diámetro. La parte inferior es un agujero de 19 mm (3/4 pulgadas). Ver figura 4.

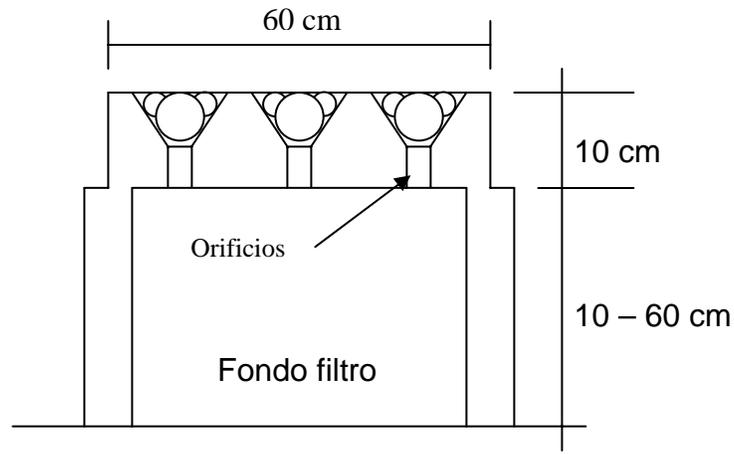
**Tabla XXXI. Características de la capa soporte fondo tipo *Wheeler* con losa prefabricada**

Subcapa	Espesor (cm)	Tamaño (mm)	Tamaño (plg)
1 <sup>a</sup>	7.50	4.80 - 9.50	3/16 – 3/8
2 <sup>a</sup>	7.50	9.50 – 15.90	3/8 – 5/8
3 <sup>a</sup>	7.50	15.90 – 25.40	5/8 – 1
4 <sup>a</sup>	12.5	25.40 – 31.7	1 - 1 ¼
Total	35		

**Figura 4. Fondo *Wheeler* losa prefabricada**



continuación



**b) Fondo Wheeler Hidro Cone:**

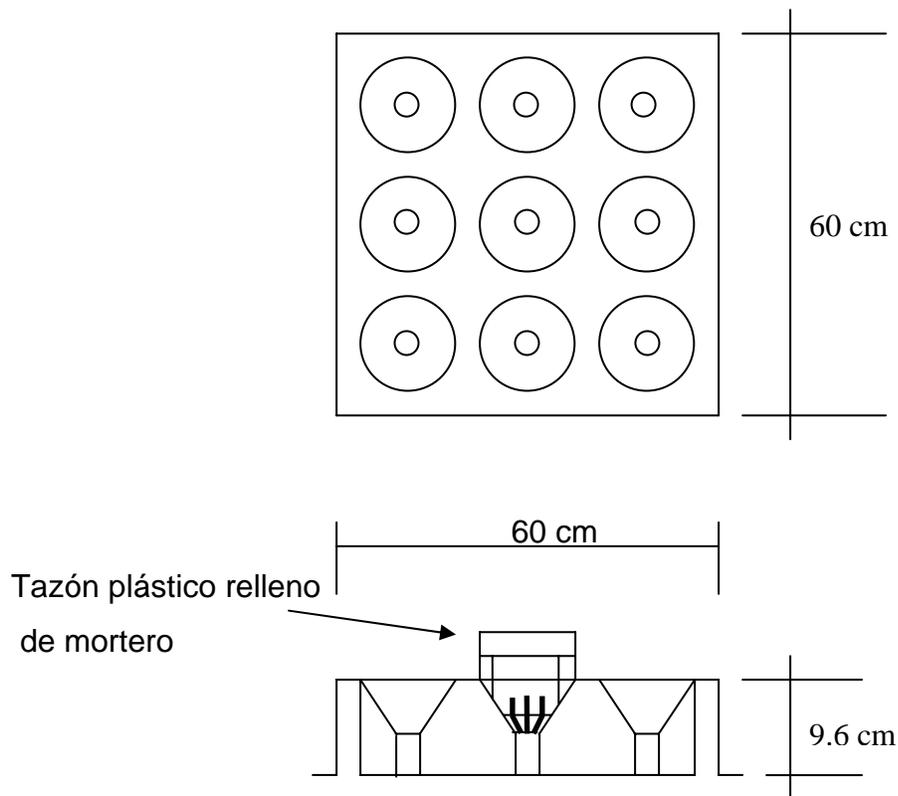
Consiste en losas prefabricadas de concreto de 0.60 metros en su base, 0.60 metros de altura y 0.076 metros de espesor, con 9 depresiones troncocónicas de 10 centímetros de diámetro mayor, con un agujero de 12.7 ó 15.88 mm de diámetro inferior. En los conos se colocan tazones rellenos de mortero (ver figura 5). Para este tipo de fondo se recomiendan los siguientes tamaños y espesores de grava:

**Tabla XXXII. Características de la capa soporte fondo tipo Wheeler Hidro Cone**

Capa No.	Espesor de grava		Tamaño en pulgadas
	Centímetros	Pulgadas	
1	7.60	3	3/8 a 5/8
2	7.60	3	3/16 a 3/8
3	7.60	3	Malla # 10 a 3/16
Total	22.8	9	

La malla # 10 es de 2.00mm (0.079 pulgadas), con un espesor recomendado de arena de 68.6 a 76.2 centímetros (27 a 30 pulgadas), pérdida de carga con lavado ascensional de 80 cm/min es de aproximadamente 44 cm.

**Figura 5. Fondo Wheeler Hidro Cone**



**c) Fondos prefabricados:**

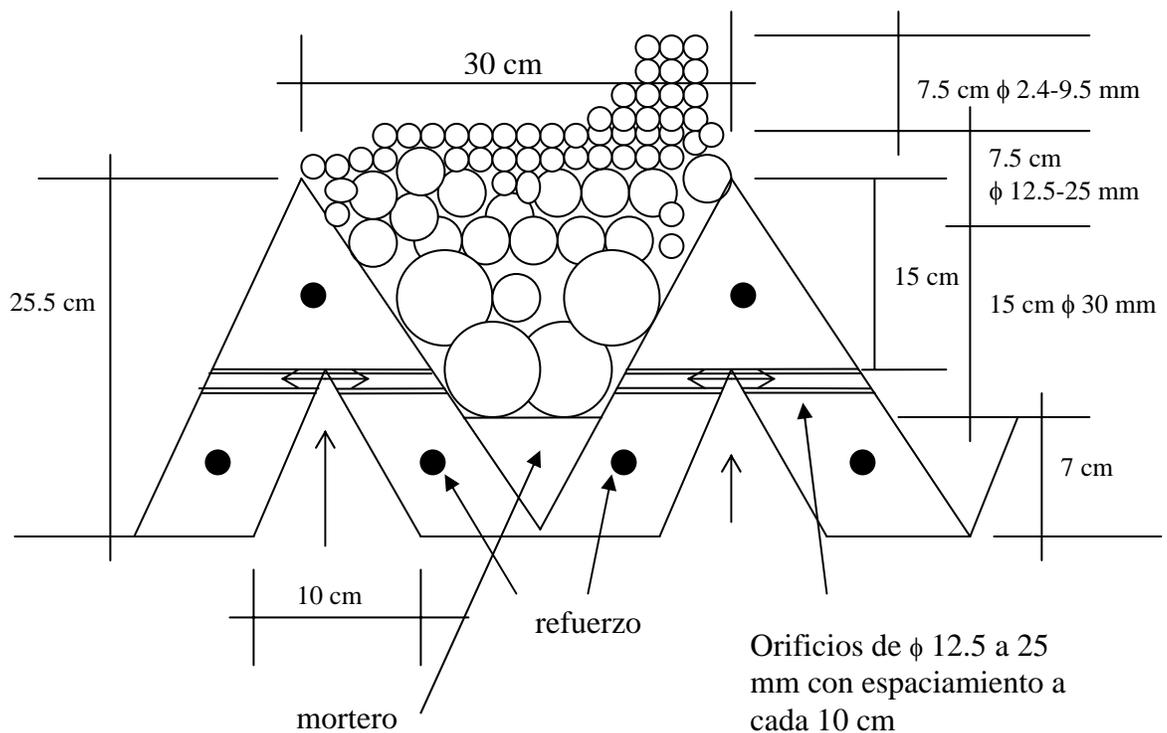
Estos son construidos de concreto prefabricado, el cual consiste en viguetas en forma de v invertidas, que se apoyan a cada lado del filtro y atravesadas por segmentos de tubos o niples plásticos de 12.70 a 25.40 mm (1/2 a 1 plg), colocadas a cada 10 a 20 cm a centro.

El espesor de la vigueta depende de la luz que cubre, cubriéndose en la parte inferior de la pirámide con mortero para mantener la infiltración y salga el agua por los orificios, la grava tendrá un grueso de 2 pulgadas.

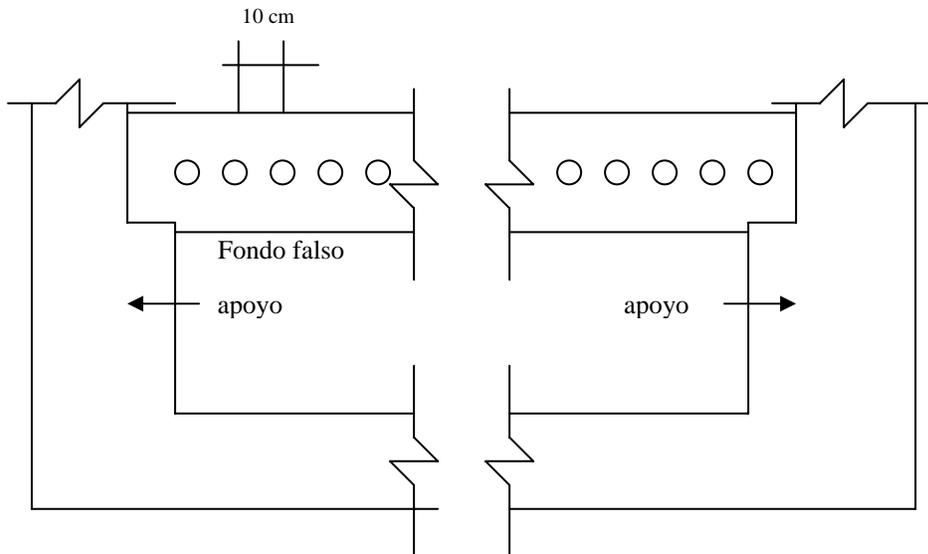
Este tipo de fondo produce pérdidas de agua de 20 a 80 cm, con espaciamientos de orificios de 10 y 20 cm respectivamente.

Debido a la poca pérdida de carga que ofrece este tipo de drenaje, será utilizado para el diseño del filtro en la aldea Cruz Blanca.

**Figura 6. Fondo falso con vigas prefabricadas**



Continuación



### 3.8.2. Altura de los fondos falsos

La altura de los fondos falsos deben ser suficientes para que el tubo del efluente se coloque con facilidad. Azevedo Netto sugiere el siguiente criterio:

$$H = D + 250 \text{ mm}$$

$$D + 250 \text{ mm} \geq 500 \text{ mm}$$

Donde:

H = Altura de fondo falso en mm.

D = Diámetro del tubo de lavado en mm.

### 3.9. Lavado de los filtros

El lavado de filtro es un mecanismo manual, y se hace cuando la pérdida de carga sea igual a la presión estática sobre el fondo del lecho, inyectándole agua en la parte de abajo del filtro, con el objetivo de separar toda material que ha quedado retenido entre ellos en la operación de filtrado.

La mayoría de los problemas en la filtración se originan en el lavado, que es deficiente e incapaz de desprender la película que recubre los granos del lecho y romper las grietas o cavidades en donde se acumula el material que trae el agua.

Cuando el lavado sea hecho y reiniciado el sistema de filtro, alguna materia no removida quedará en el lecho atrapado entre los granos, progresando y haciendo que la superficie del filtro descienda lentamente, alrededor de las paredes por lo general, llegando donde se localiza la grava.

En estas condiciones, el filtro deja de ser útil como proceso de tratamiento y debe ser reconstruido totalmente.

Como medida preventiva debe hacerse con sumo cuidado el lavado, para producir una uniforme distribución del flujo ascendente.

El flujo de lavado para filtros puede provenir de:

- a) Tanque elevado.
- b) Sistema de bombeo.
- c) Otros filtros trabajando en paralelo. (sistema utilizado para el diseño en la aldea Cruz Blanca)

### **3.9.1. Lavado con flujo proveniente de las otras unidades**

Se basa este sistema en el hecho que si se deja la salida del afluente a un nivel mayor de la canaleta de lavado y se interconectan los filtros al abrir la válvula de drenaje, el nivel en la caja de la unidad que se quiere lavar desciende con lo que se establece una carga hidráulica (hL), ver figura 7, que invierte el sentido del flujo en el lecho filtrante y efectúa el lavado.

Cuando se llega a la máxima pérdida de carga permisible por filtración ( $h_f$ ), el nivel del agua sube hasta la cota N y es necesario lavar un filtro para lo cual se abre la válvula o compuerta A, de modo que el nivel en él descienda rápidamente. En esas condiciones se establece una carga negativa ( $h_L$ ) y el flujo se invierte. Para que esto sea posible el gasto de todas las unidades deben ser por lo menos igual al necesario para lavar una, de lo contrario el nivel en el canal B descendería y la presión de lavado  $h_L$  podría ser insuficiente. Por lo general, debe haber un mínimo de cuatro unidades. El valor necesario de  $h_L$  para producir una determinada expansión es función de:

- Pérdida de carga en los drenajes.
- Pérdida de carga para mantener el medio granular suspendido.

Si se diseña adecuadamente el sistema de drenaje, se puede conseguir pérdidas por fricción de sólo 20 –30 cm. El uso de sistemas de drenaje patentado, por lo general, produce pérdida mucho mayores, por cuanto están diseñados para compensar la alta velocidad de entrada a través del tubo afluente con la alta pérdida de carga en los orificios que distribuyen el flujo de manera uniforme en toda el área del filtro. Interconectando los drenajes esto no es necesario ya que se puede disminuir, casi completamente la velocidad de entrada de flujo de lavado, lo que permite trabajar con bajas pérdidas de carga en los orificios distribuidos del fondo.

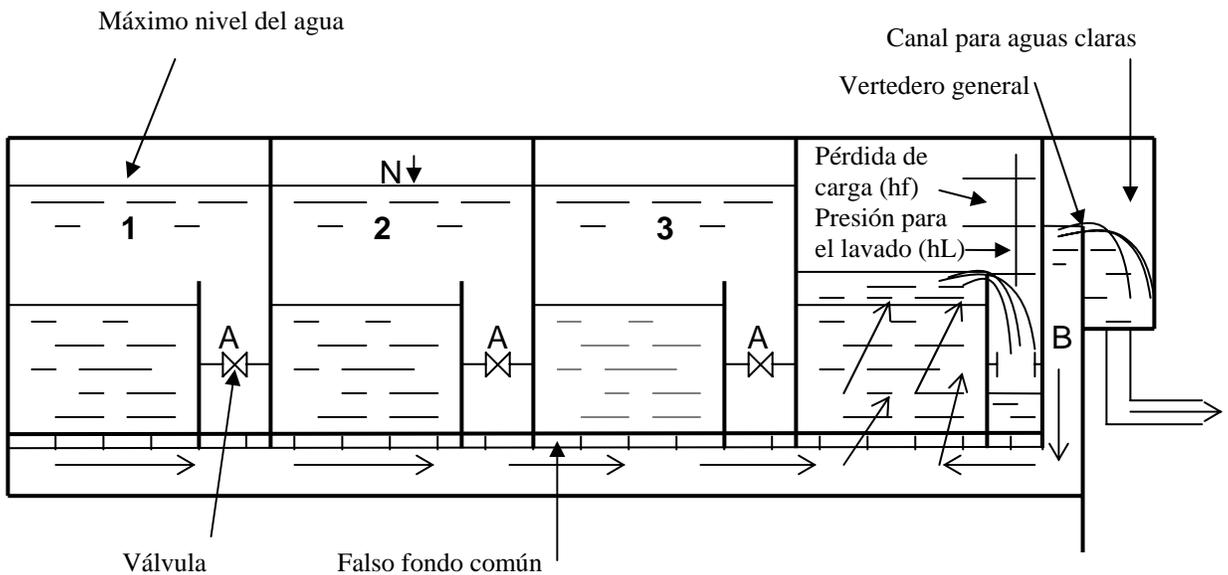
La pérdida de carga para mantener el medio suspendido es de sólo 50-70 centímetros cuando se usa arena y antracita. Por tanto la pérdida de carga total para lavar un filtro por este sistema es de sólo 70 a 100 centímetros, lo que permite la construcción de estructuras sólo ligeramente más profundas que las convencionales.

Las pérdidas por fricción en los conductos son las que causan la sobre elevación de los tanques de lavado y el consiguiente desperdicio de energía.

Este sistema de lavado tiene las siguientes ventajas:

- La expansión del lecho se inicia lentamente, al ir descendiendo el nivel de agua por debajo del vertedero de salida general I, la velocidad del flujo ascendente va aumentando con el tiempo.
- No se requiere equipo mecánico, ni tanque elevado, ni controlador de rata o carga superficial de lavado.
- Se necesita un mínimo de válvulas y tuberías.

**Figura 7. Lavado de un filtro con el flujo de las otras unidades**



### **3.10. Especificaciones para el diseño**

#### **3.10.1. Velocidad de filtración**

Debe haber un mínimo de 4 unidades que puedan operar con una carga superficial mínima de 240 m/día para producir una velocidad ascendente mínima de 0.60 m/min.

Esto se logra utilizando lechos de arena y antracita, ya que los lechos de arena sola, por lo general, no pueden trabajar con tan altas velocidades como las que se requieren en este caso.

#### **3.10.2. Profundidad del lecho y materiales filtrantes**

##### **a) Arena**

La arena está compuesta de material silíceo, conteniendo un alto porcentaje de cuarzo, libres de arcilla, limo, basura y material orgánico y no debe contener hierro o manganeso. No más del 1 % de los granos deber ser mayor de 2.0 mm o menor de 0.3 mm de diámetro, con una dureza de 7 en la escala de Moh y un peso específico recomendado deberá ser mayor de 2.50 g/cm<sup>3</sup>. La porosidad de la arena se recomienda que este entre 40 y 46 %.

Considerando el período de filtración y el grado de turbiedad de entrada del agua a los lechos de arena, las profundidades se han encontrado alrededor de 60 y 70 centímetros.

Para la filtración conviene el tamaño de la arena:

- Que impida el paso de flóculos por los filtros.
- Que los retenga flojamente para facilitar el lavado e impedir la formación de depósitos de lecho.
- Que retenga el mayor número de flóculos que sea posible sin producir obstrucción.

Para el lavado conviene el tamaño de la arena:

- Que se lave por si sola y esté exenta de flóculos adheridos al finalizar la operación de lavado.
- Permitir el paso del agua con una velocidad que sea suficiente para que ésta se lleve todos los sedimentos sin pérdida de arena.

#### **b) Antracita**

Debe tener una dureza de 2.70 o mayor en la escala de Moh, su peso específico no debe ser menor de 1.40. El contenido de carbono libre no debe ser menor del 85 % del peso.

Una de las propiedades del carbón o antracita debe ser la durabilidad, debido a que son arrastradas por el flujo de lavado, con lo que el volumen y altura del medio en los filtros se disminuye. Su porosidad varía entre el 56 y 60 % y su capacidad de retención de material es mayor que el de la arena. Se usan tamaños efectivos entre 0.80 y 1.40 mm cuando se utilizan en los lechos múltiples de arena y antracita.

### c) Grava

La grava sirve de soporte al lecho de arena durante la operación de filtrado, para evitar que ésta se escape por los drenajes, y distribuir el agua de lavado. La grava deberá ser de piedras duras y redondeadas, no teniendo más del 2 % de piezas delgadas, planas o alargadas. Con un peso específico no menor de 2.5 g/cm<sup>3</sup>. Si se cuenta con depósitos adecuados de grava densa se estipulará un promedio de 2.6 g/cm<sup>3</sup> en vez de 2.5 g/cm<sup>3</sup>.

La grava según sea la selección manual se debe encontrar libre de esquistos o pizarra, arcilla, arena, basura o impurezas de cualquier clase. La colocación será orientada de tal manera que los granos gruesos se dirijan hacia abajo y los finos hacia arriba, no debe presentar irregularidades en el momento del arreglo.

Para graduar apropiadamente las capas intermedias se recomienda:

- El tamaño mínimo de las partículas de cualquier capa debe ser tan grande como el tamaño máximo de las partículas de la capa superior.
- En la misma capa, de preferencia el tamaño máximo de las partículas, no debe ser mayor del doble del tamaño mínimo de las partículas y en ningún caso debe ser mayor del triple del tamaño mínimo.
- El espesor de cualquier capa de grava no debe ser menor de 0.05 metros (2 pulgadas), ni menor del doble del tamaño máximo de la grava, según la que sea mayor.
- La capa del fondo debe ser de suficiente espesor para cubrir los colectores de desagüe, las coladeras y otras irregularidades en el fondo del filtro.

- Para drenajes con orificios mayores de 5 mm (falsos fondos), se usan de 40 a 45 cm de gravas.

### **3.10.3. Dimensiones de los filtros y los conductos**

Par que los filtros puedan trabajar correctamente deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- La entrada deber ser capaz de transportar el flujo que requiera una unidad en cualquier momento con un mínimo de pérdida de carga y las compuertas de entrada de dicho flujo deber quedar siempre debajo del nivel de equilibrio que se establece en los filtros al comienzo.
- Debe ser posible aislar cada unidad, cuando sea necesario, sin restringir la libre circulación del agua de lavado entre las otras unidades filtrantes que están conectadas.

Por lo general la profundidad de las unidades filtrantes, incluyendo la altura libre superior de un pie (30.48 cm), es diez y seis pies (5 metros).

Para el cálculo de las unidades de filtración, se proporciona a continuación la secuencia de criterios para la dimensión de la batería.

#### **a) Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo**

La sección de cada filtro ( $A_f$ ) debe ser tal, que al pasar el total del caudal ( $Q_d$ ) por un filtro, se produzca la velocidad de lavado ( $V_L$ ) adecuada para expandir el medio filtrante seleccionado.

$$A_f = \frac{Q_d}{V_L}$$

De lo anterior se deduce que la batería no trabajará con un caudal menor que el caudal de lavado de un filtro, porque no se obtendría la velocidad de lavado adecuada, ( $Q_d \geq Q_L$ ).

El número de filtros de la batería (N) se obtiene relacionando el área total necesaria de filtros ( $A_t$ ) de acuerdo la tasa de filtración seleccionada, y el área de una unidad ( $A_f$ ) en función de la velocidad de lavado.

$$N = \frac{A_t}{A_f}$$

La capacidad de las canaletas de lavado se calculan mediante el criterio:

$$H^{3/2} = \frac{Q_c}{82.5 w}$$

Donde:

H = Altura útil de la canaleta (m)

w = Ancho interior de la canaleta (m)

Qc = Caudal por canaleta ( m<sup>3</sup>/min)

**b) Criterios de cálculo para evaluar la pérdida de carga producida en todo el recorrido del agua de lavado**

Medio filtrante:

$$h_{L1} = (1 - \epsilon_0) \cdot 10 (\rho_s - \rho_a)$$

Donde:

$\epsilon_0$  = Porosidad del medio filtrante estático

$l_0$  = Espesor del medio filtrante estático (m)

$\rho_s$  = Densidad del material filtrante (Kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_a$  = Densidad del agua (Kg/m<sup>3</sup>)

Canaletas de lavado:

$$h_{L2} = (Q_d / 1.84 (2 n L_c))^{2/3}$$

Donde:

$n$  = Número de canaletas

$L_c$  = Longitud de cada canaleta

$Q_d$  = Caudal de diseño de la batería

En el drenaje de viguetas prefabricadas

$$h_{L3} = (q_0^2 / 2 C_d^2 A_0^2 g)$$

Donde:

$q_0$  = Caudal por cada orificio (m<sup>3</sup>/s)

$C_d$  = Coeficiente de descarga (0.60 – 0.65 )

$A_0$  = Área de cada orificio ( m<sup>2</sup> )

$g$  = Aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Pérdida de carga en canales y orificios:

$$h_{L4} = \frac{K V^2}{2 g}$$

Donde:

K = Coeficiente de pérdida de carga

V = Velocidad de paso del caudal de lavado (m/s)

Posición del vertedero general de salida

Nivel vertedero (NV) = Nivel borde superior canaletas de lavado +  $\sum hL$ .

**c) Criterios de cálculo para evaluar la carga hidráulica disponible en relación a la tasa de filtración promedio**

Para el cálculo de la carga hidráulica del sistema se dispone de los modelos matemáticos, ya que es necesario un dato que refleje las pérdidas de carga en el filtro para definir esta altura. Si es insuficiente se obtendrán carreras de filtración muy cortas, y si se exagera, producirá velocidades iniciales muy altas en el filtro recién lavado.

Para la aplicación de los modelos matemáticos o gráficos se requiere determinar la ecuación de la pérdida de carga en función de la tasa de filtración.

$$H = A (Vf)^2 + B (Vf)^L + C (Vf)^M + D (Vf)$$

Donde:

H = Pérdida de carga total (m)

Vf = Tasa de filtración promedio (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día)

A, B, C, D = Constantes

Para la obtención de esta ecuación se calculan todas las pérdidas de carga iniciales durante el proceso de filtración bajo los siguientes criterios:

Medio filtrante: arena y/o antracita

$$Hf1 = \left( \frac{180 \cdot \nu \cdot (1 - \epsilon_0)^2}{g \cdot \epsilon_0^3 \cdot Ce^3} \right) \cdot \sum \left( \frac{i}{di^2} \right) \cdot L \cdot Vf$$

Ecuación de la forma:  $Hf1 = D(Vf)$

$$di^2 = di(\text{min}) \times di(\text{max})$$

Donde:

$\nu$  = viscosidad (cm/s)

$\epsilon_0$  = Porosidad del medio filtrante estático

$Ce$  = Coeficiente de esfericidad

$\xi$  = Fracción del lecho filtrante que ocupan las capas

$di(\text{min})$  = Diámetro más fino de la capa del medio filtrante (cm)

$di(\text{max})$  = Diámetro más grueso de la capa del medio filtrante (cm)

$L$  = Altura del lecho filtrante estático (m)

Drenaje:

$$Hf2 = q_0^2 / (2 C_d^2 A_o^2 g)$$

$$q_0 = (Vf \cdot Af) / (Nt \cdot 86400)$$

Ecuación de la forma:  $Hf2 = B (Vf)^L$

Donde:

$q_0$  = Caudal por cada orificio ( $m^3/s$ )

$C_d$  = Coeficiente de descarga (0.60 – 0.65)

$A_o$  = Área de cada orificio ( $m^2$ )

$g$  = Aceleración de gravedad ( $m/s^2$ )

$Vf$  = Tasa de filtración promedio ( $m^3/m^2/día$ )

$A_f$  = Área de cada filtro ( $m^2$ )

$N_t$  = Número total de orificios en el drenaje

Vertedero de salida:

$$Hf_3 = Qd^{2/3} / 1.84 L$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño de la batería ( m<sup>3</sup>/s)

L = Longitud de cresta del vertedero (m)

$$Qd = \frac{Vf Af N}{86,400}$$

$$86,400$$

Donde:

N = Número de filtros en la batería

Ecuación de la forma:  $Hf_3 = C (Vf)^M$

Compuerta de entrada ( y de salida si hubiese):

$$Hf_4 = \frac{KV^2}{2g} \quad ; \quad V = \frac{Vf Af}{Ac}$$

Donde:

Ac = Sección de la compuerta

$$Hf_4 = \frac{(Vf \times Af)}{Ac} 2g$$

Falso fondo

$$Hf_5 = \frac{K V^2}{2g} \quad ; \quad V = \frac{Vf Af}{Aff}$$

Donde:

Aff = Sección del falso fondo (m<sup>2</sup>)

Ecuación de la forma:  $Hf_3 = A (Vf)^2$

Obtenida la ecuación de pérdida de carga del filtro, se puede determinar la carga hidráulica que se debe asignar a la batería de filtros para que cuando un filtro recién lavado entre en funcionamiento, la velocidad máxima que se dé en estas condiciones no sea mayor de 1.5 veces la velocidad de filtración promedio o sea:

$$\frac{Vf_{max}}{Vf} \leq 1.50$$

Para este cálculo se efectúan pruebas asumiendo diferentes valores de carga y comprobando cuál es la relación de tasa máxima y la tasa promedio, el cual se asumió de 116 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día para este caso, hasta obtener la relación recomendada.

#### **3.10.4. Accesorios de los filtros**

Cuando la filtración se hace con carga superficial declinante, el flujo afluyente o efluente no se regula, sino se deja que la velocidad de filtración tome el valor máximo de cada lecho filtrante. El flujo decrece en cada unidad con el tiempo, sin perjuicio de que el caudal producido por todas las unidades sumadas se mantengan constantes.

Por tal razón se utilizan dos compuertas manuales, una de entrada y otra de lavado en cada unidad de filtro para interconectarse o aislamiento.

### **3.10.5. Período de trabajo entre limpieza**

El lavado debe hacerse en un período comprendido entre 12–48 horas; dependiendo de la calidad del agua, para los filtros que trabajan solo algunas horas, se lavan al final de la jornada.

El tiempo fuera de servicio está formado por:

- Tiempo necesario para fluidizar el lecho.
- Tiempo de lavado que es de aproximadamente 2 minutos por cada 30.48 centímetros de profundidad.
- Tiempo para que los granos más pequeños bajen a su lugar anterior por sedimentación.

### **3.11. Diseño de las unidades de filtración**

Para las unidades de filtración se utilizó el sistema de lavado mutuo ya que sus ventajas favorecen para la operación y construcción, siendo este último con un sistema semi-enterrado, debido a la altura que necesitan.

**Tabla XXXIII. Diseño de los filtros purificadores**

**Continuación**

**Continuación**

**Continuación**

**Continuación**

### 3.12. Presupuesto de los filtros para purificar el agua en la aldea Cruz Blanca

El total de unidades de filtración para la purificación del agua es de 8, dimensionadas y utilizando concreto para su construcción (ver plano 10/10).

Se calculan los materiales de construcción como el concreto, acero de refuerzo para la losa y vigas para la canaleta para toda las unidades de filtración. La madera utilizada es calculada por pié-tabla para formaleta y andamios en toda la estructura, colocada más de una vez, utilizando clavo de 3". Debido a la dificultad para el transporte de materiales en el lugar destinado, la comunidad estará apoyando para el mismo.

La supervisión es por parte de un maestro de obras, 3 albañiles y mano de obra no calificada que será un aporte de los vecinos de la aldea, por tal razón no se calcula este reglón

**Tabla XXXIV. Presupuesto de materiales para los filtros**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Cemento	320	Sacos	39.75	12,720.00
Arena de río	23	m³	110.00	2,530.00
Piedrín	23	m³	130.00	2,990.00
Hierro No.2	0.15	qq	138.80	20.82
Hierro No.3	5.8	qq	145.67	844.89
Hierro No.4	1	qq	148.30	148.30
Aalambre de amarre	35	Lbs	3.50	122.50
Formaleta	406.6	Pié-tabla	4.15	1,687.39
Clavo 3"	27	Lbs	3.75	101.25
Arena para filtro + ensayos de laboratorio	1.15	m³	200.00	230.00
Antracita para filtro + ensayos de laboratorio	3.5	m³	225.00	787.50
Piedrín para filtro	2	m³	130.00	260.00
Tubo pvc 1" 125 PSI	8	Tubos	36.53	292.24
Válvula manual de paso	16	Unidad	300.00	4,800.00
<b>Costo de materiales para filtros</b>				<b>27,534.89</b>

**Tabla XXXV. Cronograma de preinversión ejecución de los filtros purificadores**



## CONCLUSIONES

1. Con la construcción de sistema de alcantarillado, en la aldea Cruz Blanca se reducirá la alteración de los sistemas ambientales en el área lítico y el hídrico y padecimientos gastrointestinales existentes, ocasionada por las aguas residuales.
2. Por medio del sistema completo para purificar el agua se estará evitando la propagación de enfermedades en especial la edad infantil.
3. Para que el proyecto a ejecutar funcione como lo esperado, se debe cumplir con las especificaciones y demás información establecida en los planos, unido a una supervisión permanente.
4. Dependiendo del mantenimiento y uso correcto que se haga al sistema de alcantarillado sanitario por parte de la población, éste prestará el servicio en forma correcta.
5. Para que los filtros funcionen correctamente, deben tener un período de lavado mutuo constante, para retirar las partículas adheridas del medio filtrante.



## RECOMENDACIONES

1. Para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, se debe orientar y hacer conciencia a todos los vecinos de la aldea, en no depositar artículos como basura u otros objetos de volumen mayor, que puedan obstaculizar el paso de los líquidos dentro de la tubería, además la conexión de las aguas de lluvia será aprobado en lugares estratégicos y bajo las condiciones antes mencionadas.
2. La asociación de vecinos en la fase de ejecución, debe asignar una comisión para una supervisión adecuada, realizada por personal conocedora del sistema.
3. Los pozos ciegos y letrinas deben estar selladas con concreto reforzado, al estar en funcionamiento el sistema de alcantarillado sanitario.
4. Para los filtros purificadores, es necesario un control sumamente cuidadoso en la colocación del medio filtrante, el espesor y especificaciones de diseño para la arena, antracita o carbón y grava.
5. El proceso de lavado mutuo de los filtros sea en forma periódica, para desprender las partículas acumuladas y adheridas al medio filtrante, realizando tal acción en forma unitaria.
6. La construcción de obras secundarias como piletas con sifón, al inicio de cada ramal para lavar el sistema cada 2 meses y evitar sedimentación.

7. Continuar este trabajo y realizar el proyecto de tratamiento de aguas residuales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Apuntes del curso de Costos, Presupuestos y Avalúos. Catedrático ingeniero Guillermo Melini Salguero, mayo del 2002.
2. Arboleda Valencia, Jorge. **Teoría y práctica de la purificación del agua.** 3ªed.(Tomo 2) Colombia. Editorial McGrawHill. 2000.
3. Boza Quesada, Marvin Estuardo. Diseño y evaluación de una unidad de filtración rápida experimental aplicando criterios de bajo costo. (Tesis: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos – ERIS-, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, noviembre 1995.
4. Fuentes López, Rudy René. Filtros rápidos de gravedad multicelulares de lavado mutuo. Tesis Ing. Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, octubre 1990.
5. Osorio Vasquez, Sedy Eliut. Diseño de la red de drenaje sanitario en San José del Golfo. Tesis Ing. Civil Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, octubre 2001.
6. Quijada Beza, Luis Fernando. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Ilemus de la ciudad de Chiquimula. Tesis Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, marzo 2003.

7. Payac Macz, Carina Elizabeth. Análisis Comparativo del diseño de sistemas de filtración para la potabilización de agua. (Tesis: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS-, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, octubre 1997.
8. Programa regional HPE/OPS/CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.
9. Simmons, Charles Shaffer. **Clasificación de los suelos de la República de Guatemala**. Guatemala. Editorial José de Pineda Ibarra.1959.
10. Suruy Velásquez, Antonio Eliceo. Diseño de la red de alcantarillado sanitario, para la aldea laguna bermeja, municipio de Santa Catarina Pinula, Departamento de Guatemala. Tesis Ing. Civil Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, marzo 2003.
11. Tubovinil S.A. **Norma ASTM 3034 tubería P.V.C. para alcantarillado sanitario**. Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala.
12. Tubovinil S.A. **Instalación de tubería P.V.C.** Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala.

## **ANEXOS**

ANEXO 1	RESULTADOS DE LABORATORIO REALIZADOS AL AGUA
ANEXO 2	PLANOS



## **ANEXO 1**

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO Y  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO





**Figura 8. Análisis físico químico sanitario**

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO					
O.T. No.16752		INF. No. 20962			
INTERESADO: <b>Facultad de Ingeniería –USAC-</b>		PROYECTO: <b>CONTROL DE CALIDAD</b>			
RECOLECTADA POR: <b>Mefiboset N. Navarro G.</b>		DEPENDENCIA: <b>USAC</b>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <b>Aldea Cruz Blanca</b>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <b>2003-07-31; 09 h 43 min.</b>			
FUENTE: <b>Riachuelo Asunción Loma Alta</b>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <b>2003-07-31; 12 h 15 min.</b>			
DEPARTAMENTO: <b>Guatemala</b>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <b>Sin refrigeración</b>			
MUNICIPIO: <b>San Juan Sacatepequez</b>					
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <b>Turbio</b>		4. OLOR: <b>A tierra</b>		7. TEMPERATURA: <b>-- ° C</b> (En el momento de recolección)	
2. COLOR: <b>490,00 Unidades</b>		5. SABOR: <b>-----</b>		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	<b>154,00 μmhos/cm</b>
3. TURBIEDAD: <b>246,00 UNT</b>		6. pH: <b>06,80 unidades</b>			
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,60	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	16,00	11. SOLIDOS TOTALES	374,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,00	7. FLUORUROS ( F <sup>-</sup> )	00,08	12. SOLIDOS VOLÁTILES	273,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	06,38	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	03,00	13. SOLIDOS FIJOS	101,00
4. CLORO RESIDUAL	----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	07,20	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	260,00
5. MANGANESO (Mn)	----	10. DUREZA TOTAL	124,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	85,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	78,00	78,00		

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista físico químico sanitario: COLOR, TURBIEDAD, HIERRO, altos, DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NGO 29001. AMONIACO LIBRE alto según Normas de Calidad para las Fuentes de Agua de la O.M.S.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 19 TH EDITION 1995. NORMA COGUANOR NGO 4 010 ( SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 ( AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), Guatemala.

Guatemala, 2003-08-11

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
 DIRECTOR CII/USAC



*Zenón Much Santos*  
 JEFE DE LABORATORIO  
**ZENÓN MUCH SANTOS**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria







LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
 ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS  
 HIDRÁULICOS (ERIS) – CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)  
 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

**Figura 9. Examen bacteriológico**

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 16752		INF. No. A-173358	
INTERESADO	<u>Facultad de Ingeniería USAC</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Mefiboset N. Navarro</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea Cruz Blanca</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2003-07-31; 09 h 37 min.-</u>
FUENTE:	<u>Riachuelo Asunción Loma Alta</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2003-07-31; 12 h 15 min.</u>
MUNICIPIO:	<u>San Juan Sacatepequez</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Guatemala</u>	SABOR:	<u>-----</u>
SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Gran cantidad</u>
ASPECTO:	<u>turbio</u>	COLOR RESIDUAL	<u>---</u>
OLOR:	<u>a tierra</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,00001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMEENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>6</sup>	> 16 x 10 <sup>6</sup>
TÉCNICA “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER” DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 19 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
CONCLUSION Bacteriológicamente el agua <b>NO ES POTABLE</b> , según NORMA COGUANOR NGO 29001.			
Guatemala, <u>2003-08-11</u>			
Vo.Bo. Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz DIRECTOR CII / USAC		 JEFE DEL LABORATORIO ZENON MUCH SANTOS Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria	



## **ANEXO 2**

PLANOS DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y FILTROS PARA  
PURIFICAR EL AGUA EN LA ALDEA CRUZ BLANCA, MUNICIPIO DE SAN  
JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

