



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA PARROQUIA GUASAGANDA, LA
MANÁ – COTOPAXI”**

TESIS DE GRADO
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:
YOLANDA MARCELA SEMANATE ESQUIVEL

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza de voluntad y la sabiduría necesaria para poder culminar con una etapa más de mi vida; y además por cubrirme siempre con sus benditas bendiciones.

A mis padres, que con su constante compromiso, paciencia y sacrificio me han dado una profesión, por lo que he podido llegar hasta donde estoy.

A mis hermanos, porque queriendo lo mejor para mí, me han animado a seguir adelante.

A mí querido esposo, por su confianza y por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A mis suegros y cuñadas, por su disposición y apoyo incondicional para que yo pueda culminar una etapa más.

Al Ing. Cesar Ávalos y a la Ing. Fernanda Rivera, porque con sus valiosos conocimientos han sabido dirigir ésta tesis para que llegue a un feliz término.

Al presidente de la Junta Parroquial de Guasaganda y a los miembros de la Junta de Agua Potable, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi tesis y por el apoyo recibido.

A mis familiares y amigos, que desinteresadamente de una u otra forma han sabido apoyarme para que yo pueda desarrollar mi tesis.

DEDICATORIA

A mis padres.

Por haberme enseñado con su ejemplo el sentido de la responsabilidad y la constancia de que todo sacrificio tiene su recompensa.

A mi esposo.

Que con su apoyo y amor me ha dado las fuerzas para continuar y no decaer en el intento de cumplir una de mis metas anheladas.

A mi hija.

Que ha sido mi incentivo emocional para culminar mi tesis lo más pronto posible.

A mis hermanos.

Que con su cariño y comprensión me han animado para que yo siga en pie con mis proyectos a lo largo de mi vida estudiantil.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés

DIRECTOR ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ing. Cesar Ávalos

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Fernanda Rivera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Sr. Carlos Rodríguez

DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

NOTA DE LA TESIS

“Yo, Yolanda Marcela Semanate Esquivel, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela

YOLANDA MARCELA SEMANATE ESQUIVEL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Población Futura	Pf
Población actual	Po
Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje	I
Número de años de estudio o período de diseño	t
Dotación Básica	DB
Dotación futura	DF
Factor de Mayorización	FM
Caudal medio diario	Qmd
Caudal máximo diario	QMáx.d
Caudal máximo horario	QMáx.h
Coefficiente de variación máxima diaria	K ₁
Coefficiente de variación máxima horaria	K ₂
Volumen de regulación	V _r
Volumen de protección contra incendio	V _I
Población en miles de habitantes	P
Volumen total de almacenamiento	V _A
Velocidad de sedimentación	V _s
Gravedad	g
Diámetro de las partículas	D
Peso específico de la partícula	ρ _s
Densidad del líquido	ρ _w

Viscosidad dinámica del líquido a 21°C	μ
Velocidad de sedimentación crítica	V_{SC}
Velocidad Horizontal	V_h
Velocidad de arrastre	V_a
Factor de seguridad	f
Tiempo de caída	t_c
Profundidad del desarenador	H
Tiempo de retención	t_r
Superficie del desarenador	A
Largo del desarenador	L
Ancho del desarenador	B
Área efectiva	A_e
Caudal de captación	$Q_{CAPTACIÓN}$
Volumen del desarenador	V
Número de orificios	N_o
Área de cada orificio	F_i
Número de desarenadores	N
Velocidad del caudal a través de los orificios	V_c
Separación entre la pared y la pantalla deflectora	d_P
Radio hidráulico	R_H
Altura de los orificios	h
Diámetro hidráulico	D_H
Caudal por cada orificio	Q_i
Nivel Piezométrico	Z

Coeficiente de descarga	C_D
Variación de nivel piezométrico	Δ_z
Coeficiente de fricción	C_F
Variación de caudal en los orificios	Δ_q
Carga del vertedero	W_l
Número de canaletas	N_C
Número de lados por canaleta	a
Longitud de la canaleta en m	l
Altura de agua por encima de la cresta del vertedero	H_W
Ancho del vertedero rectangular	B_V
Altura a la salida del desarenador	H'
Pendiente de fondo del desarenador	m
Caudal de diseño para cada filtro dinámico	Q_d
Número de filtros	n_f
Superficie de filtración para cada filtro	A_F
Velocidad de filtración	V_F
Ancho del filtro	B_F
Longitud del filtro	L_F
Altura del lecho filtrante	H_{LF}
Espesor de la capa de arena	e_a
Espesor de la capa de grava	e_g
Espesor del sistema de drenaje (grava)	e_{sd}
Espesor de la capa de carbón activado granular	e_{ca}
Borde libre	B_l

Altura de agua sobrenadante	h_s
Velocidad en la tubería	V_T
Diámetro de la tubería	D_T
Área de cada orificio	A_O
Caudal que ingresa a cada orificio	Q_O
Área de cada orificio	A_O
Velocidad por cada orificio	v_O
Número de laterales	$\#_{\text{Laterales}}$
Número de laterales por lado	n
Longitud del filtro	L_F
Separación entre laterales	d_L
Longitud de cada lateral	L_L
Diámetro de cada orificio	D_O
Número de orificios por lateral	$\#_{\text{Orificios por Lateral}}$
Espacio entre orificios	e_O
Número total de orificios	$\#_{\text{Total de Orificios}}$
Área total de orificios	A_{TO}
Volumen del tanque de almacenamiento	V_{Tanque}
Tiempo de retención del agua en el tanque	t_R
Altura del tanque de almacenamiento	H_{Tanque}
Volumen del tanque de almacenamiento	V_{Tanque}
Área del tanque de almacenamiento	A_{Tanque}
Peso de hipoclorito necesario	$P_{\text{Hipoclorito}}$
Dosificación de cloro necesaria	D_{Cl}

Período de almacenamiento de la solución	$t_{\text{Almacenamiento}}$
Concentración de cloro activo en el hipoclorito de calcio	C_{Cl}
Tiempo de contacto	t_{Contacto}
Concentración de hipoclorito de calcio	$C_{\text{Hipoclorito}}$
Volumen del hipoclorador	$V_{\text{Hipoclorador}}$

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	26
1 MARCO TEÓRICO.....	27
1.1 AGUA.....	27
1.2 AGUA DE ORIGEN SUPERFICIAL	27
1.2.1 Parámetros que determinan la calidad del agua	27
1.3 AGUA POTABLE	32
1.3.1 Especificaciones de calidad del agua potable: NTE INEN 1108:2006	32
1.4 POTABILIZACIÓN DEL AGUA	34
1.4.1 Fuente de Abastecimiento.....	34
1.4.2 Captación.....	35
1.4.3 Línea de Conducción	35
1.4.4 Desarenado.....	35
1.4.5 Filtración.....	42
1.4.6 Desinfección.....	47
1.4.7 Tanque de Almacenamiento	48
1.4.8 Red de Distribución	49
1.5 INFORMACIÓN BÁSICA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA	49
1.5.1 Situación Geográfica	49
1.5.2 Climatología	50
1.5.3 Topografía.....	50
1.5.4 Demografía	50
1.6 CONSUMO DE AGUA	51
1.6.1 Dotación Básica	51
1.6.2 Dotación Futura.....	51
1.6.3 VARIACIONES DE CONSUMO	51

1.6.4	CAUDAL.....	52
1.6.5	CAUDALES DE DISEÑO	52
1.7	PERIODO DE DISEÑO	52
1.7.1	Período de Implementación.	53
1.7.2	Período de Utilización del sistema	53
1.8	DIAGRAMA DE INGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	54
1.9	MATERIALES USADOS PARA EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	54
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	57
2.1	MUESTREO.....	57
2.1.1	Para análisis Físico-químicos.....	57
2.1.2	Para análisis microbiológicos	57
2.2	METODOLOGÍA	58
2.2.1	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	58
2.3	PRUEBAS DE TRATABILIDAD	78
2.3.1	PRUEBA DE JARRAS	78
2.4	DATOS EXPERIMENTALES	79
2.4.1	Análisis físico-químicos y microbiológicos antes y después del tratamiento.....	79
2.4.2	Valores medidos In-situ.....	87
2.4.3	Otros datos hallados en el laboratorio.....	87
2.4.4	Datos para la determinación del caudal de la fuente de abastecimiento	88
2.5	DIAGNÓSTICO	89
2.6	DATOS ADICIONALES.....	90
3	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	92
3.1	CÁLCULOS.....	92
3.1.1	Población futura	92
3.1.2	Dotación básica.....	93

3.1.3	Caudal medio diario (Qmd)	93
3.1.4	Caudal máximo diario (QMáx.d).....	93
3.1.5	Caudal máximo horario (QMáx.h)	94
3.1.6	CAUDAL DE DISEÑO	94
3.1.7	Caudal del río.....	94
3.1.8	Densidad del Agua.....	96
3.1.9	Viscosidad del Agua.....	97
3.2	PROCESOS DE POTABILIZACIÓN	97
3.2.1	DESARENADORES.....	97
3.3	FILTROS LENTOS.....	105
3.3.1	Caudal de diseño para cada filtro.....	105
3.3.2	Velocidad de Filtración	105
3.3.3	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO	106
3.3.4	DESINFECCIÓN	110
3.3.5	Dosificación en el hipoclorador	111
3.3.6	Volumen del hipoclorador.....	111
3.4	RESULTADOS.....	111
3.4.1	PROYECCIÓN FUTURA.....	111
3.4.2	PROCESOS DE POTABILIZACIÓN	113
3.5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	115
3.6	PROPUESTA.....	116
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1	CONCLUSIONES	119
4.2	RECOMENDACIONES	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1-1 Especificaciones de Calidad del Agua Potable.....	33
Tabla1-2 Requisitos Microbiológicos	33
Tabla1-3 Número de Unidades a Tomarse de Acuerdo a la Población Servida	33
Tabla1-4 Tiempos de Sedimentación según el Diámetro de la Partícula	36
Tabla1-5 Criterios de Diseño	42
Tabla1-6 Tasas de Filtración para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos.....	43
Tabla1-7 Especificaciones para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos	44
Tabla1-8 Parámetros de Diseños para Drenajes con Tubos Perforados.....	45
Tabla1-9 Caudales de Diseño para los Elementos de un Sistema de Agua Potable	52
Tabla 2-1 Determinaciones Físico-Químicas	58
Tabla 2-2 Determinaciones Microbiológicas	59
Tabla 2-3 Determinación realizadas en campo	59
Tabla 2-4 Potencial de Hidrógeno – pH.....	59
Tabla 2-5 Turbiedad	60
Tabla 2-6 Color	60
Tabla 2-7 Olor.....	61
Tabla 2-8 Temperatura	61
Tabla 2-9 Densidad	62
Tabla 2-10 Conductividad Eléctrica	63
Tabla 2-11 Sólidos Totales Suspendidos	64
Tabla 2-12 Sólidos Totales Disueltos	65
Tabla 2-13 Dureza Total	65
Tabla2-14 Cloruros	66
Tabla 2-15 Hierro.....	67
Tabla 2-16 Calcio.....	68
Tabla 2-17 Magnesio	69
Tabla 2-18 Sulfatos.....	70
Tabla 2-19 Nitritos	70
Tabla 2-20 Nitratos	71
Tabla 2-21 Fosfatos.....	72
Tabla 2-22 Alcalinidad	73
Tabla 2-23 Amonio	74
Tabla 2-24 Coliformes Totales.....	75
Tabla 2-25 Coliformes Fecales	76
Tabla 2-26 Caudal	77
Tabla 2-27 Prueba de Jarras	78
Tabla 2-28 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #1 (2013-04-04).....	79
Tabla 2-29 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #1 (2013-04-04).....	80
Tabla 2-30 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #2 (2013-05-07).....	80

Tabla2-31 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #2 (2013-05-07).....	80
Tabla 2-32 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #3 (2013-08-13).....	81
Tabla 2-33 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #3 (2013-08-13).....	81
Tabla 2-34 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #4 (2013-10-07).....	81
Tabla 2-35 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #4 (2013-10-07).....	82
Tabla 2-36 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	82
Tabla 2-37 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	83
Tabla 2-38 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento de Potabilización – Muestra #4 (2013-10-07).....	83
Tabla 2-39 Condiciones del Tratamiento – Muestra # 4	83
Tabla 2-40 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento 1 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	84
Tabla 2-41 Condiciones del Tratamiento 1 – Muestra #5	84
Tabla 2-42 Análisis Microbiológico del Agua Después del Tratamiento 1 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	84
Tabla 2-43 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento 2 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	85
Tabla 2-44 Condiciones del Tratamiento 2 – Muestra #5	85
Tabla 2-45 Análisis Microbiológico del Agua Después del Tratamiento 2 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25).....	85
Tabla 2-46 Tratamiento con Hipoclorito de Calcio	85
Tabla2-47 Datos de Análisis de Coliformes Totales antes y después del tratamiento	86
Tabla2-48 Datos de Análisis de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento	86
Tabla 2-49 Valores de Temperatura y pH In-situ.....	87
Tabla 2-50 Datos experimentales para el diseño del Desarenador	87
Tabla 2-51 Datos para determinar el caudal del río.....	88
Tabla 2-52 Datos teóricos para el diseño del Desarenador	90
Tabla 2-53 Datos para la proyección futura.....	90
Tabla 3-1 Proyección de la Población	92
Tabla3-2 Resultados de la Proyección Futura (2033).....	111
Tabla3-3 Resultados de los caudales del río en diferentes Fechas	112
Tabla3-4 Resultados del caudal del río y del caudal de captación	112
Tabla3-5 Resultados Desarenador	113
Tabla3-6 Resultados para cada Filtro Lento.....	114
Tabla3-7 Resultados Tanque de Almacenamiento	115
Tabla3-8 Resultados Hipoclorador	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Proceso de Potabilización del Agua por Bombeo	34
Gráfico 1-2 Aguas Superficiales	34
Gráfico 1-3 Sistema de Agua por Gravedad.....	35
Gráfico 1-4 Tipos de Tanques de Almacenamiento.....	48
Gráfico 1-5 Ubicación de Guasaganda.....	50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1.....	36
Ecuación 1-2.....	37
Ecuación 1-3.....	37
Ecuación 1-4.....	37
Ecuación 1-5.....	38
Ecuación 1-6.....	38
Ecuación 1-7.....	38
Ecuación 1-8.....	38
Ecuación 1-9.....	38
Ecuación 1-10.....	39
Ecuación 1-11.....	39
Ecuación 1-12.....	39
Ecuación 1-13.....	40
Ecuación 1-14.....	40
Ecuación 1-15.....	40
Ecuación 1-16.....	40
Ecuación 1-17.....	40
Ecuación 1-18.....	41
Ecuación 1-19.....	41
Ecuación 1-20.....	41
Ecuación 1-21.....	41
Ecuación 1-22.....	41
Ecuación 1-23.....	42
Ecuación 1-24.....	43
Ecuación 1-25.....	43
Ecuación 1-26.....	43
Ecuación 1-27.....	44
Ecuación 1-28.....	44
Ecuación 1-29.....	45
Ecuación 1-30.....	45
Ecuación 1-31.....	45
Ecuación 1-32.....	46
Ecuación 1-33.....	46
Ecuación 1-34.....	46
Ecuación 1-35.....	46
Ecuación 1-36.....	46
Ecuación 1-37.....	47
Ecuación 1-38.....	48
Ecuación 1-39.....	48
Ecuación 1-40.....	49
Ecuación 1-41.....	49
Ecuación 1-42.....	50
Ecuación 1-43.....	51

Ecuación 1-44.....	51
Ecuación 1-45.....	51
Ecuación 1-46.....	52
Ecuación 1-47.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 4-1 Análisis Básicos Recomendables para la Caracterización de las Fuentes de Agua Destinadas a Consumo Humano en Poblaciones Menores a 10000 Habitantes	125
Anexo 4-2 Principales Diferencias entre las Aguas Superficiales y las Aguas Subterráneas	126
Anexo 4-3 Dotaciones Recomendadas	126
Anexo 4-4 Vida Útil Sugerida para los Elementos de un Sistema de Agua Potable	126
Anexo 4-5 Relación Del Diámetro De La Partícula Y La Velocidad De Sedimentación	127
Anexo 4-6 Relación a/T – Porcentajes de Remoción	127
Anexo 4-7 Criterios de diseño para Filtros Lentos, recomendados por autores y países	127
Anexo 4-8 Población Según Grupos de Edad por Sexo de la Parroquia Guasaganda	128
Anexo 4-9 Crecimiento Poblacional	128
Anexo 4-10 Tasa de Crecimiento Intercensal	128
Anexo 4-11 Objetivo del Tratamiento y Pruebas de Tratabilidad	129
Anexo 4-12 Fotos de Pruebas de Tratabilidad	130
Anexo 4-13 Fotos de Análisis físico-químicos	130
Anexo 4-14 Fotos de Determinación de Densidad y Viscosidad	131

RESUMEN

La investigación es el Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia Guasaganda, La Maná-Cotopaxi. Pretendiendo ser base para gestionar el presupuesto requerido para la implementación.

Dentro de la metodología empleada se encuentra el método inductivo para la entrevista a las autoridades municipales, medición de caudales; el método experimental para realizar análisis físico-químicos y microbiológicos, los métodos son los siguientes: nefelométrico (turbiedad), titulométrico de EDTA (Dureza Total), volumétrico (cloruros), filtración de membrana (Coliformes totales y fecales), flotador (caudal). Además; las herramientas más usadas son: termómetro, nefelómetro, picnómetro, espectrofotómetro, microscopio, balanza, estufa, probetas, cajas Petri, balones, cinta métrica, cronómetro.

El dimensionamiento requerirá $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua; El Desarenador tratará: 0.76 m^3 , como tiempo retención 39.51 s, retendrá arena fina de diámetro 0.2 mm, como velocidad de sedimentación crítica 0.03 m/s ; Ambos filtros lentos de arena, filtrarán $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$ eliminando sólidos disueltos y materia orgánica; El tanque de almacenamiento desinfectará 69.12 m^3 de agua con solución de hipoclorito de calcio.

El método deductivo se empleó para realizar las conclusiones de los resultados de la investigación. Concluyendo, que el río Yanayacu es aceptable cualitativamente y cuantitativamente como fuente de abastecimiento. Al comparar los resultados del agua antes y después de la potabilización, es factible el rendimiento de la planta porque cumple a cabalidad la norma NTE INEN 1108 para Agua Potable.

Se recomienda a las autoridades municipales, proteger la fuente de abastecimiento para evitar su contaminación y sembrar árboles nativos a sus orillas para mantener su caudal.

SUMMARY

This Research paper is about the design of a potable water treatment plant for Guasaganda, a community in La Maná – Cotopaxi. It intends to be the start for a negotiation of the required budget for its implementation.

The methodology used includes the inductive method for interviews to municipal authorities, and flow rate measurements; it also includes the experimental method to do the physical chemical and microbiological analysis. These methods were as follows: nephelometric (turbidity), EDTA titrimetric analysis (water total hardness), volumetric (chlorides), membrane filtration (total and fecal coliform bacteria), and floater (flow). The most used tools were the following: a thermometer, a nephelometer, a pycnometer, a spectrophotometer, a microscope, a scale, a stove, test tubes, petri dishes, round bottom flasks, measuring tape, and a chronometer.

The sizing will require $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$ of water; the sand trap will treat 0.76 m^3 retaining fine sand of 0.2 mm diameter in 39.51 seconds; the critical sedimentation speed will be 0.03 m/s ; two slow sand filters will filter $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$ eliminating dissolved solids and organic matter; the storing tank will disinfect 69.12 m^3 of water with calcium hypochlorite solution.

The deductive method was used to draw the research conclusions which were as follows: Yanayacu River is qualitatively and quantitatively acceptable as a source of supply. By comparing the water before and after the treatment of purification, the performance of the plant is feasible because it reaches standard norms NTE INEN 1108 for potable water.

It is recommended that the municipal authorities protect the supply source to avoid pollution and to plant native trees at the river shore in order to maintain its flow rate.

INTRODUCCIÓN

El agua es una de los elementos más importantes para la vida y el desarrollo del hombre en la tierra, por lo tanto de su buena calidad y accesibilidad depende el nivel de vida que tengan los moradores de la Parroquia Guasaganda.

Las autoridades parroquiales y del agua potable de Guasaganda, creen que para seguir surgiendo hacia el desarrollo es transcendental contar con un servicio de agua potable que cumpla con la normativa vigente en el país; es decir, que abastezca tanto en calidad como en cantidad las necesidades de la población actual y la población proyectada en el futuro (20 años).

Es importante mencionar que la planta de tratamiento de agua potable con la que dispone actualmente la parroquia se encuentra obsoleta y por consiguiente es indispensable realizar ésta investigación para satisfacer las necesidades actuales de la población. Es así que la investigación consistirá en realizar el **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA GUASAGANDA, LA MANÁ - COTOPAXI”**.

En la actualidad existen diferentes tipos de plantas de tratamiento de agua potable y de ello depende la calidad del agua cruda que proviene de la fuente de abastecimiento disponible. De ahí la importancia de seleccionar la fuente de abastecimiento que se acerque más al cumplimiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos especificados en las normas de calidad para aguas de consumo humano.

ANTECEDENTES

Por la necesidad y la importancia de contar con agua potable en todos los rincones de nuestro país, los municipios de cada población han sentido el interés de realizar Diseños o Rediseños de plantas potabilizadoras de agua. Es por esto que existen estudios previos sobre el Diseño de una Planta de tratamiento de Agua Potable como son: "Rediseño del Sistema de Tratamiento de Agua Potable para el Cantón Pujilí" publicada en el 2006 y realizada por Segovia Cruz María Esthela, "Diseño de una Planta para la Purificación de Agua Apta para el Consumo Humano" publicada en el 2006 y realizada por Naranjo Tucunango Ángel Eduardo, y "Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Marianita-EMAPA" publicada en el 2007 y realizada por Peñafiel Valla Leonardo Saúl, entre otras.

Este estudio se desarrollará en la parroquia Guasaganda. Motivo por el que considero importante mencionar que: desde 1980 la parroquia de Guasaganda, gestionó la construcción de su planta de agua potable actual. Logrando en ese entonces, la colaboración del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), de la CARE Ecuador y de los propios moradores de la parroquia; logrando culminar dicha obra en noviembre de 1982. Esta planta consiste en una bocatoma, desarenador (fuera de uso), dos filtros dinámicos, un cajón para la desinfección (fuera de uso) y un tanque de almacenamiento. El aumento de la población y el desarrollo de nuevas tecnologías para la potabilización del agua han permitido pensar que se puede diseñar una planta de tratamiento con el uso de productos químicos como Cl, el diseño de un dispositivo que cumpla la función de sedimentar; y además se realice el diseño de filtros más eficientes.

JUSTIFICACIÓN

La planta de tratamiento de agua potable con la que cuenta la parroquia Guasaganda se encuentra actualmente obsoleta; resultado de circunstancias impuestas por el paso del tiempo, como es el caso del aumento poblacional y el asentamiento animal a nivel y más arriba de la captación del agua.

Otro de los problemas que perturba el normal desarrollo de las actividades humanas en la parroquia Guasaganda es que aproximadamente el 80% de la población no dispone de agua potable, es así que sólo 200 familias cuentan con dicho servicio básico. Produciendo malestar para el buen vivir de los moradores del sector.

Es por esto que surge la necesidad de diseñar una nueva planta de tratamiento de agua potable que abastezca a la población actual y a una población proyectada en unos 20 años; Además de, pretender dar un tratamiento adecuado al agua del Rio Yanayacu y lograr el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales establecidas para el agua de consumo humano.

Esta investigación es de mucho interés, tanto para la junta parroquial como para la junta de agua potable, ya que con dicho estudio se podrá solicitar a las entidades pertinentes el presupuesto requerido para la implementación de anhelada planta de tratamiento de agua potable.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.

ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua al inicio del tratamiento de potabilización.
- Dimensionar el Proceso de Potabilización para el adecuado tratamiento del agua.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua al final del tratamiento de potabilización, mediante pruebas de laboratorio.
- Determinar la eficiencia del tratamiento de potabilización.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 AGUA

El agua como se la encuentra en la naturaleza por lo general necesita un tratamiento de purificación previo para el consumo humano, y dependiendo de sus características físico-químicas y microbiológicas dependerá su calidad.

1.2 AGUA DE ORIGEN SUPERFICIAL

Las principales fuentes de agua para el tratamiento con fines de consumo humano son de origen superficial, el agua por ser un solvente universal es capaz de transportar casi la totalidad de sustancias que encuentra a su paso. Por lo que es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua antes de seleccionarla como fuente de agua cruda.

1.2.1 Parámetros que determinan la calidad del agua

La forma de caracterizar y calificar el agua se basa en determinar una serie de parámetros.

Estos se pueden agrupar según:

1.2.1.1 Parámetros Físicos

- **Turbiedad**

Es la capacidad que tiene un material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Su medición se realiza mediante un turbidímetro y se representa con las unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Causa impacto en muestras de agua ya que protege a los microorganismos de la acción del cloro, además es fuente de alimento para los microorganismos e interfiere en la permanencia de un residual de cloro en los sistemas de distribución y en el ensayo de Coliformes.

- **Color:**

El color real es causado por compuestos disueltos en el agua. Puede ser natural o artificial. Los sólidos disueltos y suspendidos (juntos) causan un color aparente. El color se mide en unidades de Platino-Cobalto.

Se puede determinar de dos formas distintas:

- Técnicas de campo: comparación visual (no muy exacta) del color de una disolución con una escala de patrones de diferentes intensidades del mismo color.
- Técnica de laboratorio: espectrofotometría, aparato que compara las intensidades de absorción de la muestra con uno o varios patrones. Se basa en que cada sustancia según su estructura química absorbe radiación electromagnética a determinadas longitudes de onda y la cantidad que absorbe está relacionada con su concentración.

- **Olor**
 Es signo de contaminación o la presencia de materia orgánica en descomposición.
 El agua potable no debe presentar ningún olor, salvo el característico del desinfectante (cloro), dentro de límites tolerables.
- **Sabor**
 Sólo se deben degustar aguas cuyo origen garantice su seguridad para la bebida.
 El sabor de una agua puede deberse a la presencia de sales minerales, de materia orgánica o de partículas de tierra en suspensión en el agua.
 Las aguas potables deben tener sabor débil y agradable. También puede dar sabor el agente desinfectante (cloro) y se tolera dentro de ciertos límites.
- **Temperatura**
 La medida debe hacerse “in situ”. En una zona representativa de la masa de agua que se va a analizar. Se suele medir en zonas de corriente (no en aguas estancadas).
 La solubilidad de sales suele aumentar con la temperatura y la de los gases disminuye cuando la temperatura aumenta. Cuanta más alta es la temperatura más pueden desarrollarse bacterias, algas, y otros microorganismos. El agua de consumo humano se recomienda entre 12°C-25°C, aunque no existen límites de temperatura.
 La medición de la temperatura se realiza, por lo general, con un termómetro de mercurio en la escala Celsius.
- **Conductividad eléctrica**
 Es la capacidad del agua para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración y la naturaleza de los iones disueltos en ella, así como de la temperatura. Normalmente un aumento de sales supone un aumento de conductividad.
 Se mide mediante un Conductímetro. Este aparato tiene un electrodo de platino-platinado y también un compensador de temperatura. La unidad de medida es $\mu\text{S/cm}$.
 Según la conductividad podemos determinar los siguientes niveles de mineralización de las aguas potables:

 - Muy débil: $< 100 \text{ S/cm}$
 - Débil: $100\text{-}300 \text{ S/cm}$
 - Media: $300\text{-}700 \text{ S/cm}$
 - Alta: $700\text{-}1500 \text{ S/cm}$
 - Excesiva: $> 1500 \text{ S/cm}$
- **pH**
 Es la medida de la acidez o de la alcalinidad. Su escala va de 0 a 14, el pH neutro tiene un valor de 7, si el pH es inferior a 7 se dice que el agua es ácida y si el pH es superior a 7 el agua es básica. Se recomienda la medida “in situ”.
 El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Puede influir en

los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

El pH puede medirse mediante un medidor electrónico (pH-metro) o con papel indicador. Se suele señalar la temperatura a la que se mide, pues influye en el valor del pH.

- **Sólidos Totales (ST)**

Es el residuo seco que permanece tras someter un volumen conocido de muestra a evaporación (105°C hasta que se obtiene un peso constante).

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

- **Sólidos disueltos, SD**

Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.

Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1µm).¹

- **Sólidos en suspensión, SS**

Es la fracción de sólidos totales que quedan retenidos en el filtro, ya que son partículas superiores a un micrómetro.

Los sólidos en suspensión pueden ser sedimentables cuando se eliminan por decantación, y no sedimentables cuando no se eliminan por decantación.

Otra clasificación de los sólidos totales es en función de su capacidad de volatilización.

Sólidos totales:

- **Sólidos Volátiles:** son los compuestos orgánicos que se pierden por calcinación a 550 °C y originan CO₂.
- **Sólidos Fijos:** son los compuestos inorgánicos que quedan como material remanente de la calcinación, a la misma temperatura de 550 °C.

1.2.1.2 Parámetros Químicos

- **Calcio**

El calcio es un metal alcalinotérreo, arde con llama roja formando óxido de calcio.

Reacciona violentamente con el agua en su estado de metal (proveniente de fábrica) para formar hidróxido Ca(OH)₂ desprendiendo hidrógeno. De lo contrario en su estado natural no reacciona con el H₂O.

¹Sólidos Disueltos: MANUAL DE TRATAMIENTO. TOMO I. ADA BARRENECHEA MARTEL. 2011/05/24

- **Cloruros**

Son los aniones inorgánicos más difundidos en las aguas naturales. No suele ser un ion que plantee problemas de potabilidad a las aguas de consumo, aunque es un indicador de contaminación de las aguas debido a la acción del hombre. Esto es así porque, aunque la concentración de cloruro en aguas naturales es muy variable pues depende de las características de los terrenos que atraviesan, dicha concentración es menor comparada con la concentración del ion en aguas residuales ya que la actividad humana incrementa necesariamente dicha concentración.

- **Sulfatos**

Son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

- **Dureza Total**

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.²

No hay evidencias de que la dureza tenga efectos adversos sobre la salud, pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado.

Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Las altas temperatura favorecen la formación de sedimentos, particularmente en aguas de alimentación de calderas.

En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como CaCO_3).³

- **Amonio**

Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas. Su presencia en el agua favorece la multiplicación de microorganismos y algas.

²Dureza: MANUAL DE TRATAMIENTO. TOMO I. ADA BARRENECHEA MARTEL. 2011/05/24

³Dureza: MANUAL DE TRATAMIENTO. TOMO I. ADA BARRENECHEA MARTEL. 2011/05/24

Está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües, por lo que podría constituirse en un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales. Por lo general, la eliminación del amoníaco a concentraciones altas se realiza mediante la oxidación con cloro.

- **Hierro**

Es un constituyente normal del organismo humano. Generalmente, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.⁴

Este metal en solución contribuye al desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución de agua.

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad.

- **Manganeso**

Es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central.

La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado.

- **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. La alcalinidad de un agua natural o tratada se debe principalmente a los aniones bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

Alcalinidad a la fenolftaleína es la correspondiente a los iones hidróxidos más la mitad de la concentración de los iones carbonatos.

Alcalinidad total es la atribuible a los iones hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.

- **Nitritos**

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

⁴Hierro: MANUAL DE TRATAMIENTO. TOMO I. ADA BARRENECHEA MARTEL. 2011/05/24

Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.

- **Nitratos**

Son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Es por eso que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua.

- **Fosfatos**

Comúnmente se los encuentra en el agua porque son nutrientes de la vida acuática y limitantes del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etcétera.

Una fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.

1.2.1.3 Parámetros Microbiológicos

- **Coliformes Fecales**

Se define como todos los bacilos gram negativos, aeróbicos y algunos anaeróbicos facultativos, no formadores de endosporas, que cuando se incuban en medio M-FC con lactosa por 24 horas a 44.5 ± 0.2 °C desarrollan colonias color azul.

- **Coliformes Totales**

Se define como todos los bacilos gram negativos, aeróbicos y algunos anaeróbicos facultativos, no formadores de endosporas, que cuando se incuban en medio Endo con lactosa por 24 horas a $35 \text{ °C} \pm 0.5 \text{ °C}$, desarrollan colonias color rojo con brillo verde metálico.

1.3 AGUA POTABLE

Es el agua que habiendo pasado por un proceso de purificación se encuentra apta para el consumo humano, ya que cumple con las normas de calidad promulgadas por autoridades locales e internacionales.

1.3.1 Especificaciones de calidad del agua potable: NTE INEN 1108:2006

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Tabla1-1 Especificaciones de Calidad del Agua Potable

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permissible
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
Inorgánicos		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO ₄)	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO ₃	mg/l	10
Nitritos, N-NO ₂	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
Radiactivos		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

*** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Fuente: INEN 1108:2006

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Tabla1-2 Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: INEN 1108:2011

Tabla1-3 Número de Unidades a Tomarse de Acuerdo a la Población Servida

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (incluido el 1er. Adendum) 2006; Capítulo 4 numeral 4.3.4 cuadro 4.5

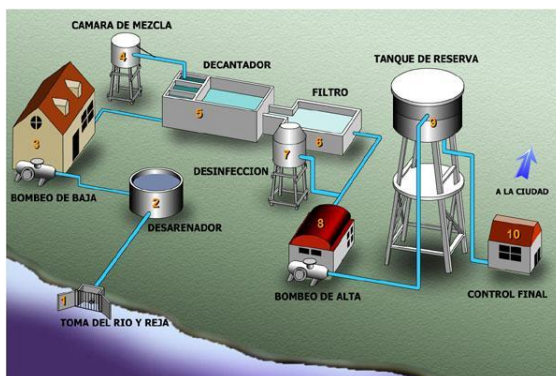
Fuente: INEN 1108:2011

1.4 POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Es el proceso de conversión de agua común en agua potable. Los procesos de potabilización son muy variados, pero para una fuente de agua superficial (agua de río) el tratamiento suele consistir en la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro.

Un sistema de potabilización se inicia desde la toma del agua de la fuente de abastecimiento (río) hasta el envío del fluido a los domicilios. El siguiente esquema representa todo el proceso.

Gráfico 1-1 Proceso de Potabilización del Agua por Bombeo



Fuente: Potabilización del Agua. <http://labquimica.wordpress.com/2009/06/24/la-potabilizacion-del-agua>.

1.4.1 Fuente de Abastecimiento

Constituye la parte más importante del servicio básico y no puede concebirse un buen proyecto si previamente no hemos definido y garantizado fuentes capaces para abastecer a la población futura de diseño en cantidad y calidad.

Para la selección de la fuente juegan un papel importante sus características físico-químicas y microbiológicas, pero para poder garantizar un servicio continuo y eficiente es necesario que el proyecto contemple una fuente capaz de suplir el agua para el día más crítico (Día de Máximo Consumo).

De acuerdo a la forma de aprovechamiento, se consideran dos tipos principales:

- Aguas Superficiales: Ríos, lagos, lagunas, lluvia, manantiales, etc.

Gráfico 1-2 Aguas Superficiales



Fuente: Metodología de Pre-inversión para Proyectos de Agua y Saneamiento. <http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaAgua.pdf>.

- Aguas Subterráneas: Acuíferos Subterráneos o Sub-superficiales.

TRATAMIENTO PRELIMINAR DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA

1.4.2 Captación

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos. El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían levemente según la época del año.

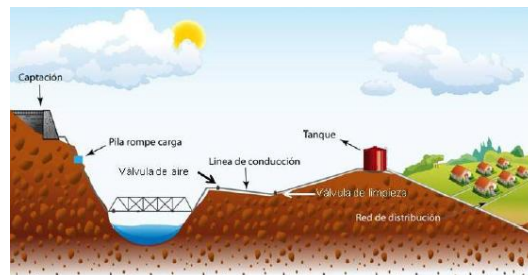
La captación en aguas superficiales dispone de una **Reja sumergida** que impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.), llamando a éste proceso de purificación **CRIBADO**.

1.4.3 Línea de Conducción

Definida como la tubería que conduce el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento, debe satisfacer condiciones para el día de máximo consumo. El tipo de línea de conducción a diseñar depende de las condiciones topográficas del área de captación con respecto a la ubicación del tanque de almacenamiento:

- Si la obra de captación se encuentra en una zona topográficamente más alta que el tanque de almacenamiento, se diseña una línea de conducción por gravedad, ubicando a lo largo de ésta, accesorios especiales para disipar la carga de presión, bolsas de aire en las tuberías, válvulas de limpieza, etc.⁵

Gráfico 1-3 Sistema de Agua por Gravedad



Fuente: Metodología de Pre-inversión para Proyectos de Agua y Saneamiento.
<http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaAgua.pdf>.

1.4.4 Desarenado

El **DESARENADO** es el proceso de purificación que se refiere a extraer las partículas mayores a 200 micrómetros (0,2 mm) y peso específico de 2650 kg/m³. Esta etapa retiene los sólidos sedimentables (arenas) y el agua pasa a otra etapa por desborde.

⁵ Línea de Conducción: (<http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaAgua.pdf>) 2013/03/19

En el cuadro siguiente, se relacionan ciertos materiales u organismos, con su tamaño medio, así como el orden de magnitud del tiempo necesario para que estas partículas recorran verticalmente un metro de agua, únicamente por la influencia de su peso.

Tabla 1-4 Tiempos de Sedimentación según el Diámetro de la Partícula

Diámetro de la partícula (mm)		Tiempo de sedimentación para 1m (orden de magnitud)
10	Grava	1 segundo
1	Arena	10 segundos
0.1	Arena Fina	2 minutos
0.01	Arcilla	2 horas
0.001	Bacteria	8 días
0.0001	Partícula Coloidal	2 años
0.00001	Partícula Coloidal	20 años

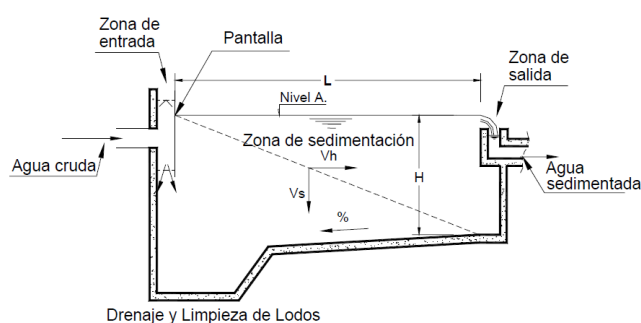
Fuente: MANUAL TÉCNICO DEL AGUA, Degremont. 1979. Cuarta Edición.

1.4.4.1 Desarenador

Los Desarenadores son unidades que tienen por objeto extraer del agua cruda, la gravilla, arena y partículas minerales más o menos finas, evitando la producción de sedimentos en las líneas de conducción. Protegen los equipos mecánicos contra la abrasión. En su interior pueden contener placas para tener un mayor contacto con estas partículas.

El Desarenador que se diseñó cuenta con una estructura de hormigón, es de forma rectangular y de flujo horizontal.

Figura 1-1 Esquema de la Estructura del Desarenador



Fuente: GUÍA TÉCNICA DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE PARA POBLACIONES MENORES A 10000 HABITANTES. Julio 2005.

El dimensionamiento del Desarenador estará en función de la velocidad de sedimentación V_s .

1.4.4.1.1 Velocidad de sedimentación

Para calcular la velocidad de sedimentación se usará la fórmula de Stokes (en régimen laminar).

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{18 \mu} D^2 \quad \text{Ecuación 1-1}$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación

g = gravedad (m/s^2)

D = Diámetro de las partículas (mm)

ρ_s = Densidad de las partículas (Kg/m^3)

ρ_w = densidad del agua (Kg/m^3)

μ = viscosidad dinámica del líquido a 21°C ($Kg/m.s$)

1.4.4.1.2 Velocidad de sedimentación crítica

La velocidad de sedimentación crítica V_{SC} corresponde a una velocidad minorada por factores tales como: gradientes de temperatura (ambiente y agua), zonas muertas, deficiencias en los dispositivos de entrada y salida. Se considera un factor minorante "f" que varía de 10 al 30 % ($f=1,1$ a $1,3$).

$$V_{SC} = \frac{V_s}{f} \quad \text{Ecuación 1-2}$$

Donde:

V_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica

V_s = Velocidad de sedimentación

f = Factor de seguridad

La selección del valor máximo, corresponde a un 30 % y estará del lado de la seguridad.

1.4.4.1.3 Superficie del Desarenador

La velocidad de sedimentación crítica relacionada con las dimensiones de un desarenador será:

$$V_{SC} = \frac{Q_{CAPTACIÓN}}{A}$$

$$A = \frac{Q_{CAPTACIÓN}}{V_{SC}} \quad \text{Ecuación 1-3}$$

Donde:

A = Superficie del Desarenador

$Q_{CAPTACIÓN}$ = Caudal de Captación

V_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica

1.4.4.1.4 Largo y Ancho Desarenador

Según CPE INEN 5. Parte 9-1:1992 recomienda las siguientes relaciones de las dimensiones: longitud/ancho = 4 a 6

Tomando en cuenta la siguiente relación: $\frac{L}{B} = 5$

$$A = L * B \quad \text{Ecuación 1-4}$$

Donde:

A = Superficie del Desarenador

L = Largo del desarenador
B = Ancho del desarenador

1.4.4.1.5 Velocidad de escurrimiento horizontal

$$V_h = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{B \cdot H} \quad \text{Ecuación 1-5}$$

1.4.4.1.6 Velocidad de arrastre

Para evitar la resuspensión de las partículas, la velocidad de arrastre V_a debe ser:

$$V_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * \frac{d}{(3 * \rho_w)}} \quad \text{Ecuación 1-6}$$

Y debe cumplir con la siguiente condición: $V_a > V_h$.

1.4.4.1.7 Tiempo de caída

Para una profundidad H del Desarenador, una partícula sedimentará con una velocidad de caída constante V_{sc} y alcanzará el fondo al cabo de un tiempo t_c .

$$t_c = \frac{H}{V_{sc}} \quad \text{Ecuación 1-7}$$

Donde:

t_c = Tiempo de caída en s

H = Profundidad del Desarenador en m

V_{sc} = Velocidad de sedimentación crítica en m/s

1.4.4.1.8 Tiempo de retención

Usando los valores de la relación a/T del anexo 4-6, para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87.5 %, tenemos:

$$t_r = \frac{a}{T} * t_c \quad \text{Ecuación 1-8}$$

Donde:

t_r = Tiempo de retención

1.4.4.1.9 Volumen del Desarenador

Se lo obtiene multiplicando el caudal de diseño para el tiempo de retención.

$$V = Q_{\text{CAPTACIÓN}} * t_r \quad \text{Ecuación 1-9}$$

Donde:

$Q_{\text{CAPTACIÓN}}$ = Caudal de captación
 t_r = Tiempo de retención

En el diseño de la unidad de Desarenado se identifican las siguientes estructuras complementarias:

1.4.4.1.10 PANTALLA DEFLECTORA

Considerando que la velocidad del caudal a través de los orificios es de 0.05 m/s y el área de cada orificio es de 0.002 m².

➤ Área efectiva

$$A_e = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{V_{\text{SC}}} \quad \text{Ecuación 1-10}$$

Donde:

A_e = Área efectiva

$Q_{\text{CAPTACIÓN}}$ = Caudal de captación

V_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica

➤ Número de orificios

$$N_o = \frac{A_e}{F_i} \quad \text{Ecuación 1-11}$$

Donde:

N_o = Número de orificios

A_e = Área efectiva

F_i = Área de cada orificio

➤ Separación entre la pared y la pantalla deflectora

$$d_p = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{0.9 * N * V_c * H} \quad \text{Ecuación 1-12}$$

Donde:

$Q_{\text{CAPTACIÓN}}$ = Caudal de captación en m³/s

N = Número de Desarenadores

V_c = Velocidad del caudal a través de los orificios en m/s

H = Profundidad del desarenador en m

Para comprobar que el diseño de la pantalla deflectora es correcto se debe cumplir con la siguiente condición:

$$\Delta_q < 5 \% \quad \text{Ecuación 1-13}$$

Por lo tanto hay que contar con los valores siguientes:

➤ **Radio hidráulico**

Es el radio de un canal en donde se encuentra contenido el líquido problema.

$$R_H = \frac{d_p * h}{h(d_p + 2)} \quad \text{Ecuación 1-14}$$

Donde:

R_H = Radio hidráulico

h = Altura de los orificios (distribuidos a una altura del 90% de H)

d_p = Separación entre la pared y la pantalla deflectora

➤ **Diámetro hidráulico**

Según la fórmula de Manning, tenemos:

$$D_H = 4 R_H \quad \text{Ecuación 1-15}$$

Donde:

D_H = Diámetro hidráulico

➤ **Caudal por cada orificio**

$$Q_i = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{N * N_o} \quad \text{Ecuación 1-16}$$

Donde:

Q_i = Caudal por cada orificio

N_o = Número de orificios

N = Número de Desarenadores

➤ **Nivel piezométrico**

Es la altura que alcanza el agua en el interior de un acuífero confinado, hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

$$Z = \left(\frac{Q_i}{C_D * F_i} \right) * \frac{1}{2 * g} \quad \text{Ecuación 1-17}$$

Donde:

Z = Nivel Piezométrico

C_D = Coeficiente de descarga (en nuestro caso 0.5)

g = Gravedad

F_i = Área de cada orificio

➤ **Variación del nivel piezométrico**

$$\Delta_z = \frac{v_c^2}{2 * g} \left(1 - \frac{C_F * B}{3 * D_H} - \frac{1}{N_0} \right) \quad \text{Ecuación 1-18}$$

Donde:

Δ_z = Variación de nivel piezométrico

C_F = Coeficiente de fricción (en nuestro caso 0.04)

D_H = Diámetro hidráulico

➤ **Variación de caudal en los orificios**

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{z + (\Delta/2)}{z - (\Delta/2)}} - 1 \quad \text{Ecuación 1-19}$$

Donde:

Δ_q = Variación de caudal en los orificios

1.4.4.1.11 VERTEDERO DE EXCESOS

➤ **Carga del vertedero**

$$W_I = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{N_C * a * l} \quad \text{Ecuación 1-20}$$

Donde:

W_I = Carga del vertedero

N_C = Número de canaletas (en nuestro caso 1)

a = Número de lados por canaleta (lados por donde se recolecta el agua, en nuestro caso 1)

l = longitud de la canaleta en m (en nuestro caso 2.5 m)

➤ **Altura de agua por encima de la cresta del vertedero rectangular**

$$H_W = \left(\frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{1.83 * B_V} \right)^{2/3} \quad \text{Ecuación 1-21}$$

Donde:

H_W = Altura de agua por encima de la cresta del vertedero rectangular

B_V = Ancho del vertedero rectangular (en nuestro caso 0.7 m)

➤ **Altura a la salida del desarenador**

$$H' = H - (m L) \quad \text{Ecuación 1-22}$$

Donde:

H' = Altura a la salida del desarenador

m = Pendiente de fondo del desarenador (en nuestro caso 2%)

Para verificar que el número de canaletas, así como el número y dimensiones de los vertederos es el correcto se debe cumplir la siguiente condición:

$$W_1 < 5 (H' * V_{sc}) \quad \text{Ecuación 1-23}$$

TRATAMIENTO PRINCIPAL DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA

1.4.5 Filtración

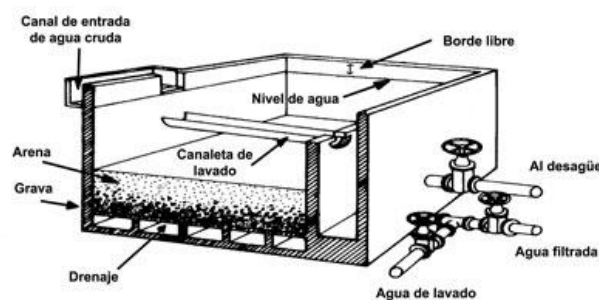
Los filtros más útiles en el medio rural son los que se construyen con grava y arena. La filtración se realiza ingresando el agua sedimentada por encima del filtro. Por gravedad el agua pasa a través de la arena la cual retiene las impurezas o turbiedad residual que quedó en la etapa anterior.

1.4.5.1 Filtros Lentos

Consisten en un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, un lecho filtrante, un sistema de drenaje para recolección del agua tratada, y un juego de dispositivos para regulación y control del filtro. El proceso de purificación del agua es biológico, y se produce fundamentalmente en una capa de lodo biológico que se forma en la superficie de la arena.

Los filtros lentos serán diseñados para un caudal de 0,0157 m³/s, con una turbiedad <20 NTU y la finalidad primordial de los filtros será eliminar trazas de materia orgánica y coliformes fecales que pueda existir en el agua a tratar.

Figura 1-2 Esquema de la estructura del Filtro lento



Fuente: http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6023/mod_resource/content/1/Tema_08_FILTRACION.pdf

1.4.5.1.1 Criterios de diseño

Tabla1-5 Criterios de Diseño

CRITERIOS DE DISEÑO	RECOMENDACIONES
Período de operación	24 h/d
Altura de agua sobrenadante	0.75 m

Borde libre	0.10 m
Altura del lecho de soporte incluyendo drenaje	0.25 m

Fuente: Cinara, IRC (1997). Colombia.

1.4.5.1.2 Caudal de diseño para cada filtro

$$Q_d = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{n_f} \quad \text{Ecuación 1-24}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño para cada filtro lento

$n_f = 2$, ya que se dispondrá de un número mínimo de dos unidades filtrantes en paralelo por consideraciones de operación y mantenimiento.

1.4.5.1.3 Velocidad de Filtración

La velocidad de filtración es función de la turbiedad del afluente. Por lo que la tasa de filtración puede seleccionarse de acuerdo al siguiente criterio:

Tabla1-6 Tasas de Filtración para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos

TURBIEDAD, NTU	TASA DE FILTRACIÓN, $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-h}$
< 20	0.1 - 0.4

Fuente: Huisman and Wood (1974)

En nuestro caso por contar con agua de abastecimiento con una turbiedad <1 optamos por una velocidad de filtración (V_F) de $1.11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-s}$.

1.4.5.1.4 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO

➤ Superficie de filtración

$$A_F = \frac{Q_d}{V_F} \quad \text{Ecuación 1-25}$$

Donde:

A_F = Superficie de filtración para cada filtro

➤ Ancho del filtro

$$B_F = \sqrt{\frac{A_F}{5}} \quad \text{Ecuación 1-26}$$

Donde:

B_F = Ancho del filtro

➤ **Longitud del filtro**

El filtro será de forma rectangular con una relación de ancho a largo de 1 a 5, por lo tanto la longitud del filtro será:

$$L_F = 5 B_F \quad \text{Ecuación 1-27}$$

Donde:

L_F = Longitud del filtro

1.4.5.1.5 LECHO FILTRANTE

El lecho filtrante estará compuesto por grava, carbón activado y arena con las especificaciones de diseño siguiente:

Tabla1-7 Especificaciones para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos

ARENA: Tamaño efectivo Coeficiente de uniformidad Dureza Solubilidad de HCL Espesor de la capa	0.15 a 0.35 mm 1.5 a 3 7 (escala de Mohr) <5% 1.0 a 1.4 m
CARBÓN ACTIVADO GRANULAR: Espesor de la capa de carbón * Tamaño efectivo	0.15 m 0.5 a 0.65 mm
GRAVA: Tamaño de la grava Espesor de la capa	4 a 5.6 mm 0.10 m

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

* Se reemplazará 0.15 m de la superficie de la arena por carbón activado granular.

➤ **Altura del lecho filtrante**

$$H_{LF} = e_a + e_g \quad \text{Ecuación 1-28}$$

Dónde:

H_{LF} = Altura del lecho filtrante

e_a = Espesor de la capa de arena

e_g = Espesor de la capa de grava

➤ **Diámetro de la tubería de entrada al filtro**

La velocidad se encuentra entre 0.6 – 2 m/s. Se toma velocidad de 2m/s.

$$D_T = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{V_T * \pi}} \quad \text{Ecuación 1-29}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño para cada filtro

V_T = Velocidad en la tubería

D_T = Diámetro de la tubería

1.4.5.1.6 Sistema de drenaje

Se usarán tubos perforados en el sentido perpendicular al eje longitudinal del filtro.

Tabla1-8 Parámetros de Diseños para Drenajes con Tubos Perforados

Velocidad máxima en los laterales	0.3 m/s
Diámetro de cada orificio	6.5-19 mm
Espaciamiento entre orificios	75-300 mm
Separación entre laterales	0.3 m
Velocidad por cada orificio	3-5 m/s
Altura de la capa de grava en el drenaje*	0.15 m
Diámetro de la grava en el drenaje	25-50 mm

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

*Las tuberías perforadas irán embebidas en una capa de grava en el drenaje.

➤ **Área de cada orificio**

$$A_O = \frac{\pi * D_o^2}{4} \quad \text{Ecuación 1-30}$$

Donde:

A_O = Área de cada orificio

D_o = Diámetro de cada orificio

➤ **Caudal que ingresa a cada orificio**

$$Q_O = A_O * v_o \quad \text{Ecuación 1-31}$$

Donde:

Q_O = Caudal que ingresa a cada orificio

A_o = Área de cada orificio
 v_o = Velocidad por cada orificio

➤ **Número de laterales**

$$\#_{\text{Laterales}} = n \frac{L_F}{d_L} \quad \text{Ecuación 1-32}$$

Donde:

$\#_{\text{Laterales}}$ = Número de laterales
 n = Número de laterales por lado (2)
 L_F = Longitud del filtro
 d_L = Separación entre laterales (1 m)

➤ **Longitud de cada lateral**

$$L_L = 70 * D_T \quad \text{Ecuación 1-33}$$

Donde:

L_L = Longitud de cada lateral

➤ **Número de orificios por lateral**

$$\#_{\text{Orificios por lateral}} = 2 \frac{L_L}{e_o} \quad \text{Ecuación 1-34}$$

Donde:

$\#_{\text{Orificios por lateral}}$ = Número de orificios por lateral
 e_o = Espacio entre orificios

➤ **Número total de orificios**

$$\#_{\text{Total de Orificios}} = \#_{\text{Laterales}} * \#_{\text{Orificios por lateral}} \quad \text{Ecuación 1-35}$$

Donde:

$\#_{\text{Total de Orificios}}$ = Número total de orificios

➤ **Área total de orificios**

$$A_{TO} = A_o * \#_{\text{Total de Orificios}} \quad \text{Ecuación 1-36}$$

Donde:

A_{TO} = Área total de orificios

Para comprobar que los parámetros utilizados para el dimensionamiento del filtro son correctos se debe cumplir la siguiente condición.

$$\frac{A_{TO}}{S_F} = 0.0015 - 0.005 \quad \text{Ecuación 1-37}$$

1.4.6 Desinfección

El agua filtrada pasa a la reserva, allí se desinfecta. El cloro por ser un oxidante, libera oxígeno matando los agentes patógenos, por lo general bacterias anaeróbicas.

Entre los desinfectantes utilizados están el: hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio (granulado o en pastillas), ozono, luz ultravioleta, etc.

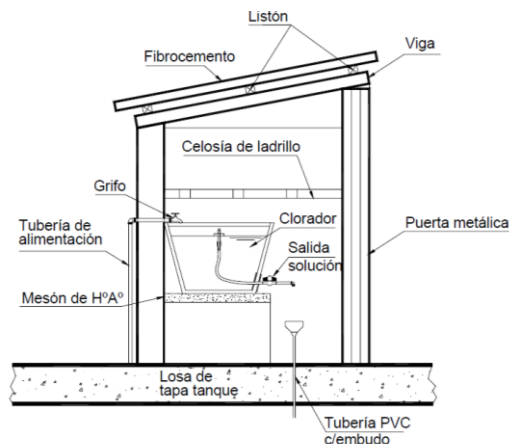
1.4.6.1 Cloro

El cloro es indudablemente el mejor elemento que existe para la desinfección del agua. Además se usa para:

- Eliminar olores y sabores.
- Decolorar.
- Ayudar a evitar la formación de algas.
- Ayudar a quitar el hierro y manganeso.
- Ayudar a la coagulación de materias orgánicas.

La desinfección del agua proveniente de los filtro de arena $0.0157 \text{ (m}^3/\text{s)}$ se realizará en el tanque de almacenamiento, mediante la aplicación de hipoclorito de calcio. Para dicho procedimiento se dispondrá de una caseta de cloración con su respectivo tanque hipoclorador, construido sobre la losa del tanque de almacenamiento, desde donde se inyectara la solución de cloro.

Figura 1-3 Esquema de la Estructura del Hipoclorador



Fuente: GUÍA TÉCNICA DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE PARA POBLACIONES MENORES A 10000 HABITANTES. Julio 2005.

1.4.6.1.1 Masa de hipoclorito necesario

$$P_{\text{Hipoclorito}} = \frac{Q_{\text{CAP}} * D_{\text{Cl}} * t_{\text{Almacenamiento}}}{C_{\text{Cl}}} \quad \text{Ecuación 1-38}$$

Donde:

$P_{\text{Hipoclorito}}$ = Peso de hipoclorito necesario

D_{Cl} = Dosificación de cloro necesaria (0.6 mg/L)

$t_{\text{Almacenamiento}}$ = Período de almacenamiento de la solución (24 h)

C_{Cl} = Concentración de cloro activo en el hipoclorito de calcio (70%)

1.4.6.1.2 Concentración de la solución de hipoclorito de calcio

Según la tabla 2-41 para obtener una dosis de cloro residual de 0.6 ppm a una Temperatura de 21°C necesitamos una concentración de hipoclorito de calcio de 2.5 g/L y un volumen de 10 mL de la solución de hipoclorito de calcio para desinfectar 1 L de agua cruda previamente filtrada y por un tiempo de contacto mayor a 30 minutos.

1.4.6.1.3 Volumen del hipoclorador

Se lo obtendrá realizando una conversión de unidades y tomando como referencia la tabla 2-41, que nos indica el tratamiento del agua con hipoclorito de calcio, tenemos:

$$\frac{10\text{mL}}{V_{\text{Hipoclorador}}} \rightarrow \frac{1\text{ L}}{56500\text{ L}} \quad \text{Ecuación 1-39}$$

1.4.7 Tanque de Almacenamiento

Por lo general es la unidad intermedia entre la fuente de abastecimiento y la red de distribución. De su funcionamiento depende en gran parte el que pueda proyectarse un servicio continuo a la comunidad.

El tanque tiene funciones de almacenaje y de compensador de variaciones de los consumos. Existiendo variaciones de consumo para las diferentes horas de un día cualquiera, la tubería que suministra agua a las edificaciones (red) debe ser capaz de conducir el máximo consumo que una determinada zona demande en un instante x.

Gráfico 1-4 Tipos de Tanques de Almacenamiento



1.4.7.1 Volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{\text{Tanque}} = Q_{\text{CAPTACIÓN}} * t_R \quad \text{Ecuación 1-40}$$

Donde:

V_{Tanque} = Volumen del tanque de almacenamiento

t_R = Tiempo de retención del agua en el tanque

1.4.7.2 Altura del tanque de almacenamiento

Asumiendo una área de: 3.5 m * 4.3 m y se adoptará 30 cm de superficie libre.

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{Tanque}}}{A_{\text{Tanque}}} \quad \text{Ecuación 1-41}$$

Donde:

H_{Tanque} = Altura del tanque de almacenamiento

V_{Tanque} = Volumen del tanque de almacenamiento

A_{Tanque} = Área del tanque de almacenamiento

1.4.8 Red de Distribución

Tiene como objetivo repartir el agua en los volúmenes y presiones adecuadas a los distintos sectores de la comunidad.

Para el diseño de la red es necesario definir la fuente de abastecimiento y la ubicación tentativa del tanque del almacenamiento.

1.5 INFORMACIÓN BÁSICA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA

1.5.1 Situación Geográfica

Se encuentra a 30 km del cantón La Maná y sus límites son: al norte con la parroquia Pucayacu cantón La Maná, al Sur con La Maná, al Este con la parroquia Chugchilán cantón Sigchos, al Oeste con el cantón Valencia provincia de los Ríos.

Gráfico 1-5 Ubicación de Guasaganda



Fuente: <http://mapasamerica.dices.net/ecuador/mapa.php?nombre=Cerros-de-Alasi&id=11295>

1.5.2 Climatología

Su temperatura promedio es de 21°C, registrándose una temperatura máxima de 28°C y una mínima de 14°C, con lo que decimos que su clima es templado y cálido. La época de invierno corresponde a los meses de Enero hasta Junio y la época de verano corresponde a los meses de Julio hasta Diciembre.

1.5.3 Topografía

Guasaganda tiene una superficie de 398 Km², se encuentra en promedio a 414 msnm y su terreno es ligeramente Irregular. El suelo a las orillas de los esteros y ríos se presenta pedregoso y arenoso.

1.5.4 Demografía

1.5.4.1 Población Actual

De acuerdo a los datos del Censo 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, la población total de la Parroquia Guasaganda es de 3.908 habitantes, de los cuales 1.911 son mujeres, y 1.997 hombres.

La mayoría de la población se concentra en el centro Parroquial que contiene el mayor porcentaje de la población total, mientras que el resto se distribuye en los diferentes recintos con que cuenta la Parroquia.

1.5.4.2 Población Futura

Para calcular la población para el periodo de diseño del proyecto se utilizará el método Geométrico:

$$P_f = P_o \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t \quad \text{Ecuación 1-42}$$

Donde:

Pf: Población Futura en hab.

Po: Población actual en hab.

I: Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje.

t: Número de años de estudio o período de diseño

1.6 CONSUMO DE AGUA

1.6.1 Dotación Básica

La dotación está definida como la cantidad de agua suministrada en un día a cada usuario, expresado en l/hab/d la misma que está relacionada por el rango de población actual, condiciones climatológicas y geográficas del área en estudio y el nivel de servicio a entregarse a la población.

La dotación básica constituye un parámetro de suma importancia, para el dimensionamiento de todas las unidades que constituyen el sistema de agua potable.

1.6.2 Dotación Futura

Para obtener la Dotación futura se debe multiplicar la dotación Básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que incluye los consumos comerciales, institucionales e industriales.

La Dotación Futura recomendada por CPE INEN 5. Parte 9-1:1992 para el sector es 190 L/hab/día (anexo 4-3).

El Factor de Mayorización recomendado por la consultora Rivadeneira es de: 1,83.

$$DF = FM * DB \quad \text{Ecuación 1-43}$$

Donde:

DB = Dotación Básica

FM = Factor de Mayorización

1.6.3 VARIACIONES DE CONSUMO

1.6.3.1 Caudal medio diario (Q_{md})

Es el consumo diario de una población. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400} \quad \text{Ecuación 1-44}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s

P_f = Población futura

D_f = Dotación futura en l/hab-d

1.6.3.2 Caudal Máximo Diario ($Q_{M\acute{a}x.d}$)

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario y el coeficiente k_1 que varía según las características de la población.

$$Q_{M\acute{a}x.d} = K_1 * Q_{md} \quad \text{Ecuación 1-45}$$

Donde:

QM_{áx.d} = Caudal máximo diario en l/s

K₁ = Coeficiente de variación máxima diaria (en nuestro caso 1,4 según CPE INEN 5)

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s

1.6.3.3 Caudal máximo horario (QM_{áx.h})

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$QM_{\text{áx.h}} = K_2 * QM_{\text{áx.d}} \quad \text{Ecuación 1-46}$$

Donde:

QM_{áx.h} = Caudal máximo horario en l/s

K₂ = Coeficiente de variación máxima horaria (en nuestro caso 1,9 según CPE INEN 5)

QM_{áx.d} = Caudal máximo diario en L/s

1.6.4 CAUDAL

Es el volumen de agua que pasa en determinado tiempo por un punto del río.

En nuestro caso para determinar el caudal del río usaremos el método del flotador, que requiere la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Area del río} \times \text{Velocidad del Flotador} \quad \text{Ecuación 1-47}$$

1.6.5 CAUDALES DE DISEÑO

Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan en la tabla.

Tabla1-9 Caudales de Diseño para los Elementos de un Sistema de Agua Potable

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

1.7 PERIODO DE DISEÑO

Un sistema de agua potable, como toda obra de ingeniería, se proyecta de manera que permita satisfacer las necesidades de la población en estudio, durante varios años en el futuro.

El periodo de diseño, constituye uno de los parámetros fundamentales para el dimensionamiento de toda obra de infraestructura sanitaria, dentro del cual se espera que las estructuras e instalaciones del proyecto funcionen eficientemente, brindando un servicio adecuado a todos sus usuarios actuales y futuros.

Para determinar el periodo de diseño del sistema de agua potable de la parroquia Guasaganda se han analizado los siguientes aspectos:

- a) La vida útil de las estructuras e instalaciones, lo cual dependerá de la calidad y características de los materiales y equipos empleados, la calidad y técnicas constructivas, las condiciones externas tales como: desgaste, corrosión, etc. a que estén sometidas.
- b) La capacidad hidráulica para prestar los servicios durante la variabilidad de las condiciones previstas, lo cual dependerá de los factores socio-económicos que determinarán el crecimiento de la población y por lo tanto el aumento de la demanda.
- c) Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones o adecuaciones en las unidades existentes o nuevas.
- d) Capacidad económica nacional y local, y facilidad de financiación para la ejecución de las obras.

Para la fijación del periodo de diseño se consideró, a más de los factores indicados, las normas vigentes en el país.

El periodo de diseño establecido considera dos periodos completamente diferenciados y que son:

1.7.1 Período de Implementación.

Considerado como el tiempo en el cual se efectuarán los trámites de financiamiento y contratación de la obra previa el proceso constructivo y la puesta en marcha del sistema, así como la capacitación al personal que laborará en las actividades de operación y mantenimiento del sistema, este lapso de tiempo es indefinido, pero se lo establecerá en dos años.

1.7.2 Período de Utilización del sistema

Considerado como el tiempo en el cual las unidades se encontrarán en operación, funcionando a plena capacidad hidráulica-sanitaria-estructural y ambiental, de acuerdo a lo establecido en los diseños, este lapso de tiempo ha sido establecido en 20 años.

Los períodos máximos de diseño recomendables son los siguientes:

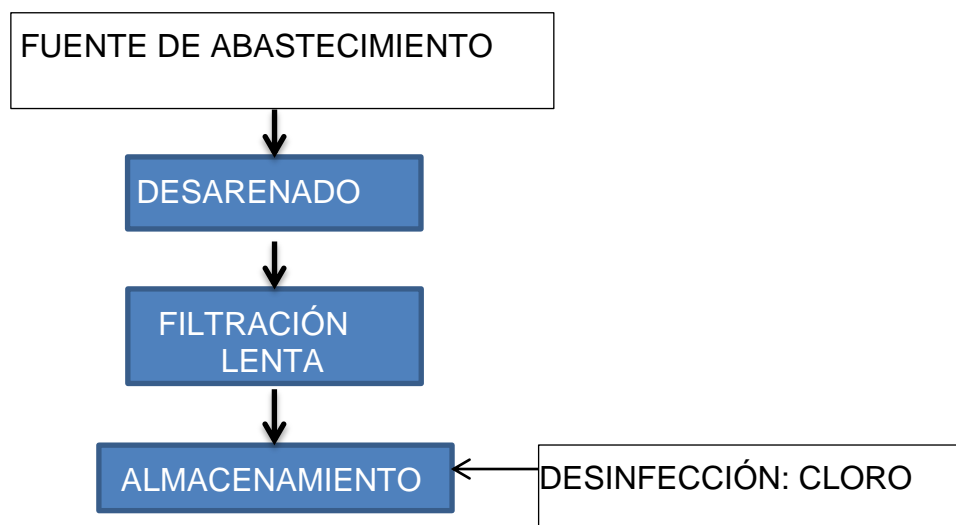
Tabla 1-10 Períodos de Diseño Máximos Recomendados

Opción Técnica	Años
Capacidad de las fuentes de abastecimiento	15

Obras de captación	30
Planta de tratamiento	30
Reservorio	30
Tuberías de conducción, impulsión y distribución	20

* Fuente: Autor – Tomando como guía anexo 4-4

1.8 DIAGRAMA DE INGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



1.9 MATERIALES USADOS PARA EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN

Para el diseño estructural de los diferentes elementos de la planta de tratamiento de agua potable, se ha considerado los siguientes materiales:

- Hormigón con una resistencia característica de $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero corrugado en barra con límite de fluencia $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Los elementos mencionados anteriormente deberán ser impermeabilizados, comprobándose antes de su funcionamiento, su completa estanqueidad.

Tuberías:

- Conducción. Se usará PVC.
- Red de distribución. Se usará PVC.

Las tuberías deberán transportarse, almacenarse e instalarse, según las recomendaciones de los fabricantes.

Entre las ventajas del uso de tuberías y accesorios de PVC se anotan las siguientes:

- Costo inferior de suministro, transporte y tendido.
- Pérdida de fricción inferior a cualquier otro material conocido para tuberías de agua.
- No tóxico (si cumple las especificaciones).
- No conductor de energía eléctrica.
- Conductividad térmica baja.
- Junteo simple y rápido.
- Flexible en cierto grado.
- Extremadamente liviana y fácil de maniobrar.

El tipo de uniones considerado, corresponde a la junta de tipo anillos de caucho a presión, las mismas que tiene diversos nombres de fábrica: Anger, tyton o Z que son juntas mecánicas patentadas.

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

Las muestras se recogen manualmente en un día y hora específicos, aproximadamente a unos 500 m arriba de la captación del agua, posteriormente se llevan al laboratorio para los análisis respectivos, con la finalidad de obtener información necesaria para caracterizar el agua del río Yanayacu y para realizar el diseño de la planta de tratamiento de agua potable más adecuado. La frecuencia de la toma de muestras será: una muestra por mes. Logrando un total de cinco muestras recolectadas, de las cuales tres serán de la época invernal y las dos restantes serán en la época de verano.

Es importante mencionar que la mayoría de los análisis se realizarán en el laboratorio, a excepción de la Temperatura, pH, color y olor que se analizarán en el campo.

2.1.1 Para análisis Físico-químicos

Se toman 2 litros de agua cruda en una botella de plástico nueva, durante la recolección lavar el frasco 2 o 3 veces con el agua que se va a recolectar y llenar el frasco directamente, sin embudos ni recipientes intermediarios. Los análisis se realizan máximo en 48 horas después de su recolección, ya que los resultados serán más reales cuanto menor sea el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis. Para transportar las muestras se usó una hielera, con el propósito de mantener una temperatura baja y ausencia de luz para reducir la actividad microbológica.

El punto de recolección es en el Río Yanayacu. La muestra se colecta del centro del río y a una profundidad de cinco centímetros. De este modo se evitará recolectar material que esté en la superficie.

Finalmente se procede a identificar la muestra mediante los siguientes datos: localización, fuente, lugar de recolección, fecha y hora, temperatura del aire y del agua, condiciones meteorológicas, caudal del río, y nombre del recolector. De ser posible incluir una nota para mencionar cualquier irregularidad que se presente.

2.1.2 Para análisis microbiológicos

Se toman 250 mililitros de agua cruda en frascos estériles para muestras de orina de 150 mL con tapa rosca y boca ancha. Dentro de lo posible, el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis no debe exceder las 24 horas; se mantienen las muestras a bajas temperaturas (0 a 10 °C) y lejos de la luz solar. En éste caso no se lava el frasco, no se lo llena por completo, y se evita que la tapa toque cualquier superficie.

El punto de recolección es en el río Yanayacu, la muestra se debe recolectar no tan cerca de la orilla. El frasco se debe sostener con la mano para llenarlo en dirección contraria a la corriente. La recolección deberá durar tres minutos como máximo.

Finalmente para la identificación de la muestra, aparte de los datos mencionados en el caso de la recolección para el análisis físico-químico, se

debe dar los siguientes datos complementarios: caudal, y existencia de aguas residuales en las cercanías y distancia a la que están ubicadas.

2.2 METODOLOGÍA

Se empleó el método deductivo para investigar en las normas correspondientes las técnicas y métodos para realizar, la caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda en el laboratorio, ocupándose para esto el método experimental y finalmente se utilizó el método inductivo para concluir si la fuente de abastecimiento para la planta de agua potable es aceptable para proveer del servicio a la Parroquia Guasaganda.

2.2.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para los análisis de laboratorio que se le realizarán al agua del Rio Yanayacu se tomará como referencia a los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).

2.1.1.1 MÉTODOS

Tabla 2-1 Determinaciones Físico-Químicas

DETERMINACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Turbiedad	Nefelométrico
Color	Unid. Co/Pt
Olor	Percepción de los sentidos
Temperatura	Lectura con termómetro de mercurio
Densidad	Picnómetro
Viscosidad dinámica	Dinámica de una esfera
Sólidos Totales Disueltos	Secado a 180 °C
Sólidos Totales Suspendidos	Secado a 103 – 105° C
Dureza Total	Titulométrico de EDTA
Hierro	Espectrométrico de Absorción Atómica
Sulfatos	Turbidimétrico
Fosfatos	Colorimétrico – Ácido vanadomolibdofosfórico
Cloruros	Volumétrico -Nitrato Mercúrico
Nitratos	Espectrométrico ultravioleta selectivo
Nitritos	Colorimétrico
pH	Lectura con papel indicador
Conductividad	Electrométrico

Calcio	Espectrométrico de Absorción Atómica de llama
Magnesio	Espectrométrico de Absorción Atómica de llama
Alcalinidad	Titulométrico
Amonios	Electrométrico

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-2 Determinaciones Microbiológicas

DETERMINACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Coliformes Totales	Filtración de Membrana
Coliformes Fecales	Filtración de Membrana

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-3 Determinación realizadas en campo

DETERMINACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Caudal	Flotador

2.2.1.2 TÉCNICAS

Tabla 2-4 Potencial de Hidrógeno – pH

STANDARD METHODS *2310 A y B

DEFINICIÓN	El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Su escala típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - pH-metro - Vaso de precipitación de 250 ml
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar 250 ml de agua en el vaso de precipitación. - Se lavan los electrodos con agua destilada y se los introducen en la muestra, agitándola durante un tiempo. - Anotar el valor resultante cuando se establezca la lectura.

CÁLCULOS	Lectura directa

Tabla 2-5 Turbiedad

STANDARD METHODS *2130 B

Definición	Medida del grado de dispersión o absorción de la luz a través de una muestra de agua. Causa impacto en muestras de agua ya que protege a los microorganismos de la acción del cloro, además es fuente de alimento para los microorganismos e interfiere en el mantenimiento de un residual de cloro en los sistemas de distribución y en el ensayo de Coliformes.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Neofelómetro - Vaso de precipitación
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de río. - Solución estándar.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar la celda del equipo con agua destilada. - Calibra el equipo con la solución estándar más próxima al valor de la turbiedad de la muestra. - Si se sospecha que la muestra puede tener turbiedades superiores a 1000 UNT, la muestra debe ser diluida con agua destilada. - Agitar la muestra y colocarla en la celda. - Medir la turbiedad de la muestra.
CÁLCULOS	<p>La lectura es directa en el tablero del aparato, pero si se diluyó la muestra se aplicará el factor de corrección, así:</p> $\text{Turbiedad (NTU)} = A \times [(B + C) / C]$ <p>Donde: A es la turbiedad de la muestra diluida (U.N.T) B es el volumen de agua destilada, mL. C es el volumen de muestra, mL</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales

Tabla 2-6 Color

DEFINICIÓN	Es una percepción visual que se genera en el cerebro de los humanos al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores en la retina del ojo, que a su vez interpretan y distinguen las distintas
-------------------	--

	longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético (la luz).
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Ojo Humano - Tubos de ensayo - Hoja blanca
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de río. - Agua destilada.
PROCEDIMIENTO	<p>Color Aparente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar el agua de río en uno de los tubos de ensayo y el agua destilada en el otro. - Colocar los dos tubos sobre una hoja de papel blanca. - Apreciar el color. <p>Color Real</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se filtra el agua de río - Colocar el agua filtrada en uno de los tubos de ensayo y el agua destilada en el otro. - Colocar los dos tubos sobre una hoja de papel blanca. - Apreciar el color.
CÁLCULOS	Lectura directa

Tabla 2-7 Olor

DEFINICIÓN	Es la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. Aquello que no podemos percibir por el olfato se denomina inoloro.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Nariz Humana - Vasos de precipitación
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de río. - Agua destilada.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar el agua de río en uno de los vasos de precipitación y el agua destilada en el otro. - Oler las muestras.
CÁLCULOS	Lectura directa

Tabla 2-8 Temperatura

STANDARD METHODS *2550 B

FUNDAMENTO	La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío.
-------------------	---

MATERIALES E INSTRUMENTOS	- Termómetro de mercurio - Vaso de precipitación
REACTIVOS	- Agua de río.
PROCEDIMIENTO	- Colocar el bulbo del termómetro en la corriente representativa del agua de río. - Esperar hasta que se establezca la temperatura. - Observar la escala Celsius.
CÁLCULOS	Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales

Tabla 2-9 Densidad

DEFINICIÓN	Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	- Picnómetro - Balanza analítica - Líquido problema - Agua destilada
REACTIVOS	- Agua problema.
PROCEDIMIENTO	- Se pesa el picnómetro vacío, asegurándose de que esté limpio y seco. - Se pesa el picnómetro lleno del líquido problema, secándolo por fuera. - Mida la temperatura del agua y calcular la densidad del líquido problema a esa temperatura.
CÁLCULOS	$\rho \text{ (Kg/m}^3\text{)} = \frac{m_2 - m_1}{V_1}$ <p>Dónde: m_2 = Masa del picnómetro con el líquido problema, Kg m_1 = Masa del picnómetro vacío, Kg V_1 = Volumen del líquido problema, m³</p>

Fuente: <http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/Valderrama/LAB%204%20VISCOSIDAD.pdf>

Tabla 2-10 Viscosidad Dinámica

DEFINICIÓN	Es la medida de la resistencia del fluido a derramarse o fluir por un conducto. Por lo tanto la viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento, y es inversamente proporcional con la temperatura.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	- Cánica - Probeta

	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Marcador - Calibrador - Cronómetro - Picnómetro. - Cinta métrica.
REACTIVOS	- Agua problema.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Medimos el diámetro de la canica con el calibrador. - Medir la masa de la canica en la balanza analítica. - Medir la masa del picnómetro vacío. - Llenamos el picnómetro con el líquido problema y medimos la masa del volumen del líquido problema. - Colocar el líquido problema en una probeta y señalamos con un marcador la distancia que va recorrer la canica en un determinado tiempo que se lo toma con el cronómetro. Repetir éste procedimiento unas dos veces más para sacar un dato promedio más exacto. - Finalmente usar la fórmula respectiva para obtener el valor de la viscosidad del fluido.
CÁLCULOS	$\mu \text{ (Pa . s)} = \frac{2 r^2 g (\rho_{\text{esfera}} - \rho_{\text{líquido}})}{9 \frac{h}{t}}$ <p>Donde:</p> <p>μ = Viscosidad dinámica del líquido problema r = Radio de la esfera g = Gravedad ρ_{esfera} = Densidad de la esfera $\rho_{\text{líquido}}$ = Densidad del líquido problema t = Tiempo de caída de la esfera al pasar por un determinado tramo. h = Longitud del tramo por el que va pasar la esfera</p>

Fuente: Técnica de laboratorio de Físico-química.

Tabla 2-11 Conductividad Eléctrica

STANDARD METHODS *2510 A y B

DEFINICIÓN	Está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Conductímetro - Vaso de precipitación

	<ul style="list-style-type: none"> - Papel filtro - Embudo
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Con agua destilada se lava la celda y se calibra el equipo. - Se filtran 100 ml de la muestra a analizar. - Se toma el filtrado para medir su conductividad y al mismo tiempo se mide su temperatura.
CÁLCULOS	Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales

Tabla 2-12 Sólidos Totales Suspendidos

STANDARD METHODS *2540 D

DEFINICIÓN	Es la fracción de sólidos que quedan retenidos en el filtro. Los sólidos en suspensión pueden ser sedimentables cuando se eliminan por decantación, y no sedimentables cuando no se eliminan por decantación.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa - Vaso de precipitación - Filtros de Fibra de vidrio - Embudo - Desecador - Balanza analítica
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar el filtro previamente secado y enfriado. - Filtrar un volumen conocido de muestra. - Secar el filtro a 105 °C por un tiempo aproximado de una hora. - Colocar el filtro en el desecador hasta que se enfríe (10 min). - Pesar el filtro.
CÁLCULOS	$STS \text{ (mg/L)} = \frac{P_{f2} - P_{f1}}{V_m} \times 10^6$ <p>Dónde:</p> <p>P_{f2} = Peso del filtro más el residuo seco total, g</p> <p>P_{f1} = Peso del filtro vacío, g</p> <p>V_m = Volumen de la muestra, mL</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales

Tabla 2-13 Sólidos Totales Disueltos

STANDARD METHODS *2540 C

DEFINICIÓN	Son sólidos filtrables, que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada. Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa - Vaso de precipitación - Placa de evaporación - Filtro de fibra de vidrio - Embudo - Desecador - Balanza analítica
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Pesarse una placa de evaporación previamente secada y enfriada. - Filtrar un volumen conocido de muestra. - Lavar el filtro con agua destilada. - Evaporar el filtrado a 180 °C por un tiempo aproximado de una hora. - Colocar la placa en el desecador hasta que se enfríe (10 min). - Pesarse la placa de evaporación.
CÁLCULOS	$\text{STD (mg/L)} = \frac{P_{f2} - P_{f1}}{V_m} \times 10^6$ <p>Dónde:</p> <p>P_{f2} = Peso de la placa más el residuo seco total, g</p> <p>P_{f1} = Peso de la placa vacía, g</p> <p>V_m = Volumen de la muestra, mL</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales

Tabla 2-14 Dureza Total

STANDARD METHODS *2340 C

DEFINICIÓN	<p>Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.</p> <p>A la dureza se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado.</p>
MATERIALES E	<ul style="list-style-type: none"> - Erlenmeyer - Pizeta

INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Bureta - Pipeta volumétrica - Agitador magnético - Magneto - Probeta
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada. - Inhibidor de cianuro de Sodio. - EDTA 0.01 M - Indicador de Eriocromo T - Solución Tampón
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar 25 ml de agua problema en el erlenmeyer y diluir hasta 50 ml. - Añadir 2 ml de solución tampón (para obtener un pH de 10 ± 0.1) y 0.5 g de Eriocromo T. - Poco a poco añadir el titulante EDTA y remover continuamente hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. - Adicionar las últimas gotas de EDTA con intervalos de 3-5 segundos, hasta alcanzar el punto final (azul).
CÁLCULOS	<p style="text-align: center;">$\text{Dureza Total (mg/L)} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml de muestra}}$</p> <p>Donde:</p> <p>A = ml de titulante consumido</p> <p>B = mg de CaCO_3 equivalente a 1 ml de titulante EDTA.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-15 Cloruros

STANDARD METHODS *4500-Cl⁻ C

DEFINICIÓN	<p>Son los aniones inorgánicos más difundidos en las aguas naturales. No suele ser un ion que plantee problemas de potabilidad a las aguas de consumo, aunque es un indicador de contaminación de las aguas debido a la acción del hombre. Esto es así porque, aunque la concentración de cloruro en aguas naturales es muy variable pues depende de las características de los terrenos que atraviesan, dicha concentración es menor comparada con la concentración del ion en aguas residuales ya que la actividad humana incrementa necesariamente dicha concentración.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Erlenmeyer - Microbureta - Pipeta volumétrica - Balanza analítica

REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada. - Bicarbonato sódico. - Ácido Nítrico, 0.1 N - Hidróxido de sodio, 0.1 N - Reactivo indicador-acidificador - Titulante nitrato mercúrico, 0.01 N
PROCEDIMIENTO	<p>Titulación muestra problema</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar 100 ml de la muestra problema en un erlenmeyer. - Añadir 1 ml de reactivo indicador-acidificador. - Titular poco a poco con nitrato mercúrico 0.01 N hasta punto final purpura. <p>Titulación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar 100 ml de agua destilada en un erlenmeyer que contenga 10 mg de Bicarbonato sódico. - Añadir 1 ml de reactivo indicador-acidificador. - Titular con nitrato mercúrico 0.01 N.
CÁLCULOS	$\text{Cloruros (mg/L)} = \frac{(A - B) \times N \times 35.45}{\text{ml de muestra}}$ <p>Donde:</p> <p>A = ml de titulante consumido para la muestra</p> <p>B = ml de titulante consumido para el blanco</p> <p>N = Normalidad del Nitrato mercúrico, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-16 Hierro
STANDARD METHODS *3111 A y B

DEFINICIÓN	<p>Es un constituyente normal del organismo humano. Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.</p> <p>La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro de Absorción atómica. - Mechero - Lámpara - Tubo de ventilación - Válvula reductora de presión.

REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua libre de metales. - Aire purificado y seco. - Acetileno. - Ácido clorhídrico. - Ácido nítrico. - Solución de calcio. - Soluciones patrón de hierro.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Mézclense 100 ml de muestra o patrón con 25 ml de solución de calcio antes de la aspiración. - Para el uso del espectrofotómetro léase el manual de funcionamiento y siga las sugerencias del fabricante para el elemento que se mide. <p>NOTA: Trácese curvas de calibración con la concentración original de los patrones antes de la dilución con solución de calcio.</p>
CÁLCULOS	Determinese la concentración de hierro a partir de la curva de calibración, tras sustraer la absorbancia de la muestra y de los patrones.

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-17 Calcio
STANDARD METHODS *3111 A y B

DEFINICIÓN	<p>El calcio es un metal alcalinotérreo, arde con llama roja formando óxido de calcio.</p> <p>Reacciona violentamente con el agua en su estado de metal (proveniente de fábrica) para formar hidróxido $\text{Ca}(\text{OH})_2$ desprendiendo hidrógeno. De lo contrario en su estado natural no reacciona con el H_2O.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro de Absorción atómica. - Mechero - Lámpara - Tubo de ventilación - Válvula reductora de presión. - Pipetas. - Matraz balón.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua libre de metales. - Aire purificado y seco. - Acetileno. - Ácido clorhídrico. - Ácido nítrico. - Solución de lantano. - Soluciones patrón de calcio.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Homogenizar la muestra. - Mézclense 100 ml de muestra o patrón con 10 ml

	<p>de solución de lantano antes de la aspiración.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el uso del espectrofotómetro léase el manual de funcionamiento y siga las sugerencias del fabricante para el elemento que se mide. <p>NOTA: Trácese curvas de calibración con la concentración original de los patrones antes de la dilución con solución de lantano.</p>
CÁLCULOS	Determinése la concentración de calcio a partir de la curva de calibración, tras sustraer la absorbancia de la muestra y de los patrones.

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-18 Magnesio
STANDARD METHODS *3111 A y B

DEFINICIÓN	<p>El magnesio no se encuentra en la naturaleza en estado libre (como metal), sino que forma parte de numerosos compuestos, en su mayoría óxidos y sales; es insoluble.</p> <p>Al arder en aire, el magnesio produce una llama blanca muy intensa incandescente, la cual fue muy utilizada en los comienzos de la fotografía.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro de Absorción atómica. - Mechero - Lámpara - Tubo de ventilación - Válvula reductora de presión. - Pipetas. - Matraz balón.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua libre de metales. - Aire purificado y seco. - Acetileno. - Ácido clorhídrico. - Ácido nítrico. - Solución de lantano. - Soluciones patrón de magnesio.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Homogenizar la muestra. - Mézclense 100 ml de muestra o patrón con 10 ml de solución de lantano antes de la aspiración. - Para el uso del espectrofotómetro léase el manual de funcionamiento y siga las sugerencias del fabricante para el elemento que se mide. <p>NOTA: Trácese curvas de calibración con la concentración original de los patrones antes de la dilución con solución de lantano.</p>
CÁLCULOS	Determinése la concentración de magnesio a partir de la curva de calibración, tras sustraer la absorbancia de la

	muestra y de los patrones.
--	----------------------------

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-19 Sulfatos

STANDARD METHODS *4500-SO₄²⁻ E

DEFINICIÓN	<p>Son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.</p> <p>Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.</p> <p>Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro - Agitador magnético. - Cronómetro. - Probeta. - Erlenmeyer. - Cuchara de medida, con capacidad de 0.2 a 0.3 ml.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada. - Solución patrón de sulfato. - Cloruros de bario. - Solución tampón A.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar en un erlenmeyer 100 ml de muestra. - Añadir 20 ml de solución tampón y mezclar. - Mientras se agita la mezcla añadir una cucharada de cristales de bario. - Seguir agitando por 60 ± 2 segundos a velocidad constante. - Medir la absorbancia de la solución problema en el espectrofotómetro a 420 nm.
CÁLCULOS	<p>Determinese la concentración de sulfatos directamente a partir de la curva de calibrado, tras sustraer la absorbancia de la muestra antes de añadir cloruro de bario.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-20 Nitritos

STANDARD METHODS *4500-NO₂⁻ B

DEFINICIÓN	<p>El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas.</p> <p>Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro - pH-metro - Filtro de membrana de 0.45 µm.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada libre de nitrito. - Reactivo colorante. - Ácido Clorhídrico - Hidróxido de Sodio.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Filtrar la muestra problema a través de un filtro de membrana de 0.45 µm. - Ajustar el pH entre 5-9. - Añadir 2 ml de reactivo de color a 50 ml de muestra en una porción diluida a 50 ml y mézclase. - Medir la absorbancia a 543 nm, entre 10 min y 2 horas después de añadir el reactivo de color a las muestras y patrones.
CÁLCULOS	<p>Obtégase la concentración de la muestra directamente a partir de la curva patrón.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-21 Nitratos
STANDARD METHODS *4500-NO₃⁻ A y B

DEFINICIÓN	<p>Son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Es por eso que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro - pH-metro - Filtro de membrana de 0.45 µm.

REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de problema. - Agua destilada libre de nitrato. - Solución madre de nitrato. - Solución intermedia de nitrato. - Ácido Clorhídrico, 1 N.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Filtrar 50 ml de muestra problema a través de un filtro de membrana de 0.45 µm. - Añadir 1 ml de ácido clorhídrico y mezclar bien. - Medir la absorbancia para nitratos utilizando la longitud de onda de 220 nm y la interferencia debida a materia orgánica disuelta a 275 nm.
CÁLCULOS	<p style="text-align: center;">Absorbancia corregida de la muestra = (A - B)</p> <p>Donde:</p> <p>A = Absorbancia leída a 220 nm.</p> <p>B = Absorbancia leída a 275 nm.</p> <p>Con las absorbancias corregidas de la muestra, se obtiene directamente la concentración de nitratos a partir de la curva patrón.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-22 Fosfatos

STANDARD METHODS *4500-P A,B y C

DEFINICIÓN	<p>Comúnmente se los encuentra en el agua porque son nutrientes de la vida acuática y limitantes del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etcétera.</p> <p>Una fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro - Filtro de membrana de 0.45 µm de diámetro del poro. - Embudo. - pH metro. - Erlenmeyer. - Matraz aforado de 50 ml. - Matraz aforado de 1000 ml. - Reverbero.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de problema.

	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada. - Indicador de fenolftaleína. - Ácido Clorhídrico. - Carbón activado. - Reactivo vanadato-molibdato. - Solución patrón de fosfato.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Filtrar 35 ml de muestra en un matraz. - Añádanse 10 ml de reactivo vanadato-molibdato y diluir hasta los 50 ml. - Prepárese un blanco con 35 ml de agua destilada en lugar de la muestra. - Al cabo de 10 minutos, médase la absorbancia de la muestra frente a un blanco a longitud de onda de 400 a 490 nm.
CÁLCULOS	Obténgase la concentración de Fósforo directamente a partir de la curva patrón y multiplicándola por el factor de dilución respectivo.

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-23 Alcalinidad
STANDARD METHODS *2320 B

DEFINICIÓN	<p>Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. La alcalinidad de un agua natural o tratada se debe principalmente a los aniones bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.</p> <p>Alcalinidad a la fenolftaleína es la correspondiente a los iones hidróxidos más la mitad de la concentración de los iones carbonatos.</p> <p>Alcalinidad total es la atribuible a los iones hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.</p>
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Buretas - Pipetas - Agitador magnético - Erlenmeyer.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de problema. - Agua destilada. - Indicador de fenolftaleína. - Solución de Carbonato de Calcio 0.05 N. - Solución estándar de ácido sulfúrico 0.1 N.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar 50 ml de muestra en un matraz. - Añádanse 2 gotas de fenolftaleína. - Homogenizar la mezcla. - Titular con solución de ácido sulfúrico 0.1 N hasta viraje de color.
CÁLCULOS	<p>La normalidad del ácido sulfúrico estándar es:</p> $N = \frac{A \times B}{53 \times C}$ <p>Donde:</p>

	<p>N = normalidad del ácido sulfúrico en eq/L A = g Na₂CO₃/L de la solución de carbonato de sodio 0.05 N. B = mL de solución de carbonato de sodio tomados para la valoración del ácido. C = mL de ácido utilizados en su valoración.</p> $\text{Alcalinidad (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{G \times N \times 50000}{T}$ <p>Donde: G = mL de ácido sulfúrico utilizados en la titulación. N = normalidad del ácido sulfúrico utilizado para la determinación. T = mL de muestra.</p>
--	---

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-24 Amonio

DEFINICIÓN	Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas. Su presencia en el agua favorece la multiplicación de microorganismos y algas. Está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües, por lo que podría constituirse en un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - pH-metro. - Electrodo selectivo de amonio. - Agitador magnético - Vaso de precipitación. - Barras magnéticas.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de problema. - Agua destilada. - Hidróxido de sodio 10 M. - Ácido clorhídrico concentrado. - Solución stock de amonio, 1 g N/L - Solución estándar de amonio 10 mg N/L.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar 100 ml de muestra en un vaso bohemia. - Sumergir el electrodo en la muestra y mezclar mediante agitación magnética. - Agregar solución de hidróxido de sodio 10 M para alcanzar un pH igual a 11, generalmente 1 ml es suficiente. - Mantener el electrodo en solución hasta obtener una lectura estable.
CÁLCULOS	<p style="text-align: center;">Amonio (mg NH₃-N/L) = A x B x (101 + C)/ 101</p> <p>Donde: A = factor de dilución de la muestra (si es el caso). B = concentración de NH₃-N leída de la curva de calibración.</p>

	C = volumen en exceso de NaOH 10 M agregado, en mL.
--	---

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-25 Coliformes Totales
STANDARD METHODS *9222 B

DEFINICIÓN	El grupo de bacterias coliformes para la técnica de filtración por membrana se define como todos los bacilos gram negativos, aeróbicos y algunos anaeróbicos facultativos, no formadores de endosporas, que cuando se incuban en medio Endo con lactosa por 24 horas a 35 °C ± 0.5 °C, desarrollan colonias color rojo con brillo verde metálico.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Microscopio binocular - Balanza analítica - Bomba de vacío - Kitasato - Trampa de agua - Embudo - Autoclave - Incubadora - Mecheros - Cajas Petri estériles - Tubos de ensayo - Filtros de nitrocelulosa cuadrículados de 0.45 ± 0.02 µm de diámetro de poro. - Pipetas de vidrio.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema. - Agua destilada. - Agua peptonada estéril al 1 % y de pH neutro. - Etanol al 95% - Agar. - Medio de cultivo líquido M-ENDO.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar el medio de cultivo M-ENDO como lo indica el envase y agregarle agar al 1.5 % y fundir. - Una vez termostatizado el cultivo a 45°C colocar aproximadamente 3 ml por caja Petri. - Filtrar un volumen adecuado de muestra (de acuerdo a la densidad bacteria esperada y al origen de la muestra). - Colocar el volumen filtrado en la caja con medio de cultivo M-ENDO. - La caja Petri con el filtro se coloca en la estufa de incubación a 35 ± 0.5 °C en posición invertida durante 24 horas. - Realizar el recuento de las colonias típicas de

	coliformes con un microscopio binocular con un aumento de 10 o 15X.
CÁLCULOS	<p>Total de colonias de coliformes = $\frac{\text{colonias de coliformes contadas} \times 100}{\text{mL de muestra filtrados}}$</p> <p>Los resultados deben expresarse por Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/ 100 mL.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-26 Coliformes Fecales

STANDARD METHODS *9222 D

DEFINICIÓN	El grupo de bacterias coliformes fecales para la técnica de filtración por membrana se define como todos los bacilos gram negativos, aeróbicos y algunos anaeróbicos facultativos, no formadores de endosporas, que cuando se incuban en medio M-FC con lactosa por 24 horas a 44.5 ± 0.2 °C desarrollan colonias color azul.
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Microscopio binocular - Balanza analítica - Bomba de vacío - Kitasato - Trampa de agua - Embudo - Autoclave - Incubadora - Mecheros - Cajas Petri estériles - Tubos de ensayo - Filtros de nitrocelulosa cuadrículados de 0.45 ± 0.02 µm de diámetro de poro. - Pipetas de vidrio.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Agua de problema. - Agua destilada. - Agua peptonada estéril al 1 % y de pH neutro. - Etanol al 95% - Agar. - Medio de cultivo líquido M-FC.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar el medio de cultivo M-FC como lo indica el envase y agregarle agar al 1.5 % y fundir. - Una vez termostatizado el cultivo a 45°C colocar aproximadamente 3 ml por caja Petri. - Filtrar un volumen adecuado de muestra (de acuerdo a la densidad bacteria esperada y al origen de la muestra).

	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar el volumen filtrado en la caja con medio de cultivo M-FC. - La caja Petri con el filtro se coloca en la estufa de incubación a 44.5 ± 0.2 °C en posición invertida durante 24 horas. - Realizar el recuento de las colonias típicas de coliformes con un microscopio binocular con un aumento de 10 o 15X.
CÁLCULOS	<p>Total colonias coliformes fecales = $\frac{\text{colonias de coliformes contadas} \times 100}{\text{mL de muestra filtrados}}$</p> <p>Los resultados deben expresarse por Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/ 100 mL.</p>

Fuente: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.

Tabla 2-27 Caudal

DEFINICIÓN	Volumen de agua que pasa en un determinado tiempo por un punto (de un río por ejemplo).
MATERIALES E INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Cinta métrica de 30 metros. - Cronómetro - Flotador - Varas de madera
REACTIVOS	- Agua del río en un tramo.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionamos un tramo del río uniforme, sin piedras grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos. - Colocar varas para macar los extremos del tramo del río donde se medirá el caudal. - Medir la distancia entre vara y vara. - Medir ancho y profundidad del tramo del río. - Hacer recorrer el flotador entre vara y vara, pero tomando el tiempo que tarda el flotador en recorrer el tramo. - Realizar el procedimiento unas tres veces y sacar un promedio para obtener un dato de caudal más exacto. - Para obtener un valor más real consideramos el tipo de suelo por el que circula el agua, multiplicando el valor hallado del caudal por un coeficiente de fricción del suelo: para suelos lisos y suaves es 0.9 y para suelos rocosos y ásperos es 0.8.
CÁLCULOS	Caudal = Área del río x Velocidad del flotador

	Los resultados deben expresarse en m ³ /s.
--	---

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/20584309/Medicion-del-caudal-por-el-metodo-del-flotador>

2.3 PRUEBAS DE TRATABILIDAD

Concluida la caracterización del agua y durante la parte final de este proceso se realizaron las pruebas de tratabilidad.

Éstas consisten en someter el agua a los procesos y operaciones que se supone puedan eliminar o reducir los contaminantes que exceden la norma.

2.3.1 PRUEBA DE JARRAS

Tabla 2-28 Prueba de Jarras

DEFINICIÓN	Se denomina “Prueba de Jarras” a la prueba de tratabilidad para los procesos físico-químicos.
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar 1000 mL (1 L) de agua cruda en cada uno de los vasos de precipitado del equipo de jarras con capacidad de 1 L y acomodar los vasos en el equipo. - Mezcla rápida. Para simular la mezcla rápida, comience mezclando los vasos a 100 rpm. Dosifique la cantidad de sulfato de aluminio en cada uno de los vasos lo más rápido posible, tratando de aplicarlo al mismo tiempo. El tiempo de mezcla rápida deberá ser determinado para cada una de las muestras, pudiendo ser entre 10 y 30 segundos. - El proceso de floculación se simula aplicando el mezclado gradual inmediatamente después de la mezcla rápida. - Sedimentación, Deje sedimentar por 20 minutos evitando que los vasos estén expuestos a la luz solar. - Muestreo, Cuidadosamente decante aproximadamente 150 mL del sobrenadante de cada vaso, evitando alterar las partículas sedimentadas y la nata de la superficie del agua.
OBSERVACIONES Y MEDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo: Registre el tiempo mínimo (en minutos) que se requiere para que se formen los flóculos pequeños durante la etapa de floculación. - Tamaño: Al final del periodo de floculación registre el tamaño de la mayoría de los flóculos. - Calidad del agua: Mida la temperatura, turbiedad y pH del agua tratada (sobrenadante).

	Opcionalmente se puede medir el color y la alcalinidad del agua.
PRUEBAS DE CONTROL DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización del coagulante, Considerando los costos de los reactivos, se deberá emplear sulfato de aluminio o cloruro férrico como coagulante principal, pudiendo utilizar un polímero como ayuda de coagulación. - Dosificación: La dosificación adecuada del coagulante principal se evalúa en dos etapas. Primero, se dosifica el coagulante añadiendo 2 g/100 mL. Posteriormente, se realiza la prueba en una dosificación más pequeña considerando los resultados de la primera etapa.

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1 Análisis físico-químicos y microbiológicos antes y después del tratamiento

Después de los respetivos muestreos y análisis de las muestras de agua del río Yanayacu (fuente de abastecimiento), se han obtenido los siguientes datos:

Tabla 2-29 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #1 (2013-04-04)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	8,00
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	7,15
Conductividad	µS/cm	< 1250	36
Turbiedad	UNT	5	0,6
Cloruros	mg/L	250	1,4
Dureza	mg/L	300	24,0
Calcio	mg/L	70	6,4
Magnesio	mg/L	30 – 50	1,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	40,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	40,8
Sulfatos	mg/L	200	0,2
Amonios	mg/L	1.0	0,191
Nitritos	mg/L	0.01	0,01
Nitratos	mg/L	10	0,900
Hierros	mg/L	0.30	0,059
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,30

Sólidos Totales	mg/L	1000	68,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	22,0

Tabla 2-30 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #1 (2013-04-04)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	1208
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	1040

Tabla 2-31 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #2 (2013-05-07)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	7,00
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	6,90
Conductividad	μS/cm	< 1250	36
Turbiedad	UNT	5	0,6
Cloruros	mg/L	250	1,4
Dureza	mg/L	300	36,0
Calcio	mg/L	70	6,4
Magnesio	mg/L	30 – 50	4,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	40,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	40,8
Sulfatos	mg/L	200	0,4
Amonios	mg/L	1.0	0,00
Nitritos	mg/L	0.01	0,01
Nitratos	mg/L	10	1,80
Hierros	mg/L	0.30	0,112
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,295
Sólidos Totales	mg/L	1000	48,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	22,6

Tabla2-32 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #2 (2013-05-07)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	2800
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	300

Tabla 2-33 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización –
Muestra #3 (2013-08-13)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	7,00
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	8,49
Conductividad	μS/cm	< 1250	40
Turbiedad	UNT	5	0,8
Cloruros	mg/L	250	7,1
Dureza	mg/L	300	40,0
Calcio	mg/L	70	9,6
Magnesio	mg/L	30 – 50	3,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	80,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	40,8
Sulfatos	mg/L	200	3,0
Amonios	mg/L	1.0	0,185
Nitritos	mg/L	0.01	0,015
Nitratos	mg/L	10	0,90
Hierros	mg/L	0.30	0,07
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,19
Sólidos Totales	mg/L	1000	88,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	38,0

Tabla 2-34 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización –
Muestra #3 (2013-08-13)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	280
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	180

* Valores referenciales para aguas de consumo humano según la norma INEN 1108.

Tabla 2-35 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización –
Muestra #4 (2013-10-07)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	3,00
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	6,8
Conductividad	μS/cm	< 1250	68
Turbiedad	UNT	5	0,2
Cloruros	mg/L	250	2,8
Dureza	mg/L	300	32,0

Calcio	mg/L	70	9,6
Magnesio	mg/L	30 – 50	1,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	160,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	81,6
Sulfatos	mg/L	200	4,07
Amonios	mg/L	1.0	0,01
Nitritos	mg/L	0.01	0,00
Nitratos	mg/L	10	0,80
Hierros	mg/L	0.30	0,03
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,27
Sólidos Totales	mg/L	1000	42,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	92,0

Tabla 2-36 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #4 (2013-10-07)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	806
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	430

* Valores referenciales para aguas de consumo humano según la norma INEN 1108.

Tabla 2-37 Análisis Físico-Químico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	<1
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	7,46
Conductividad	μS/cm	< 1250	47
Turbiedad	UNT	5	0,2
Cloruros	mg/L	250	0,7
Dureza	mg/L	300	72,0
Calcio	mg/L	70	11,2
Magnesio	mg/L	30 – 50	10,7
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	50,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	51,0
Sulfatos	mg/L	200	5,9
Amonios	mg/L	1.0	0,065
Nitritos	mg/L	0.01	0,00
Nitratos	mg/L	10	0,40
Hierros	mg/L	0.30	0,016
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,071
Sólidos Totales	mg/L	1000	220,0

Sólidos Disueltos	mg/L	500	29,2
Materia Orgánica	mg/L	---	0,8

Tabla 2-38 Análisis Microbiológico del Agua Antes del Tratamiento de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	300
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	Ausencia

* Valores referenciales para aguas de consumo humano según la norma INEN 1108.

Tabla 2-39 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento de Potabilización – Muestra #4 (2013-10-07)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	1
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	7,12
Conductividad	μS/cm	< 1250	139
Turbiedad	UNT	5	0,8
Cloruros	mg/L	250	8,5
Dureza	mg/L	300	48,0
Calcio	mg/L	70	12,8
Magnesio	mg/L	30 – 50	3,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	40,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	20,4
Sulfatos	mg/L	200	31,5
Amonios	mg/L	1.0	3,64
Nitritos	mg/L	0.01	0,02
Nitratos	mg/L	10	1,3
Hierros	mg/L	0.30	0,05
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,01
Sólidos Totales	mg/L	1000	108,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	86,0
Materia Orgánica	mg/L	---	0.24

Tabla 2-40 Condiciones del Tratamiento – Muestra # 4

Concentración de la solución de sulfato de aluminio	0.2 g/100mL
Volumen utilizado	3 mL
Cantidad de carbón activado granular	0.4 g/L

Tabla 2-41 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento 1 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	<1
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	8,50
Conductividad	μS/cm	< 1250	83
Turbiedad	UNT	5	0,5
Cloruros	mg/L	250	1,4
Dureza	mg/L	300	152,0
Calcio	mg/L	70	12,8
Magnesio	mg/L	30 – 50	29,2
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	110,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	112,2
Sulfatos	mg/L	200	4,1
Amonios	mg/L	1.0	0,036
Nitritos	mg/L	0.01	0,00
Nitratos	mg/L	10	5,2
Hierros	mg/L	0.30	0,016
Fosfatos	mg/L	,m	0,031
Sólidos Totales	mg/L	1000	204,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	51,5
Materia Orgánica	mg/L	---	0.6

Tabla 2-42 Condiciones del Tratamiento 1 – Muestra #5

Concentración de la solución de sulfato de aluminio	28 mg/L
Volumen utilizado	5 mL
Cantidad de carbón activado granular	0.2 g/L

Tabla 2-43 Análisis Microbiológico del Agua Después del Tratamiento 1 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	Ausencia

* Valores referenciales para aguas de consumo humano según la norma INEN 1108.

Tabla 2-44 Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento 2 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Color	Unid. Co/Pt	15	1
Olor	----	No objetable	Inoloro
pH	Unid.	6.5 - 8.5	7,57
Conductividad	μS/cm	< 1250	46
Turbiedad	UNT	5	0,2
Cloruros	mg/L	250	0,7
Dureza	mg/L	300	48,0
Calcio	mg/L	70	8,0
Magnesio	mg/L	30 – 50	6,8
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	70,0
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	71,4
Sulfatos	mg/L	200	3,4
Amonios	mg/L	1.0	0,029
Nitritos	mg/L	0.01	0,00
Nitratos	mg/L	10	0,3
Hierros	mg/L	0.30	0,016
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,1
Sólidos Totales	mg/L	1000	112,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	28,6

Tabla 2-45 Condiciones del Tratamiento 2 – Muestra #5

Concentración de la solución de sulfato de aluminio	4.5 mg/L
Volumen utilizado	10 mL

Tabla 2-46 Análisis Microbiológico del Agua Después del Tratamiento 2 de Potabilización – Muestra #5 (2013-10-25)

DETERMINACIONES	UNIDADES	*LÍMITES	VALOR RESULTANTE
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	Ausencia

Se obtuvieron los siguientes resultados, al utilizar hipoclorito de calcio:

Tabla 2-47 Tratamiento con Hipoclorito de Calcio

TRATAMIENTO	1	2	3
CONCENTRACIÓN	70 mg/L	0.25 %	0.25 %

VOLUMEN	10 mL	10 mL	10 mL
CLORO RESIDUAL	0.1 mg/L	0.6 mg/L	0.4 mg/L
TIEMPO CONTACTO	1h	1h	1h
MUESTRA	#5	#5	#4

Tabla 2-48 Datos de Análisis de Coliformes Totales antes y después del tratamiento

NÚMERO DE MUESTRA	VALOR DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml) ANTES DEL TRATAMIENTO	LÍMITE PERMISIBLE DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	VALOR DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml) DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
4	806	0	0
5	300	0	0
PROMEDIO	553	0	0

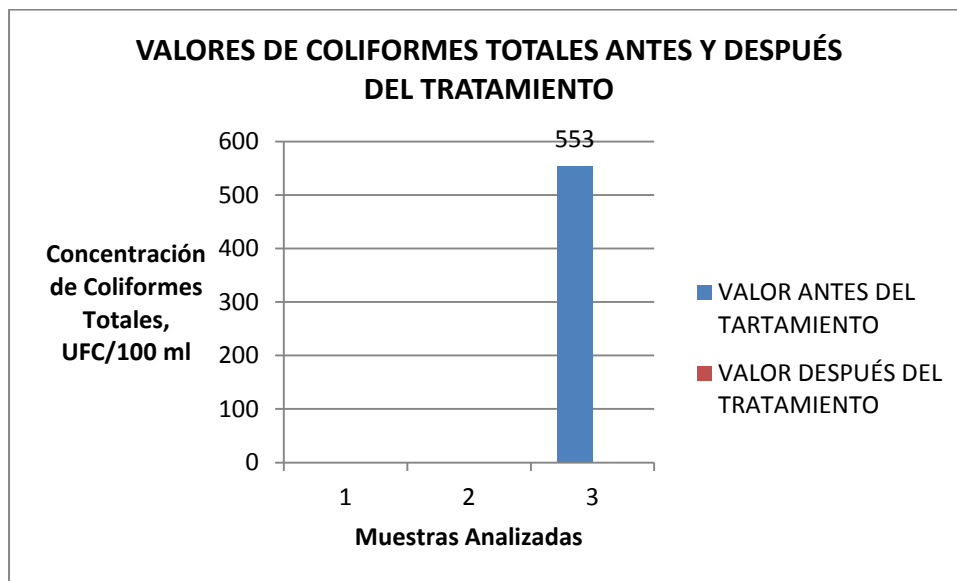
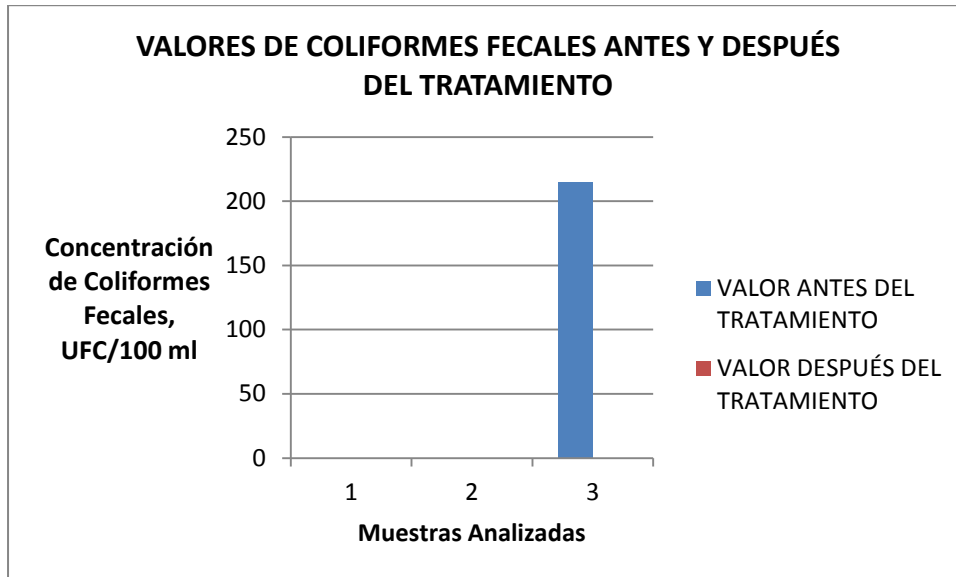


Tabla 2-49 Datos de Análisis de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento

NÚMERO DE MUESTRA	VALOR DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml) ANTES DEL TRATAMIENTO	LÍMITE PERMISIBLE DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	VALOR DE COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml) DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
4	430	0	0
5	0	0	0
PROMEDIO	215	0	0



2.4.2 Valores medidos In-situ

Tabla 2-50 Valores de Temperatura y pH In-situ

MUESTRA # 1	
Temperatura, °C	21
pH	8
MUESTRA # 2	
Temperatura, °C	20
pH	7.5
MUESTRA # 3	
Temperatura, °C	22
pH	8
MUESTRA # 4	
Temperatura, °C	21
pH	7.5
MUESTRA # 5	
Temperatura, °C	20
pH	7.5

2.4.3 Otros datos hallados en el laboratorio

Tabla 2-51 Datos experimentales para el diseño del Desarenador

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Masa de la canica	1.46×10^{-3} Kg
Radio de la canica	0.007 m
Masa del picnómetro vacío	0.013 Kg
Masa del picnómetro con el agua a 21 °C	0.023 Kg
Volumen del agua en el picnómetro	1.0×10^{-5} m ³
Distancia del tramo que recorre la esfera	0.375 m

Tiempo de recorrido de la esfera por el tramo	0.2 s
	0.24 s
	0.22 s

Fuente: Autor

2.4.4 Datos para la determinación del caudal de la fuente de abastecimiento

Tabla 2-52 Datos para determinar el caudal del río

MUESTRA # 1	
Ancho del Río	8.50 m
Distancia del tramo	2.75 m
Profundidad del río	0.26 m
	0.35 m
	0.46 m
Tiempo de recorrido de la maracuyá en el tramo	2.87 s
	7.29 s
	5.58 s
MUESTRA # 2	
Ancho del Río	8.50 m
Distancia del tramo	2.20 m
Profundidad del río	0.33 m
	0.35 m
	0.38 m
Tiempo de recorrido de la maracuyá en el tramo	3.33 s
	7.09 s
	5.40 s
MUESTRA # 3	
Ancho del Río	8.50 m
Distancia del tramo	2.50 m
Profundidad del río	0.30 m
	0.23 m
	0.48 m
Tiempo de recorrido de la maracuyá en el tramo	5.50 s
	4.02 s
	6.97 s
MUESTRA # 4	
Ancho del Río	8.50 m
Distancia del tramo	2.50 m
Profundidad del río	0.25 m
	0.45 m
	0.28 m
Tiempo de recorrido de la maracuyá en el tramo	5.20 s
	4.22 s
	7.27 s
MUESTRA # 5	
Ancho del Río	8.50 m
Distancia del tramo	2.75 m
Profundidad del río	0.23 m
	0.43 m
	0.27 m

Tiempo de recorrido de la maracuyá en el tramo	7.33 s
	4.00 s
	5.21 s

2.5 DIAGNÓSTICO

Según resultados de los análisis realizados al agua antes de su tratamiento de potabilización, el agua del río Yanayacu es una fuente de abastecimiento aceptable para la Planta de Tratamiento de Agua de la Parroquia Guasaganda. Sin embargo según las condiciones físico-químicas durante los cinco meses de estudio (invierno y verano) de la fuente de abastecimiento, no es necesario realizar coagulación-floculación a nuestra agua ya que la turbiedad es menor a 1 NTU y los sólidos totales disueltos son menores a 50 ppm por lo que no compensa económicamente realizar una unidad de coagulación-floculación, sedimentador, gasto permanente de energía para las unidades y gasto del floculante. Mejor lo que se logra en éste caso es subir los valores de turbiedad, sólidos totales disueltos y conductividad. Aunque nuestra agua al pasar por un filtro de arena-grava-carbón activado retiene sólidos suspendidos, ciertos sólidos disueltos, disminuye el color, un poco de materia orgánica y por ende cierta cantidad de coliformes.

Pero cabe mencionar que en cambio la cantidad de coliformes totales y fecales si se encuentran sobre los valores aceptables por la norma INEN 1108 obteniendo valores promedios de 1078.8 UFC/100mL y 390 UFC/100mL respectivamente, por lo que es indispensable clorar el agua con el hipoclorito de calcio que económicamente es el más factible y sólo se empleará un tanque hipoclorador por goteo. La contaminación bacteriológica se debe a que la fuente de agua es superficial y a la presencia de ganado en las cercanías del río. En si la presencia de microorganismos en el agua es por la falta de protección de la fuente. Según análisis de laboratorio realizados para eliminar los coliformes totales y fecales presentes en mencionada agua y para obtener una dosis de cloro residual de 0.6 ppm a una Temperatura de 21°C necesitamos una concentración de hipoclorito de calcio de 2.5 g/L, y un volumen de 10 mL de la solución de hipoclorito de calcio para desinfectar 1L de agua cruda previamente filtrada y por un tiempo de contacto, mayor a 30 minutos.

El agua tiene un pH ligeramente mayor al neutro, pero con un contenido aceptable de alcalinidad total (74 mg/L) por lo que se presume el agua no será mayormente corrosiva e incrustante. Mientras que los valores de densidad y viscosidad dinámica del agua son ligeramente mayores a los valores de tablas.

Según los datos hallados para determinar el caudal del río: la profundidad y el ancho del río han permanecido en el tiempo, ya sea en verano o en invierno.

En base a éste estudio y para el cumplimiento de las normas INEN 1108, se diseñará un tanque para la remoción de partículas sedimentables (desarenador), dos filtros lentos de arena y para cumplir con el proceso de desinfección un hipoclorador y un tanque de almacenamiento. Cabe recalcar que la parroquia cuenta con una obra de captación con rejilla para la remoción de sólidos grandes.

Sin embargo, se ha previsto un área suficiente para construir un floculador y sedimentador, en el caso que fuera necesario completar la purificación del agua, lo que deberá definirse en el futuro según al desarrollo de la comunidad y a la calidad del agua de la fuente.

2.6 DATOS ADICIONALES

Tabla 2-53 Datos teóricos para el diseño del Desarenador

PARÁMETROS	VALOR
Densidad del agua a 21 °C	997.8 Kg/m ³
Viscosidad del agua a 21°C	9.94 x 10 ⁻⁴ Kg/ms

Fuente: Autor

Tabla 2-54 Datos para la proyección futura

1990	2010	Tasa de Crecimiento Anual 1990-2010
3052	3908	1.24%

FUENTE: Autor

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 Población futura

$$Pf = Po \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

Donde:

Pf: Población Futura en hab.

Po: Población actual en hab.

I: Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje.

t: Número de años de estudio o período de diseño

Datos:

Tasa de crecimiento anual = 1,24 %

Población actual = 4055

Tabla 3-1 Proyección de la Población

NÚMERO DE AÑO	AÑO	POBLACIÓN
0	2013	4055
1	2014	4105
2	2015	4156
3	2016	4208
4	2017	4260
5	2018	4313
6	2019	4366
7	2020	4420
8	2021	4475
9	2022	4531
10	2023	4587
11	2024	4644
12	2025	4701
13	2026	4760
14	2027	4819
15	2028	4878
16	2029	4939
17	2030	5000
18	2031	5062
19	2032	5125
20	2033	5188

3.1.2 Dotación básica

$$DB = \frac{DF}{FM}$$

Donde:

DF = Dotación Futura

FM = Factor de Mayorización

Datos:

Dotación Futura = 190 L/hab-d (CPE INEN 5. Parte 9-1:1992)

Factor de Mayorización = 1.83

$$DB = \frac{190}{1.83}$$

$$DB = 104 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}$$

3.1.3 Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{P_f * D_f}{86400}$$

Donde:

Qmd = Caudal medio diario en L/s

P_f = Población futura

D_f = Dotación futura en L/hab-d

Datos:

Población futura = 5188 hab

Dotación futura 190 L/hab-d

1 día = 86400 s

$$Qmd = 11.4 \frac{L}{s}$$

3.1.4 Caudal máximo diario (QMáx.d)

$$QMáx.d = K_1 * Qmd$$

Donde:

QMáx.d = Caudal máximo diario en L/s

K₁ = Coeficiente de variación máxima diaria

Qmd = Caudal medio diario en L/s

Datos:

Coefficiente de variación máxima diaria = 1,4

Caudal medio diario = 11,4 L/s

$$QM_{\text{Máx. d}} = 15,96 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.1.5 Caudal máximo horario (QM_{Máx.h})

$$QM_{\text{Máx. h}} = K_2 * QM_{\text{Máx. d}}$$

Donde:

QM_{Máx.h} = Caudal máximo horario en L/s

K₂ = Coeficiente de variación máxima horaria

QM_{Máx.d} = Caudal máximo diario en L/s

Datos:

Coefficiente de variación máxima horaria = 1.9

$$QM_{\text{Máx. h}} = 30.32 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.1.6 CAUDAL DE DISEÑO**3.1.6.1 Caudal de captación**

$$Q_{\text{CAPTACIÓN}} = 1.2 QM_{\text{Máx. d}}$$

$$Q_{\text{CAPTACIÓN}} = 1.2 * 15.96 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{CAPTACIÓN}} = 19.2 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.1.7 Caudal del río

Caudal río = Área del río x Velocidad del flotador

Área del río = Profundidad x Ancho

$$A_{\text{río1}} = 0.36 \text{ m} \times 8.50 \text{ m}$$

$$A_{\text{río1}} = 3.06 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{río2}} = 0.35 \text{ m} \times 8.50 \text{ m}$$

$$A_{\text{río2}} = 2.98 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{río3}} = 0.34 \text{ m} \times 8.50 \text{ m}$$

$$A_{\text{río3}} = 2.89 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{río4}} = 0.33 \text{ m} \times 8.50 \text{ m}$$

$$A_{\text{río4}} = 2.81 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{río5}} = 0.31 \text{ m} \times 8.50 \text{ m}$$

$$A_{\text{río5}} = 2.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad del flotador} = \frac{\text{Distancia del tramo}}{\text{Tiempo de recorrer el tramo}}$$

$$V_{\text{flotador1}} = \frac{2.75 \text{ m}}{5.25 \text{ s}}$$

$$V_{\text{flotador1}} = 0.52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{flotador2}} = \frac{2.20 \text{ m}}{5.27 \text{ s}}$$

$$V_{\text{flotador2}} = 0.42 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{flotador3}} = \frac{2.50 \text{ m}}{5.5 \text{ s}}$$

$$V_{\text{flotador3}} = 0.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{flotador4}} = \frac{2.50 \text{ m}}{5.56 \text{ s}}$$

$$V_{\text{flotador4}} = 0.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{flotador5}} = \frac{2.50 \text{ m}}{5.51 \text{ s}}$$

$$V_{\text{flotador5}} = 0.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal = Área del río x Velocidad del flotador

$$Q_{\text{río1}} = A_{\text{río1}} \times v_{\text{flotador1}}$$

$$Q_{\text{río1}} = 3.06 \text{ m}^2 \times 0.52 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{río1}} = 1.59 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{río2}} = A_{\text{río2}} \times v_{\text{flotador2}}$$

$$Q_{\text{río2}} = 2.98 \text{ m}^2 \times 0.42 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{río2}} = 1.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{río3}} = A_{\text{río3}} \times v_{\text{flotador3}}$$

$$Q_{\text{río3}} = 2.89 \text{ m}^2 \times 0.45 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{río3}} = 1.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{río4}} = A_{\text{río4}} \times v_{\text{flotador4}}$$

$$Q_{\text{río4}} = 2.81 \text{ m}^2 \times 0.45 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{río4}} = 1.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{río5}} = A_{\text{río5}} \times v_{\text{flotador5}}$$

$$Q_{\text{río5}} = 2.6 \text{ m}^2 \times 0.45 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{río5}} = 1.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{Q_{\text{río1}} + Q_{\text{río2}} + Q_{\text{río3}} + Q_{\text{río4}} + Q_{\text{río5}}}{5}$$

$$Q_{\text{Promedio}} = 1.31 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.8 Densidad del Agua

$$\rho_w = \frac{m_2 - m_1}{V_1}$$

Dónde:

ρ_w = Densidad experimental del agua a 21 °C, Kg/m³

m_2 = Masa del picnómetro con el líquido problema, Kg

m_1 = Masa del picnómetro vacío, Kg

V_1 = Volumen del líquido problema, m³

$$\rho_w = \frac{0.023 \text{ Kg} - 0.013 \text{ Kg}}{0.00001 \text{ m}^3}$$

$$\rho_w = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

3.1.9 Viscosidad del Agua

$$\mu = \frac{2 r^2 g (\rho_{\text{esfera}} - \rho_w)}{9 \frac{h}{t}}$$

Donde:

μ = Viscosidad dinámica del líquido problema, Pa .s

r = Radio de la esfera

g = Gravedad

ρ_{esfera} = Densidad de la esfera

ρ_w = Densidad del líquido problema (agua)

t = Tiempo de caída de la esfera al pasar por un determinado tramo.

h = Longitud del tubo entre las dos masas

$$\mu = \frac{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (0.007 \text{ m})^2 (1016.18 - 1000) \text{Kg/m}^3}{9 \frac{0.375 \text{ m}}{0.22 \text{ s}}}$$

$$\mu = 1.01 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{ms}}$$

$$\mu = 1.01 \times 10^{-3} \text{ Pa. s}$$

3.2 PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

3.2.1 DESARENADORES

3.2.1.1 Velocidad de sedimentación

Para calcular la velocidad de sedimentación se usará la fórmula de Stokes (en régimen laminar).

$$V_s = \frac{g (\rho_s - \rho_w)}{18 \mu} D^2$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación

g = gravedad (m/s^2)

D = Diámetro de las partículas (mm)

ρ_s = Peso específico de la partícula (Kg/m^3)

ρ_w = densidad del agua (Kg/m^3)

μ = viscosidad dinámica del líquido a 21°C ($Kg/m.s$)

$$V_s = \frac{g (\rho_s - \rho_w)}{18 \mu} D^2$$

$$V_s = \frac{9.8 (2650 - 1000)}{18 * 0.000994} (4.0 \times 10^{-8})$$

$$V_s = 0.04 \frac{m}{s}$$

3.2.1.2 Velocidad de sedimentación crítica

$$V_{SC} = \frac{V_s}{f}$$

V_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica

V_s = Velocidad de sedimentación

f = Factor de seguridad (en nuestro caso 1.3)

$$V_{SC} = \frac{0.04}{1.3}$$

$$V_{SC} = 0.03 \frac{m}{s}$$

3.2.1.3 Superficie del Desarenador

$$A = \frac{Q_{CAPTACIÓN}}{V_{SC}}$$

$$A = \frac{0.0192}{0.03}$$

$$A = 0.64 \text{ m}^2$$

3.2.1.4 Largo y Ancho del Desarenador

Tomando en cuenta la siguiente relación: $\frac{L}{B} = 5$

$$A = L * B$$

Donde:

L = Largo del desarenador

B = Ancho del desarenador

$$A = 5B * B$$

$$A = 5B^2$$

$$\frac{A}{5} = B^2$$

$$\sqrt{\frac{A}{5}} = B$$

$$B = \sqrt{\frac{0.64}{5}}$$

$$\mathbf{B = 0.36\ m}$$

$$L = \frac{A}{B}$$

$$L = \frac{0.64}{0.36}$$

$$\mathbf{L = 1.78\ m}$$

3.2.1.5 Velocidad de escurrimiento horizontal

$$V_h = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{B * H}$$

$$V_h = \frac{0.0192}{0.36 * 0.5}$$

$$\mathbf{V_h = 0.1\ \frac{m}{s}}$$

3.2.1.6 Velocidad de arrastre

$$V_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * \frac{d}{(3 * \rho_w)}}$$

$$V_a = \sqrt{40 * (2650 - 1000) * 9.8 * \frac{2 \times 10^{-4}}{(3 * 1000)}}$$

$$V_a = 0.21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Condición: $V_a > V_h$
 $0.21 > 0.1$ (se cumple)

Por lo tanto la arena no se resuspenderá.

3.2.1.7 Tiempo de caída

$$t_c = \frac{H}{V_{sc}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de caída en s

H = Profundidad del desarenador en m (en nuestro caso 0.5 m)

V_{sc} = Velocidad de sedimentación crítica en m/s

$$t_c = \frac{0.5}{0.03}$$

$$t_c = 16.67 \text{ s}$$

3.2.1.8 Tiempo de retención

Usando los valores de la relación A/T del anexo 6, para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87.5 %, tenemos:

$$t_r = \frac{A}{T} * t_c$$

Donde:

t_r = Tiempo de retención

$$t_r = 2.37 * 16.67$$

$$t_r = 39.51 \text{ s}$$

3.2.1.9 Volumen del Desarenador

$$V = Q_{\text{CAPTACIÓN}} * t_r$$

$$V = 0.0192 * 39.51$$

$$V = 0.76 \text{ m}^3$$

3.2.1.10 PANTALLA DEFLECTORA

Considerando que la velocidad del caudal a través de los orificios es de 0.05 m/s y el área de cada orificio es de 0.002 m².

3.2.1.10.1 Área efectiva

$$A_e = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{V_{\text{SC}}}$$

Donde:

A_e = Área efectiva

$Q_{\text{CAPTACIÓN}}$ = Caudal de captación

V_{SC} = Velocidad de sedimentación crítica

$$A_e = \frac{0.0192}{0.03}$$

$$A_e = 0.64 \text{ m}^2$$

3.2.1.10.2 Número de orificios

$$N_o = \frac{A_e}{F_i}$$

Donde:

N_o = Número de orificios

A_e = Área efectiva

F_i = Área de cada orificio

$$N_o = \frac{0.64}{0.002}$$

$$N_o = 320$$

3.2.1.10.3 Separación entre la pared y la pantalla deflectora

$$d_p = \frac{Q_{\text{CAP}}}{0.9 * N * V_c * H}$$

Donde:

$Q_{\text{CAPTACIÓN}}$ = Caudal de captación en m³/s

N = Número de desarenadores (en nuestro caso 1)

V_c = Velocidad del caudal a través de los orificios en m/s

H = Profundidad del desarenador en m

$$d_p = \frac{0.0192}{0.9 * 1 * 0.05 * 0.5}$$

$$d_p = 0.7 \text{ m}$$

3.2.1.10.4 Radio hidráulico

$$R_H = \frac{d_p * h}{h (d_p + 2)}$$

Donde:

R_H = Radio hidráulico

h = Altura de los orificios (distribuidos a una altura del 90% de H)

$$R_H = \frac{0.7 * (0.9 * 0.5)}{0.45 (0.7 + 2)}$$

$$R_H = 0.25 \text{ m}$$

3.2.1.10.5 Diámetro hidráulico

$$D_H = 4 R_H$$

Donde:

D_H = Diámetro hidráulico

$$D_H = 4 (0.25)$$

$$D_H = 1.0 \text{ m}$$

3.2.1.10.6 Caudal por cada orificio

$$Q_i = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{N * N_o}$$

Donde:

Q_i = Caudal por cada orificio

$$Q_i = \frac{0.0192}{1 * 320}$$

$$Q_i = 6.0 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.2.1.10.7 Nivel piezométrico

$$Z = \left(\frac{Q_i}{C_D * F_i} \right) * \frac{1}{2 * g}$$

Donde:

Z = Nivel Piezométrico

C_D = Coeficiente de descarga (en nuestro caso 0.5)

g = Gravedad

$$Z = \left(\frac{6.0 \times 10^{-5}}{0.5 * 0.002} \right) * \frac{1}{2 * 9.8}$$

$$Z = 3.06 \times 10^{-3} \text{ m}$$

3.2.1.10.8 Variación del nivel piezométrico

$$\Delta_z = \frac{v_c^2}{2 * g} \left(1 - \frac{C_F * B}{3 * D_H} - \frac{1}{N_0} \right)$$

Donde:

Δ_z = Variación de nivel piezométrico

C_F = Coeficiente de fricción (en nuestro caso 0.04)

D_H = Diámetro hidráulico

$$\Delta_z = \frac{0.05^2}{2 * 9.8} \left(1 - \frac{0.04 * 0.36}{3 * 1.0} - \frac{1}{320} \right)$$

$$\Delta_z = 1.27 \times 10^{-4} \text{ m}$$

3.2.1.10.9 Variación de caudal en los orificios

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{Z + (\Delta/2)}{Z - (\Delta/2)}} - 1$$

Donde:

Δ_q = Variación de caudal en los orificios

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{3.06 \times 10^{-3} + (1.27 \times 10^{-4}/2)}{3.06 \times 10^{-3} - (1.27 \times 10^{-4}/2)}} - 1$$

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{0.0031235}{0.0029965}} - 1$$

$$\Delta_q = 0.021 * 100 \%$$

$$\Delta_q = 2.1 \%$$

NOTA: Como Δ_q es menor a 5 %, significa que velocidad del caudal a través de los orificios y el área de cada orificio asumido es correcto. Por lo tanto el diseño de la pantalla deflectora es aceptable.

3.2.1.11 VERTEDERO DE EXCESOS

3.2.1.11.1 Carga del vertedero

$$W_I = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{N_C * a * l}$$

Donde:

W_I = Carga del vertedero

N_C = Número de canaletas (en nuestro caso 1)

a = Número de lados por canaleta (lados por donde se recolecta el agua, en nuestro caso 1)

l = longitud de la canaleta en m (en nuestro caso 2.5 m)

$$W_I = \frac{0.0192}{1 * 1 * 2.5}$$

$$W_I = 0.0077 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

3.2.1.11.2 Altura de agua por encima de la cresta del vertedero rectangular

$$H_W = \left(\frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{1.83 * B_V} \right)^{2/3}$$

Donde:

H_W = Altura de agua por encima de la cresta del vertedero rectangular

B_V = Ancho del vertedero rectangular (en nuestro caso 0.7 m)

$$H_W = \left(\frac{0.0192}{1.83 * 0.7} \right)^{2/3}$$

$$H_W = 0.06 \text{ m}$$

3.2.1.11.3 Altura a la salida del desarenador

$$H' = H - (m L)$$

Donde:

H' = Altura a la salida del desarenador

m = Pendiente de fondo del desarenador (en nuestro caso 2%)

$$H' = 0.5 - (0.02 * 1.78)$$

$$H' = 0.46 \text{ m}$$

3.2.1.11.4 Comprobación de dimensiones

$$W_I < 5 (H' * V_{sc})$$

$$0.0077 < 5 (0.46 * 0.03)$$

$$0.0077 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} < 0.07 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

NOTA: Como W_I es menor a $[5 (H' \times V_{sc})]$ se verifica que el número de canaletas, así como el número y dimensiones de los vertederos es el correcto.

3.3 FILTROS LENTOS

3.3.1 Caudal de diseño para cada filtro

$$Q_d = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}}}{n_f}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño para cada filtro dinámico

$n_f = 2$, ya que se dispondrá de un número mínimo de dos unidades filtrantes en paralelo por consideraciones de operación y mantenimiento.

$$Q_d = \frac{0.0192}{2}$$

$$Q_d = 96.0 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.3.2 Velocidad de Filtración

En nuestro caso por contar con agua de abastecimiento con una turbiedad < 1 optamos por una velocidad de filtración (V_F) de $1.11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-s}$.

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO

3.3.3.1 Superficie de filtración

$$A_F = \frac{Q_d}{v_F}$$

Donde:

A_F = Superficie de filtración para cada filtro

$$A_F = \frac{96.0 \times 10^{-4}}{1.11 \times 10^{-4}}$$

$$A_F = 86.49 \text{ m}^2$$

3.3.3.2 Ancho del filtro

$$B_F = \sqrt{\frac{A_F}{5}}$$

Donde:

B_F = Ancho del filtro

$$B_F = \sqrt{\frac{86.49}{5}}$$

$$B_F = 4.16 \text{ m}$$

3.3.3.3 Longitud del filtro

El filtro será de forma rectangular con una relación de ancho a largo de 1 a 5, por lo tanto la longitud del filtro será:

$$L_F = 5 B_F$$

Donde:

L_F = Longitud del filtro

$$L_F = 5 (4.16)$$

$$L_F = 20.8 \text{ m}$$

3.3.3.4 LECHO FILTRANTE

El lecho filtrante estará compuesto por grava, carbón activado y arena.

3.3.3.4.1 Altura del lecho filtrante

$$H_{LF} = e_a + e_g$$

Dónde:

H_{LF} = Altura del lecho filtrante

e_a = Espesor de la capa de arena

e_g = Espesor de la capa de grava

$$H_{LF} = 1.3 + 0.1$$

$$H_{LF} = 1.4 \text{ m}$$

3.3.3.5 Diámetro de la tubería de entrada al filtro

La velocidad se encuentra entre 0.6 – 2 m/s. Se toma velocidad de 2m/s.

$$D_T = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{V_T * \pi}}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño para cada filtro

V_T = Velocidad en la tubería

D_T = Diámetro de la tubería

$$D_T = \sqrt{\frac{4 * 96.0 \times 10^{-4}}{2 * \pi}}$$

$$D_T = 7.8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Pero se adopta un diámetro de:

$$D_T = 90 \text{ mm}$$

3.3.3.6 Sistema de drenaje

Se usarán tubos perforados en el sentido perpendicular al eje longitudinal del filtro.

3.3.3.6.1 Área de cada orificio

$$A_0 = \frac{\pi * D_0^2}{4}$$

Donde:

A_0 = Área de cada orificio

D_o = Diámetro de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi * (0.012)^2}{4}$$
$$A_o = 1.13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

3.3.3.6.2 Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

Donde:

Q_o = Caudal que ingresa a cada orificio

A_o = Área de cada orificio

V_o = Velocidad por cada orificio

$$Q_o = 1.13 \times 10^{-4} * 3$$

$$Q_o = 3.39 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.3.3.6.3 Número de laterales

$$\#_{\text{Laterales}} = n \frac{L_f}{d_L}$$

Donde:

$\#_{\text{Laterales}}$ = Número de laterales

n = Número de laterales por lado (2)

L_f = Longitud del filtro

d_L = Separación entre laterales (1 m)

$$\#_{\text{Laterales}} = 2 \frac{20.8}{1}$$

$$\#_{\text{Laterales}} = 41.6 \approx 42$$

3.3.3.6.4 Longitud de cada lateral

$$L_L = 70 * D_T$$

Donde:

L_L = Longitud de cada lateral

$$L_L = 70 * 0.080$$

$$L_L = 5.6 \text{ m}$$

3.3.3.6.5 Número de orificios por lateral

$$\#_{\text{Orificios por Lateral}} = 2 \frac{L_L}{e_o}$$

Donde:

$\#_{\text{Orificios por Lateral}}$ = Número de orificios por lateral

e_o = Espacio entre orificios

$$\#_{\text{Orificios por Lateral}} = 2 \frac{5.6}{0.15}$$

$$\#_{\text{Orificios por Lateral}} = 75$$

3.3.3.6.6 Número total de orificios

$$\#_{\text{Total de Orificios}} = \#_{\text{Laterales}} * \#_{\text{Orificios por Lateral}}$$

Donde:

$\#_{\text{Total de Orificios}}$ = Número total de orificios

$$\#_{\text{Total de Orificios}} = 42 * 75$$

$$\#_{\text{Total de Orificios}} = 3150$$

3.3.3.6.7 Área total de orificios

$$A_{TO} = A_o * \#_{\text{Total de Orificios}}$$

Donde:

A_{TO} = Área total de orificios

$$A_{TO} = 1.13 \times 10^{-4} * 3150$$

$$A_{TO} = 0.36 \text{ m}^2$$

3.3.3.7 Comprobación del cumplimiento de los parámetros mediante la siguiente relación:

$$\frac{A_{TO}}{A_F} = 0.0015 - 0.005$$

$$\frac{0.36}{86.49} = 0.0015 - 0.005$$

$$\mathbf{0.004 = 0.0015 - 0.005}$$

3.3.4 DESINFECCIÓN

3.3.4.1 Volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{\text{Tanque}} = Q_{\text{CAPTACIÓN}} * t_R$$

Donde:

V_{Tanque} = Volumen del tanque de almacenamiento

t_R = Tiempo de retención del agua en el tanque

$$V_{\text{Tanque}} = 0.0192 * 3600$$

$$\mathbf{V_{\text{Tanque}} = 69.12 \text{ m}^3}$$

3.3.4.2 Altura del tanque de almacenamiento

Asumiendo una área de: 3.5 m * 4.3 m

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{Tanque}}}{A_{\text{Tanque}}}$$

Donde:

H_{Tanque} = Altura del tanque de almacenamiento

V_{Tanque} = Volumen del tanque de almacenamiento

A_{Tanque} = Área del tanque de almacenamiento

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{69.12}{15.05}$$

$$\mathbf{H_{\text{Tanque}} = 4.59 \text{ m}}$$

Adoptando 30 cm de superficie libre será:

$$\mathbf{H_{\text{Tanque}} = 4.89 \text{ m}}$$

3.3.5 Dosificación en el hipoclorador

3.3.5.1 Peso de hipoclorito necesario

$$P_{\text{Hipoclorito}} = \frac{Q_{\text{CAPTACIÓN}} * D_{\text{Cl}} * t_{\text{Almacenamiento}}}{C_{\text{Cl}}}$$

Donde:

$P_{\text{Hipoclorito}}$ = Peso de hipoclorito necesario

D_{Cl} = Dosificación de cloro necesaria (0.6 mg/L)

$t_{\text{Almacenamiento}}$ = Período de almacenamiento de la solución (24 h)

C_{Cl} = Concentración de cloro activo en el hipoclorito de calcio (70%)

$$P_{\text{Hipoclorito}} = \frac{19.2 * 0.0006 * 86400}{0.7}$$

$$P_{\text{Hipoclorito}} = 1422 \text{ g} \approx 1.42 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

La cantidad en peso de Hipoclorito de calcio necesaria al final del diseño para un día de aplicación de cloro al sistema es de 1.42 Kg.

3.3.6 Volumen del hipoclorador

Tomando como referencia la tabla 2-41, que nos indica el tratamiento del agua con hipoclorito de calcio, tenemos:

$$\frac{10\text{mL de solución de Hipoclorito de calcio}}{V_{\text{Hipoclorador}}} \rightarrow \frac{1 \text{ L Agua tratada}}{69120 \text{ L Agua que se van a tratar}}$$

$$V_{\text{Hipoclorador}} = 691 \text{ L}$$

Considerando 9 cm de borde libre tenemos:

$$V_{\text{Hipoclorador}} = 700 \text{ L}$$

3.4 RESULTADOS

3.4.1 PROYECCIÓN FUTURA

Tabla3-2 Resultados de la Proyección Futura (2033)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
-----------	---------	-------	--------

Población futura	Pf	5188	Habitantes
Dotación básica	DB	104	L/hab*d
Dotación Futura	Df	190	L/hab*d
Caudal medio diario	Qmd	11.4	L/s
Caudal máximo diario	QMáx.d	15.96	L/s
Caudal máximo horario	QMáx.h	30.32	L/s
Densidad del agua	ρ_w	1000	Kg/m ³
Viscosidad del agua	μ	1.01 x10 ⁻³	Pa.s

Fuente: Autor

Tabla3-3 Resultados de los caudales del río en diferentes Fechas

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Caudal del río muestra #1	Q _{rio1}	1.59	m ³ /s
Caudal del río muestra #2	Q _{rio2}	1.25	m ³ /s
Caudal del río muestra #3	Q _{rio3}	1.3	m ³ /s
Caudal del río muestra #4	Q _{rio4}	1.26	m ³ /s
Caudal del río muestra #5	Q _{rio5}	1.17	m ³ /s

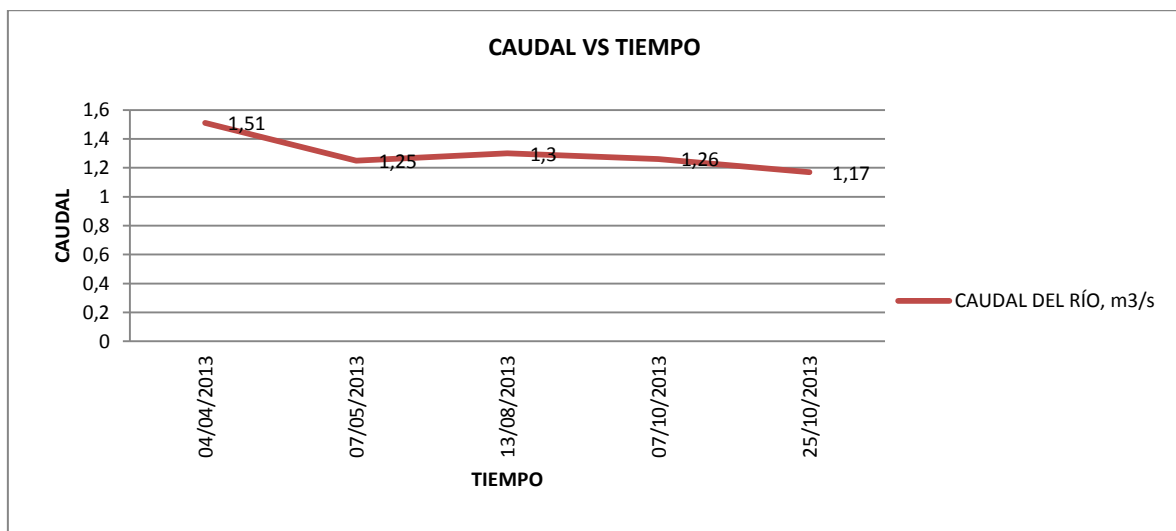
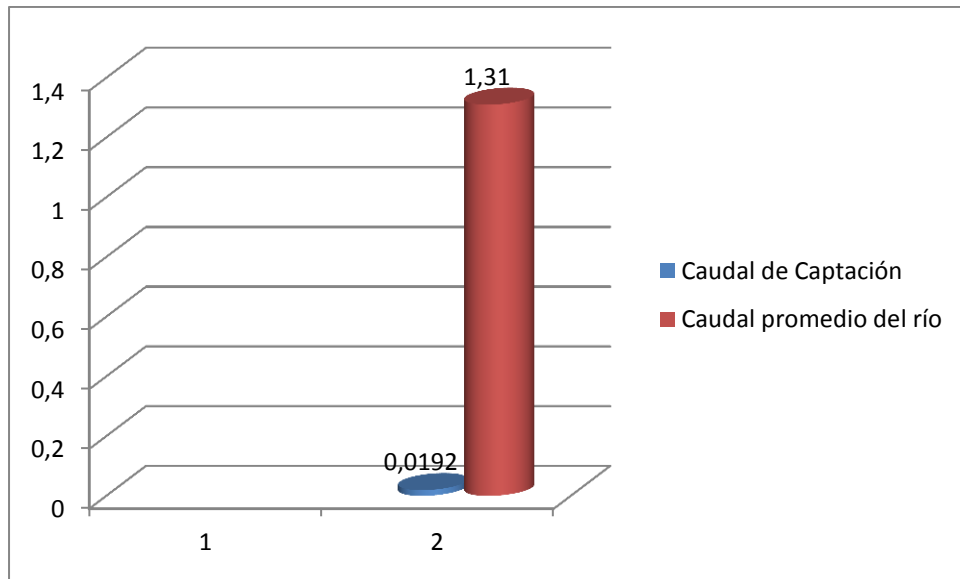


Tabla3-4 Resultados del caudal del río y del caudal de captación

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Caudal de	Q _{CAPTACIÓN}	19.2 x 10 ⁻³	m ³ /s

captación			
Caudal promedio del río	Q_{Promedio}	1.31	m^3/s



3.4.2 PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

Tabla 3-5 Resultados Desarenador

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Velocidad de sedimentación	V_s	0.04	m/s
Velocidad de sedimentación crítica	V_{sc}	0.03	m/s
Velocidad horizontal	V_h	0.1	m/s
Velocidad de arrastre	V_a	0.2	m/s
Tiempo de caída	t_c	16.67	s
Tiempo de retención	t_r	39.51	s
Volumen del desarenador	V	0.76	m^3
Superficie del desarenador	A	0.64	m^2
Largo del desarenador	L	1.78	m
Ancho del desarenador	B	0.36	m
Profundidad del desarenador	H	0.5	m

Altura a la salida del desarenador	H'	0.46	m
Pendiente de fondo del desarenador	m	2	%
Pantalla deflectora: Área efectiva	A _e	0.64	m ²
Número de orificios	N _o	320	---
Área de cada orificio	F _i	0.002	m ²
Vertedero de excesos			
Carga	W _I	0.0077	m ² /s
Ancho	B _v	0.7	m

Tabla 3-6 Resultados para cada Filtro Lento

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Número de filtros	n _f	2	---
Superficie de Filtración	A _F	86.49	m ²
Velocidad de Filtración	V _F	0.000111	m/s
Ancho	B _F	4.16	m
Longitud	L _F	20.8	m
Lecho filtrante			
Espesor de la capa de arena	e _a	1.15	m
Espesor de la capa de carbón activado granular	e _{ca}	0.15	m
Espesor de la capa de grava	e _g	0.10	m
Espesor del sistema de drenaje (grava)	e _{sd}	0.15	m
Borde libre	B _I	0.10	m
Altura de agua sobrenadante	h _w	0.75	m
Número de laterales	#Laterales	42	---
Número de laterales/lado	n	2	---
Separación entre laterales	d _L	1	m
Longitud de cada lateral	L _L	5.6	m
Número de orificios/lateral	#Orificios por Lateral	75	---
Diámetro de cada orificio	D _o	0.012	m
	e _o	0.15	m

Espacio entre orificios			
Diámetro de la tubería al ingreso	D_T	80	mm

Tabla3-7 Resultados Tanque de Almacenamiento

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Volumen	V_{Tanque}	69.12	m^3
Altura	H_{Tanque}	4.89	m
Área	A_{Tanque}	15.05	m

Tabla3-8 Resultados Hipoclorador

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Volumen	$V_{Hipoclorador}$	0.69	m^3

3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El período final de diseño se determinó en 20 años, ya que se tomó en cuenta que para la construcción de la planta de tratamiento la comunidad debe buscar una entidad que financie el costo del proyecto para su construcción, esto hará que el proyecto no se pueda ejecutar de forma inmediata por lo cual esto es un factor que también influye en la selección del período de diseño.

La Población futura a la que va servir la planta de agua potable es de 5188 Habitantes, mencionando que para ésta proyección se recurrieron a los censos poblacionales realizados por el INEC en años anteriores y hasta la fecha.

Los caudales del río medidos en diferentes fechas, podemos ver en el gráfico de Caudal vs Tiempo que en invierno el caudal es mayor y que a medida que se acaba el invierno y se inicia el verano el caudal baja pero no es un cambio considerable. Dando un promedio del caudal de río de $1,31 m^3/s$ y comparado con el caudal que necesitamos para abastecer a nuestra planta de potabilización es de $0.0192 m^3/s$, lo que nos da a pensar que la fuente de abastecimiento es adecuada para ser considerada dentro de nuestro proyecto.

Es importante mencionar que todos los valores resultantes en los cálculos para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua potable, se realizaron considerando el período final del diseño. Además las ecuaciones y los parámetros de diseño de los diferentes elementos de la planta de tratamiento se escogieron según CPE INEN 5. Parte 9-1:1992, Cinara, IRC (1997). Colombia, la Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones Menores a 10000 Habitantes. Julio 2005 y algunos datos como la densidad y viscosidad dinámica se hallaron experimentalmente.

En algunos casos se realizó comprobaciones para determinar si los valores asumidos eran correctos. Y en otros casos se usan algunos anexos para tomar

decisiones sobre el uso de algún valor o conocimiento adicional sobre algún tema.

3.6 PROPUESTA

Por problemas de corrosión de las partes metálicas del sistema construido, principalmente de hierro galvanizado. Se considera que la alternativa más práctica para nuestro nuevo sistema, será la utilización exclusiva de tubería y accesorios de PVC para evitar los daños y la corrosión que produce un ambiente húmedo. Para las acometidas domiciliarias se podrá utilizar tubería de PVC roscable y válvulas de bronce.

De acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio, se establece la necesidad de desinfectar al agua mediante el uso de cloro (Hipoclorito de calcio), por su facilidad de: utilización, adquisición y por tener un costo razonable que permita la accesibilidad continua por parte de la comunidad.

La concentración de la solución de cloro estará en función de lograr obtener cloro residual (0.2 a 1.5 ppm) en los puntos extremos de la red de distribución. Sin embargo para efectos de cálculo de la demanda de cloro, se realizó un cálculo preliminar de la cantidad de cloro necesario.

Para proveer cloro en el agua de abastecimiento, es necesario considerar las instalaciones necesarias, además de la provisión del cloro. Por tratarse de una comunidad con recursos económicos limitados, se define como la opción más viable, la de proveer cloro al sistema mediante la utilización de Hipoclorito de calcio, que permite un fácil manejo y requiere de instalaciones sencillas para su aplicación. El Hipoclorito de calcio que se obtiene en el medio local, mantiene una concentración del 70 % de cloro y se obtiene en forma granular, por lo que se definió la cantidad en peso requerida para un día de aplicación de cloro al sistema.

Para facilitar la aplicación de cloro, se construirá una caseta antes del tanque de reserva de 69 m³ y contendrá un tanque Hipoclorador de PVC, para la preparación de la solución de cloro.

Al final podemos indicar que evitando la utilización de tuberías y accesorios metálicos en el sistema se elimina la necesidad de realizar la estabilización química del agua con procesos químicos y con la desinfección mediante la aplicación de una solución de hipoclorito de calcio, se garantiza que el agua que recibirán los usuarios es completamente segura y apta para el consumo humano.

En lo referente a la planta de tratamiento de agua potable existente no se podrá seguir ocupando para producir agua potable para el consumo humano, específicamente para usos en comida y aseo personal. Mientras que si podría tener uso para otras actividades como limpieza de carros, casas, riego de suelos y para consumo de animales, siendo ésta una ventaja porque el costo de ésta agua sería menor.

La nueva planta de tratamiento garantizará agua de calidad para el consumo de la población de Guasaganda, pero por ende el costo de su tratamiento es ligeramente superior al anterior. Se deberá construir además una bandeja para el lavado de la arena, y un cerramiento tanto en la planta potabilizadora como en el sector de la captación del agua.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Luego de realizar los correspondientes análisis físico-químicos y microbiológicos del agua del río Yanayacu, se considera aceptable a la fuente de abastecimiento en cuanto a la calidad, ya que los resultados de las pruebas de laboratorio cumplen con los límites para sustancias nocivas y difíciles de eliminar. Cabe recalcar que éste aspecto es de mucha importancia para el diseño de la planta de potabilización porque esto tendría influencia en el aumento de los costos para potabilizar el agua. Por otro lado, la cantidad de agua disponible en el río Yanayacu es la suficiente para abastecer la demanda actual y la demanda futura de diseño, y se lo ha constatado con las medidas de caudal (pruebas de campo) realizadas.
- Según los cálculos y análisis de laboratorio, la planta debe tener las siguientes características de dimensionamiento:
Para el dimensionamiento de la planta de agua potable se requerirá un caudal de diseño de $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$; En el Desarenador se tratará un volumen de 0.76 m^3 con un tiempo de retención de 39.51 s, en el que se retendrá arena fina de 0.2 mm de diámetro y con una velocidad de sedimentación crítica de 0.03 m/s. Con la finalidad de eliminar sólidos sedimentables; En los filtros de grava-arena-carbón activado para tratar un caudal de $0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$ con la finalidad de eliminar un poco de sólidos disueltos y materia orgánica que se pueda encontrar; Finalmente en el tanque de almacenamiento se desinfectará un volumen de 69.12 m^3 de agua con solución de hipoclorito de calcio proveniente del hipoclorador; En el Hipoclorador con la finalidad de eliminar los microorganismos presentes en el agua de consumo, se preparará un volumen de 0.69 m^3 .
- El porcentaje de rendimiento de potabilización que posee la planta de tratamiento dimensionada es aproximadamente de: Sólidos sedimentables = 87.5 %, Color = 66,7 %, coliformes fecales = 100%, coliformes totales = 100 % y aproximadamente de materia orgánica = 50 %. Comprobándose el cambio de valores de agua cruda a agua tratada y cumpliendo a cabalidad con la norma INEN 1108.
- Luego de realizar los análisis físico-químicos del agua tratada mediante pruebas de laboratorio, podemos decir que el agua que se proveerá a la parroquia Guasaganda es apta para el consumo humano.

4.2 RECOMENDACIONES

- Proteger con una cerca las orillas del río Yanayacu a nivel y más arriba de la captación del agua para evitar la contaminación de la fuente de abastecimiento de la parroquia Guasaganda. Sin embargo los moradores de esa zona podrán disponer de agua entubada para sus necesidades.
- Mantener forestadas las orillas del río Yanayacu con plantas nativas.
- Instalar medidores de caudal a lo largo de la planta de tratamiento de agua, y principalmente a la entrada y salida del tanque de reserva, para prevenir fugas de agua en el sistema o instalaciones clandestinas en caso de haberlas.

- Contar con una Prueba de Jarras que será como un SIMULADOR de situaciones que sucedan en la planta, y que ayudará a construir una tabla de dosis para insumos químicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **APHA, AWWA, WPCF.**, Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales., 17va ed., Madrid-España., Díaz de Santos., 1992., Pp. 1-33-1-40, 2-14-2-16, 2-58-2-64, 2-80-2-84, 2-88-2-89, 3-39-3-43, 4-78-4-80, 4-146-4-151, 4-233-4-235, 9-97-9-111.
2. **DEGRÉMONT.**, Manual Técnico del Agua., 4ta ed., Madrid-España., Grijelmo, S.A., 1979., Pp. 119-121.
3. **MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA REPÚBLICA DE BOLIVIA.**, Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones Menores a 10000 Habitantes., 1ª ed., La Paz-Bolivia., Génesis., 2005., Pp. 20-21, 24, 119-139, 157-164.
<http://civilgeeks.com/2013/10/31/guia-tecnica-de-diseno-de-proyectos-de-agua-potable-para-poblaciones-menores-a-10-000-habitantes/>.

4. **MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA REPÚBLICA DE BOLIVIA.**, Instalaciones de Agua- Diseño para Sistemas de Agua Potable NB 689., 2ª ed., La Paz-Bolivia., Génesis., 2004., Pp. 158.
<http://es.scribd.com/doc/42666848/Norma-NB689>

5. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.**, Norma 1108 Para Agua Potable., Quito-Ecuador., INEN., 2011., Pp. 1-5.
<http://www.slideshare.net/egrandam/nte-inen-1108-2011>

6. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.**, Normas CPE INEN 5. Parte 9-1:1992 Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes., 1ª ed., Quito-Ecuador., INEN., 1992., Pp. 34, 40-44, 84-88, 122-136, 143-162, 174-176.
<http://es.scribd.com/doc/85143260/INEN-Agua-Potable>

7. **VÁSQUEZ, F.**, Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable Chaquishca de la ciudad de Guaranda., Facultad de Ciencias., Escuela de Ingeniería Química., 2013., Pp. 54, 141.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2500/1/96T00179.pdf>

8. **AGUA POTABLE**

http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable

2013 - 12 - 20

9. ANEXOS

- <http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaAgua.pdf>
2013 - 03 - 19
- http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Esp.pdf
2013 – 12 - 28
- <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc657/doc657-contenido.pdf>

2013 – 12 - 21

10. CÁLCULOS DE FILTROS

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2224/1/CD-3027.pdf>

2013 - 12 - 10

11. CÁLCULOS EN LA DESINFECCIÓN

- http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Esp.pdf
2013 – 12 - 28
- <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc657/doc657-contenido.pdf>

2013 – 12 – 21

12. **MEDICIÓN Y CÁLCULOS DE CAUDAL**

<http://www.youtube.com/watch?v=1Xi6HhkMGig>

2013 - 03 - 25

13. **PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA**

[http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/10](http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/2/CDAM0000012-2.pdf)

[9/2/CDAM0000012-2.pdf](http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/2/CDAM0000012-2.pdf)

2013 – 02 - 18

14. **POTABILIZACIÓN DEL AGUA**

[http://labquimica.wordpress.com/2009/06/24/la-](http://labquimica.wordpress.com/2009/06/24/la-potabilizacion-del-agua/)
[potabilizacion-del-agua/.](http://labquimica.wordpress.com/2009/06/24/la-potabilizacion-del-agua/)

2013 - 11 - 15

ANEXOS

Anexo 4-1 Análisis Básicos Recomendables para la Caracterización de las Fuentes de Agua Destinadas a Consumo Humano en Poblaciones Menores a 10000 Habitantes

Nº	Parámetro	Unidad	Tiempo máximo de preservación recomendado (1)
Análisis Físicos			
1	Turbiedad	U.N.T	48 horas
2	Color	U.C. Escala Pt – Co	48 horas
3	Olor *	-	6 horas
4	Sabor *	-	24 horas
5	Temperatura	°C	In situ
6	Sólidos totales disueltos	mg/l	14 días
7	Sólidos totales suspendidos	mg/l	6 meses
Análisis Químicos			
8	Dureza total	mg/l (Ca CO ₃)	6 meses
9	Calcio	mg/l	6 meses
10	Magnesio	mg/l	6 meses
11	Manganeso	mg/l	6 meses
12	Hierro	mg/l	28 días
13	Sulfatos	mg/l	6 meses
14	Cloruros	mg/l	7 días
15	Fluoruros	mg/l	48 horas
16	Nitratos	mg/l	48 horas
17	Nitritos (1)	mg/l	2 horas
18	pH	-	
Análisis Bacteriológicos			
19	Coliformes totales	NMP/100 ml ***	24 horas
20	<i>Escherichia coli</i> **(<i>E. coli</i>)	NMP/ 100 ml***	24 horas Las muestras deben ser conservadas a baja temperatura. Nunca congeladas
Análisis Complementarios			
21	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	Realizar la determinación dentro de las 24 horas, previa conservación a 4 °C.
22	Oxígeno disuelto OD	mg/l	Fijar in situ, analizar antes de las 8 horas y no exponer la muestra directamente al sol.
23	Conductividad	µmhos/cm	Realizar la determinación dentro de las 48 horas.

(*) Debe ser inobjetable

(1) Se debe analizar en el tiempo establecido para evitar la oxidación de los mismos.

(**) Las concentraciones de coliformes termorresistentes (termotolerantes) están en relación directa con las de *Escherichia coli* (*E. coli*), por tanto pueden determinarse indistintamente y dependerá de las facilidades laborales disponibles; Ref.: Guías para la Calidad de Agua Potable, OMS, Ginebra 1995.

(***) NMP/100 ml, Número Más Probable por 100 ml o UFC/100 ml, Unidades Formadoras de Colonias por 100 ml según la técnica empleada (Tubos múltiples o Membrana Filtrante).

Nota: La lista de los parámetros no está restringida, por lo que el proyectista podrá solicitar otros parámetros no especificados según las características del proyecto y los antecedentes de calidad de agua que se tengan en la zona.

Fuente: NORMA BOLIVIANA NB-689: ANEXO B

Anexo 4-2 Principales Diferencias entre las Aguas Superficiales y las Aguas Subterráneas

Características examinadas	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Temperatura	Variable según la época del año	Relativamente constante
Turbiedad (materia en suspensión)	Variable, a veces elevada	Baja o nula
Mineralización	Variable en función de los terrenos, precipitación, vertidos, etc.	Sensiblemente constante, generalmente mayor que en la superficie de la misma región
Hierro y manganeso divalentes en estado disuelto	Generalmente ausentes, salvo en el fondo de cuerpos de agua en estado de eutroficación	Generalmente presentes.
Dióxido de carbono	Generalmente ausente	Normalmente presente en gran cantidad
Oxígeno disuelto	Normalmente próximo a saturación	Ausencia total en la mayoría de los casos
Amonio	Presente sólo en aguas contaminadas	Presencia frecuente, sin ser un índice sistemático de contaminación
Ácido sulfhídrico	Ausente	Normalmente presente
Sílice	Contenido moderado	Contenido normalmente elevado
Nitratos	Poco abundante en general	Contenido a veces elevado, riesgo de metaemoglobinemia
Microorganismos	Bacterias (algunas patógenas), virus, plancton	Frecuentes ferrobacterias

Fuente: Degrémont, 1979.

Anexo 4-3 Dotaciones Recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

Anexo 4-4 Vida Útil Sugerida para los Elementos de un Sistema de Agua Potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

Anexo 4-5 Relación Del Diámetro De La Partícula Y La Velocidad De Sedimentación

Material	Diámetro (mm)	Reynolds	Vs (cm/s)	Regimen	Ley aplicada
Arena fina	0,1	0,8	0,8	Laminar	Stokes
Arena gruesa	0,15	2	15	Transición	Hagen
Grava		>10 000	100	Turbulento	Newton

Fuente: Tesis "Diseño de una planta de tratamiento de agua potable Chaquishca de la ciudad de Guaranda.
Fernanda Vásquez. 2013

Anexo 4-6 Relación a/T – Porcentajes de Remoción

CONDICIONES	REMOCIÓN 50%	REMOCIÓN 75%	REMOCIÓN 87 ½ %
Máximo teorico	0,500	0,750	0,875
Depósitos con muy buenos deflectores	0,730	1,520	2,370
Depósitos con buenos deflectores	0,760	1,660	2,750
Depósitos defientes deflectores o sin ellos	1,000	3,000	7,000

Fuente: Tesis "Diseño de una planta de tratamiento de agua potable Chaquishca de la ciudad de Guaranda.
Fernanda Vásquez. 2013

Anexo 4-7 Criterios de diseño para Filtros Lentos, recomendados por autores y países

Criterio de diseño	Recomendación			
	Huisman and Wood (1974)	Ten States Standards (1987)	Visscher et al. USA (1987)	Cinara, IRC (1997) Colombia
Período de diseño (años)	n.e.	n.e.	10 - 15	8 - 12
Período de operación (h/d)	24	n.e.	24	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,1-0,4	0,08-0,24	0,1-0,2	0,1-0,3
Altura de arena (m)				
Inicial	1,2	0,8	0,9	0,8
Mínima	0,7	n.e.	0,5	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0.15-0.30	0.15-0.35	0.30-0.45	0.15-0.30
Coefficiente de uniformidad				
Aceptable	<3	≤2.5	<5	<4
Deseable	<2	n.e.	<3	<2
Altura del lecho de soporte incluye drenaje (m)	n.e.	0,4-0,6	0,3-0,5	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	1-1,5	0,9	1	0,75 (*)
Borde libre (m)	0,2-0,3	n.e.	0,1	0,1
Área superficial máxima por módulo (m ²)	n.e.	n.e.	<200	<100

(*) Con desarrollo exponencial en la pérdida de carga en estudios a nivel piloto
n.e.: no especificado.

Fuente: GUÍA TÉCNICA DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE PARA POBLACIONES MENORES A 10000 HABITANTES. Julio 2005.

Anexo 4-8 Población Según Grupos de Edad por Sexo de la Parroquia Guasaganda

GRUPOS DE EDAD	2010		
	Hombre	Mujer	Total
Menor de 1 año	41	43	84
De 1 a 4 años	164	170	334
De 5 a 9 años	236	258	494
De 10 a 14 años	281	259	540
De 15 a 19 años	226	205	431
De 20 a 24 años	161	145	306
De 25 a 29 años	127	133	260
De 30 a 34 años	112	121	233
De 35 a 39 años	116	105	221
De 40 a 44 años	94	80	174
De 45 a 49 años	92	73	165
De 50 a 54 años	72	67	139
De 55 a 59 años	57	58	115
De 60 a 64 años	54	47	101
De 65 a 69 años	60	53	113
De 70 a 74 años	40	41	81
De 75 a 79 años	26	23	49
De 80 a 84 años	23	17	40
De 85 a 89 años	13	6	19
De 90 a 94 años	2	6	8
De 95 y mas	-	1	1
Total	1997	1911	3908

FUENTE: Censo de Población y Vivienda (CPV 2010). INEC.

Anexo 4-9 Crecimiento Poblacional

Nombre de parroquia	2010			2001			1990		
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
GUASAGANDA	1,997	1,911	3,908	2,017	1,862	3,879	1,607	1,445	3,052

FUENTE: Censo de Población y Vivienda (CPV 2010). INEC.

Anexo 4-10 Tasa de Crecimiento Intercensal

Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990 - 2001		
Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
-0.11%	0.29%	0.08%	2.07%	2.30%	2.18%

FUENTE: Censo de Población y Vivienda (CPV 2010). INEC.

Anexo 4-11 Objetivo del Tratamiento y Pruebas de Tratabilidad

Objetivo	Proceso/ Tecnología	Mecanismo de remoción	Prueba de tratabilidad
Remoción de coliformes fecales y totales	Cloración	Oxidación	Determinación de la dosis de cloro y del tiempo de contacto
	Ozonización	Oxidación	Determinación de la dosis de ozono
	Luz Ultravioleta	Recombinación del DNA	Determinación de la dosis de luz en W/s.cm ²
Remoción de color, olor y sabor	Filtración en carbón activado	Adsorción	Determinación de isotermas
	Ozonización	Oxidación	Determinación de dosis y tiempo de contacto
Remoción de sólidos suspendidos y de turbiedad	Filtración ascendente, descendente, en arena, multicapa, etc. Microcribas	Filtración	Pruebas en filtro piloto para determinar la pérdida de carga máxima admitida, la distribución del perfil de pérdida de carga, la profundidad recomendable del lecho, la duración de la corrida y las condiciones de lavado.
	Coaguladores de lecho de lodos, coaguladores convencionales. Flotación con aire disuelto.	Coagulación-floculación	Pruebas de jarras para determinar dosis y tiempos óptimos tanto para el coagulante como el floculante.
	Sedimentación convencional. Sedimentación de alta tasa.	Aceleración debida a la gravedad	Es poco común realizar pruebas de tratabilidad para este proceso, en caso de hacerlo se usan los estudios en columna de sedimentación para determinar la carga másica aceptable así como la carga hidráulica recomendable en combinación con la altura crítica de sedimentación.
Remoción de dureza	Ablandamiento con cal, sosa y cal. Remoción selectiva de carbonato, tratamiento en partes	Precipitación	Determinación de dosis en pruebas de jarras
	Intercambio iónico. Desmineralización	Adsorción	Isotermas
	Filtración con zeolitas	Adsorción	Isotermas

Objetivo	Proceso/ Tecnología	Mecanismo de remoción	Prueba de tratabilidad
Remoción de Hierro y Manganeso	Aireación	Oxidación	Determinación de la tasa de aplicación de aire
	Filtración en zeolitas. Intercambio iónico	Adsorción y oxidación	Determinación de las isotermas de Langmuir o de Freundlich para definir la cantidad de zeolitas por emplear
	Ablandamiento	Precipitación	Determinación de dosis para ablandar y remover Fe y Mn
Ajuste de pH	Acidificación o basificación	Neutralización	Curvas de neutralización
Remoción de sólidos disueltos	Ósmosis inversa	Filtración en superficie selectiva	Determinar el Índice de filtración en membranas, determinación de la membrana óptima en cuanto a la composición y durabilidad
	Ultra filtración	Filtración en superficies activas	Determinación del índice de filtrabilidad, rechazo y tipo de membrana
	Electrodiálisis	Separación iónica	Comportamiento de los iones al pasar una corriente eléctrica, y capacidad eléctrica de la solución.
Remoción de compuestos orgánicos	Coagulación floculación	Coagulación	Pruebas de jarras
	Ozonización	Oxidación	Dosis y tiempo de contacto
	Carbón activado	Adsorción	Isotermas de Freundlich o Langmuir
Remoción de Metales	Precipitación	Precipitación	Prueba de jarras o precipitación
Remoción de Trihalometanos	Carbón activado	Adsorción	Isotermas de Langmuir o de Freundlich
Control de la Corrosión	Ajuste de pH	Neutralización	Pruebas de neutralización
	Adición de CO ₂	Estabilización	Cantidad de CO ₂ transmitido y tasa para estabilizar la solución
	Protección catódica	Estabilización eléctrica	Comportamiento en laboratorio del Fe y su deposición en electrodos
Remoción de gases	Aireación	Desorción	Pruebas de desorción en columnas para determinar la tasa de aireación

Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf>

Anexo 4-12 Fotos de Pruebas de Tratabilidad



Anexo 4-13 Fotos de Análisis físico-químicos



Turbiedad



Temperatura



pH



Conductividad



Sólidos Totales



Sólidos Suspendidos

Anexo 4-14 Fotos de Determinación de Densidad y Viscosidad

