



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
POTABILIZACION DE AGUA PARA LA PARROQUIA SAN
LORENZO, CANTON GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”**

Trabajo de Titulacion Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: AMADO PATRICIO REA TAMAMI

TUTORA: ING. MÓNICA LILIAN ANDRADE ÀVALOS

Riobamba – Ecuador

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que el trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE POTABILIZACION DE AGUA PARA LA PARROQUIA SAN LORENZO, CANTON GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”** de responsabilidad del señor egresado Amado Patricio Rea Tamami, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Mònica Andrade

DIRECTORA

.....

.....

Dra. Fabiola Villa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

DOCUMENTALISTA

SISBIB ESPOCH

.....

.....

“Yo, Amado Patricio Rea Tamami soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”

AMADO PATRICIO REA TAMAMI

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar una etapa muy importante dentro de mi vida estudiantil.

A mi padre Julian quien es mi ejemplo de superación y motivación, quien con su cariño y consejos supo guiarme hacia el camino del éxito.

A mi madre Agustina quien con su ternura y amor siempre ha estado conmigo, enseñándome lo importante de la vida.

A mis hermanas Aida, Teresa, Indaliza, Karen y Marcela y a mis hermanos Raul, Manuel, Bayardo y Efrank que han sido mi mejor compañía y un apoyo muy importante en mi vida estudiantil.

A mis amigas/os con quienes hemos compartido alegrías, tristezas y juntos superamos, diferentes obstáculos presentes a lo largo de nuestra carrera, Ma. Cristina G, Andreina L, Yolanda H, Flor P, Gaby H, Kary R, Gladys A, Lilibeth E, Leonardo C, Byron A, Javier S, Cristian C, Fabiola Taris mi amiga de lucha desde la infancia.

A la E.P – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Guaranda por permitir el desarrollo de este estudio, al Ing. Raúl Allan Naranjo Responsable de la Planta de Tratamiento “Chaquishca”, quien fue pieza fundamental en la realización de este proyecto y por compartir sus conocimientos, y gran experiencia, ya que esto ha sido de gran ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A la Ing. Monica Andrade y a la Dra. Fabiola Villa quienes han sido guías en el caminar de este proyecto de titulación.

Amado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres: Julian y Agustina que con su esfuerzo y apoyo incondicional hicieron de mí una mejor persona y con su ejemplo hicieron que llegue a cumplir mi sueño tan anhelado y por ayudarme con los recursos necesarios para mis estudios y por haberme dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño para alcanzar mis metas.

Para mi esposa Maribel Llumiguano. Mi compañera de vida, mi mejor amiga, mi familia, la mujer q me hace sonreír todos los días, la q me apoya en las buenas y en las malas, la q me levanta cuando me caigo, la q celebra mis triunfos. La mujer q me hace vibrar y que juntos agarrados de la mano vamos poco a poco viviendo y cumpliendo nuestros sueños y metas.

De la forma más especial e importante al angelito que me cambió la vida, a mi hijo James es el amor de mi vida, espero ser su ejemplo a seguir.

A mis sobrin@s Edison, Brayan, Yandel, Jonathan, Adrian, Diocelina, Ximena, Matias, Jhonny, que con sus ánimos y apoyo me dan fuerza para continuar y poder ser su ejemplo a seguir.

A todo mis cuñad@s y familiares por su apoyo y comprensión.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

θ	Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (°).
ρ	Densidad (Kg/L).
μ	Viscosidad dinámica del agua ($N \times s / m^2$).
ν	Viscosidad cinemática (m^2/s).
u	Velocidad en la tubería de los filtros (m/s).
γ	Peso específico del agua (N/m^3).
A_t	Área transversal del canal de la rejilla (m^2).
a_{fu}	Longitud de pared común por unidad de filtración (m).
A_{cf}	Área de los canales del floculador (m^2).
A_f	Área de filtración (m^2).
A_{if}	Área para cada unidad de filtración (m^2).
A_s	Área superficial en sedimentador (m^2).
A_{t_o}	Área total de orificios en filtros (m^2).
b_{cf}	Ancho de canales del floculador (m).
b_f	Ancho del floculador (m).
b_{fu}	Ancho de la unidad de filtro (m).
b_{if}	Ancho útil de la lámina en el floculador (m).
b_s	Ancho de sedimentador (m).
b_{vf}	Ancho de las vueltas en la floculación (m).
C	Concentración (mg/L).
C_a	Altura del lecho filtrante, (m).
dp	Ancho del conducto o espaciamento entre placas (m).
D^1	Ancho de la sección del canal Parshall, (m).
D_{Ts}	Diámetro de la tubería en la salida del filtro (m).
DB	Dotación básica (L/hab x día).
DMF	Dotación media futura (L/hab x día).
e_t	Espesor de las láminas del floculador (m).
e_o	Espacio entre orificios de filtros, (m).
e_p	Espesor de las placas (m).
E_o	Carga hidráulica disponible en torre de aireación (m).

f_s	Factor de seguridad, (%).
F_c	Altura del drenaje, (m).
g	Gravedad (m ² /s).
G	Gradiente de velocidad (s ⁻¹).
Ha	Altura de la cresta del medidor Parshall (m).
Ha	Tirante en el canal de la rejilla (m).
h	Perdida de carga de la rejilla (cm).
h_b	Altura de garganta del medidor Parshall (m).
hf₁	Pérdida de carga total del floculador (m).
hp₁	Pérdida de carga en las vueltas del floculador (m).
hp₂	Pérdida de carga en los canales del floculador (m).
H	Altura total del canal de la rejilla (m).
H	Altura del vertedero triangular (m).
H_{lámina}	Altura de agua sobre las unidades de aireación (m).
Ho	Altura de agua en el Canal de Parshall (m).
H_s	Altura total del sedimentador, (m).
Hu_f	Altura de agua en el floculador (m).
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
k₁	Coefficiente de variación diaria, (adimensional).
k₂	Coefficiente de variación horaria, (adimensional).
K	Constante, (adimensional).
Kf	Coefficiente de pérdida de carga en vueltas del floculador, (adimensional).
FM	Factor de mayorización, (adimensional).
L_b	Longitud de la barra de las rejillas (m)
l_p	Longitud recorrida a través de la placa (m).
L_a	Altura del lecho filtrante, (m).
L_{cr}	Longitud relativa del sedimentador corregida, (adimensional).
L_f	Longitud del floculador (m).
L_L	Longitud de cada lateral (m).
L_s	Longitud de sedimentación (m).
Lc_f	Longitud de canales del floculador (m).
Lm_p	Longitud total mínima de pared en filtros (m).

L_r	Longitud relativa del sedimentador, (adimensional).
L_{t_p}	Longitud total de pared de filtros (m).
L'	Longitud de transición en sedimentador, (adimensional).
n	Coefficiente de Manning, (adimensional).
n_f	Número de filtros, (unidad).
n_L	Número de laterales en filtros (unidad).
n_{Lf}	Número de laterales por lado en filtros (unidades).
n_o	Número total de orificios en filtros (unidad).
N	Dimensiones de la cancheta, (m).
N_o	Población al inicio del período (habitantes).
N_p	Número de placas en sedimentador (unidad).
N_t	Población futuro (habitantes).
N_{c_f}	Número de canales del floculador (unidad).
OMS	Organización Mundial de la Salud.
p	Población en miles.
P_c	Pérdida de carga (m).
P_m	Perímetro mojado de las secciones del floculador (m).
Q	Caudal (L/s).
Q_{captación}	Caudal de captación (L/s).
Q_d	Caudal de dosificación de PAC (L/s).
Q_i	Caudal de diseño para cada filtro (L/s).
Q_{tratamiento}	Caudal de la Planta de Tratamiento (L/s).
Q_d	Caudal de diseño (L/s).
Q_{med}	Gasto medio diario (L/s).
Q_t	Caudal que ingresa a la torre (L/s).
Q_{Md}	Gasto máximo diario (L/s).
Q_{Mh}	Gasto máximo horario (L/s).
r	Tasa crecimiento anual de crecimiento (%).
R	Radio medio hidráulico en floculador (m).
Re	Número de Reynolds (adimensional).
s_{lf}	Separación entre laterales de filtros (m).
s_o	Separación entre orificios de filtros (m).
s_p	Separación entre placas (m).

S	Sumergencia máxima (m/m).
S_c	Parámetro característico para sedimentadores de placas, adimensional.
t	Número de años que se va a proyectar la población (años).
tr_f	Tiempo de retención en floculador(s).
tr_p	Tiempo de retención en las placas del sedimentador(s).
tr_s	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación(s).
T	Temperatura del agua (°C).
T_f	Tasa de filtración, (m/d).
T_{US}	Total de usuarios servidos (usuario).
TA	Carga Hidráulica (L/ m ² ×s).
v_f	Velocidad del fluido en el floculador (m/s).
v_o	Velocidad de agua en el caudal de Parshall (m/s).
v_{of}	Velocidad en el orificio de filtros (m/s).
v_{so}	Carga superficial después de instalar las placas, (m/d).
v_s	Velocidad de agua a través de la tubería de salida, (m/s).
v_p	Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas sedimentador (m/s).
V	Volumen (L).
V_s	Volumen del sedimentador (m ³).
V_{TCM}	Volumen de agua consumida (L/día).
V_e	Volumen de emergencia (L).
V_i	Volumen para protección contra incendios (L).
V_r	Volumen de regulación (L).
V_{sc}	Velocidad crítica de asentamiento de sedimentación de alta tasa (m/s).
V_t	Volumen total (L).
W	Ancho de la garganta del medidor Parshall (m).
Z_f	Altura del filtro, (m).

CONTENIDOS

	Pp.
RESUMEN.....	xxvii
SUMMARY	xxviii
INTRODUCCION	1

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO.....	4
1.1 Agua	4
<i>1.1.1 Tipos de Agua</i>	<i>4</i>
<i>1.1.1.1 Aguas Alcalinas</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.2 Aguas Neutras</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.3 Aguas Blandas</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.4 Aguas Duras</i>	<i>5</i>
1.2 Agua Potable	5
<i>1.2.1 Calidad del Agua</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1.1 Fuentes de agua.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1.2 Contaminación del Agua</i>	<i>7</i>
1.3 Agua Subterránea.....	7
<i>1.3.1 Tipos de aguas Subterráneas.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.1 Agua freática</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.2 Agua artesiana.....</i>	<i>8</i>

1.3.1.3	<i>Manantiales</i>	8
1.3.1.4	<i>Pozos someros y galerías de filtración</i>	8
1.3.1.5	<i>Pozos profundos</i>	9
1.3.2	<i>Propiedades de las Agua Subterráneas</i>	9
1.3.2.1	<i>Composición</i>	9
1.3.2.2	<i>Características</i>	9
1.3.2.3	<i>Movimiento</i>	10
1.3.3	<i>Caracterización del Agua</i>	10
1.4	Parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos	10
1.4.1	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	14
1.4.1.1	<i>Pruebas de jarras</i>	14
1.5	Proceso de potabilización de aguas subterráneas	15
1.5.1	<i>Rejilla o cribado</i>	15
1.5.1.1	<i>Clasificación de las rejillas</i>	15
1.5.2	<i>Mezcla Rápida</i>	20
1.5.2.1	<i>Vertederos Triangulares De Thomson De 90°</i>	20
1.5.3	<i>Medidores Parshall</i>	26
1.5.4	<i>Coagulación</i>	30
1.5.4.1	<i>Sustancias Químicas empleadas</i>	31
1.5.4.2	<i>Factores que Influyen en la Coagulación</i>	31
1.5.5	<i>Floculación</i>	33
1.5.5.1	<i>Unidades de flujo horizontal</i>	34

1.5.5.2	<i>Unidades de Flujo Vertical</i>	35
1.5.6	<i>Sedimentación</i>	41
1.5.6.1	<i>Sedimentador</i>	41
1.5.6.2	<i>Componentes de un sedimentador:</i>	42
1.5.7	<i>Filtración</i>	48
1.5.7.1	<i>Clasificación de los Filtros</i>	48
1.5.8	<i>Determinación de las dimensiones del filtro:</i>	51
1.5.9	<i>Sistema de drenaje</i>	53
1.5.10	<i>Desinfección del Agua (Cloración)</i>	56
1.5.10.1	<i>Métodos de Desinfección</i>	56
1.5.10.2	<i>Cloro Gas</i>	56
1.5.10.3	<i>Hipocloritos de Sodio y Calcio</i>	57
1.5.10.4	<i>Cal Clorada</i>	57
1.6	<i>Diseño</i>	60
1.6.1	<i>Generalidades</i>	60
1.6.2	<i>Parámetros de Diseño</i>	60
1.6.3	<i>Población de Proyecto</i>	61
1.6.4	<i>Periodo de Diseño</i>	61
1.6.5	<i>Áreas de Cobertura</i>	61
1.6.6	<i>Caudales para el Diseño</i>	62
1.6.6.1	<i>Población Actual</i>	62
1.6.6.2	<i>Población Futura</i>	62

1.6.6.3	<i>Dotación Básica</i>	63
1.6.6.4	<i>Dotación de Agua</i>	63
1.6.6.5	<i>Dotación futura</i>	64
1.6.7	<i>Caudales para el Diseño</i>	66
1.6.7.1	<i>Caudal de captación</i>	66
1.6.7.2	<i>Caudal de la planta de tratamiento</i>	66
1.6.8	<i>Volúmenes de Reserva</i>	66
1.6.8.1	<i>Volumen de Regulación</i>	67
1.6.8.2	<i>Volumen contra Incendios</i>	67
1.6.8.3	<i>Volumen de Emergencia</i>	67
1.6.8.4	<i>Volumen Total</i>	68

CAPITULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	69
2.1	Muestreo	69
2.1.1	<i>Localización de la investigación</i>	69
2.1.2	<i>Método de Recopilación de datos</i>	69
2.1.3	<i>Procedimiento de Recolección de Información</i>	70
2.1.4	<i>Recolección de Muestras</i>	70
2.1.5	<i>Plan de tabulación y análisis</i>	72
2.2	Metodología	72
2.2.1	<i>Metodología de trabajo</i>	72
2.2.2	<i>Metodología de muestreo</i>	73

2.2.3	<i>Equipos, materiales y reactivos</i>	75
2.2.4	<i>Métodos y Técnicas</i>	77
2.2.4.1	<i>Métodos</i>	77
2.2.4.2	<i>Técnicas</i>	79
2.3	Datos experimentales	79
2.3.1	<i>Descripción del sistema existente en el sector</i>	79
2.3.2	<i>Datos</i>	80
2.3.2.1	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda</i>	80
2.3.2.2	<i>Prueba de jarras para la turbiedad</i>	91
2.3.2.3	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio.</i>	93

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	94
3.1	Calculo de Población Futura	94
3.1.1	<i>Calculo de la Dotación Básica</i>	94
3.1.2	<i>Dotación Futura</i>	95
3.1.3	<i>Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)</i>	96
3.1.4	<i>Calculo del Consumo Máximo Diario (CMD)</i>	96
3.1.5	<i>Calculo del Consumo Máximo Horario (CMH)</i>	97
3.2	Calculo de los Caudales de Diseño	97
3.2.1	<i>Calculo del Caudal de Captación</i>	97
3.2.2	<i>Calculo de Caudal de la Planta de Tratamiento</i>	98

3.3	Calculo de los Caudales de Reserva.....	98
3.3.1	<i>Cálculo del Volumen de Regulación.....</i>	98
3.3.2	<i>Calculo del Volumen Contra Incendios.....</i>	99
3.3.3	<i>Calculo del Volumen de Emergencia.....</i>	99
3.3.4	<i>Calculo del Volumen Total.....</i>	100
3.4	Consideraciones de Diseño.....	100
3.4.1	<i>Cálculos de Ingeniería.....</i>	100
3.4.1.1	<i>Dimensionamiento de la Rejilla</i>	100
3.4.1.2	<i>Calculo de la rejilla.....</i>	100
3.4.1.3	<i>Dimensionamiento del Vertedero Triangular.....</i>	107
3.4.1.4	<i>Diseño de Medidor de Caudal Parshall</i>	114
3.4.1.5	<i>Determinación del Agente Coagulante.....</i>	117
3.4.1.6	<i>Dimensionamiento del Floculador de Flujo Horizontal</i>	119
3.4.1.7	<i>Dimensionamiento del Sedimentador Laminar de Alta Tasa</i>	125
3.4.1.8	<i>Dimensionamiento de Filtros Lento de Arena y Grava.....</i>	131
3.4.1.9	<i>Desinfección con Hipoclorito de Calcio.....</i>	140
3.5	Resultados	143
3.5.1	<i>Proyección Futura.....</i>	143
3.5.2	<i>Resultados Procesos de Potabilización</i>	143
3.5.3	<i>Resultados de la Prueba de Jarras</i>	148
3.6	Propuesta.....	151
3.7	Requerimiento presupuestario	151

3.7.1	<i>Presupuesto General de la Planta de Potabilización.....</i>	151
3.7.2	<i>Costo de PAC al día.....</i>	154
3.7.3	<i>Inversión de la empresa.....</i>	154
	CONCLUSIONES.....	161
	RECOMENDACIONES.....	162
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 1-1: Parámetros organolépticos.....	11
Tabla 2-1: Parámetros físicos.....	12
Tabla 3-1: Parámetros químicos	12
Tabla 4-1: Parámetros microbiológicos	14
Tabla 5-1: Clasificación de las rejillas.....	16
Tabla 7-1: Grado de sumergencia(s) de la garganta.....	27
Tabla 8-1: Valores de K y M según el tamaño de la garganta W	27
Tabla 9-1: Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshall	30
Tabla 10-1: Tipos de Coagulantes Empleados.....	31
Tabla 11-1: Valores típicos del coeficiente de rugosidad (coeficiente de mannig)	39
Tabla 12-1: Propiedades físicas del agua.....	41
Tabla 13-1: Valores de Sc típicos	45
Tabla 14-1: Parámetros de diseño de Filtros lentos de arena.....	51
Tabla 15-1: Parámetros de diseño para drenajes por tuberías.....	53
Tabla 16-1: Parámetros de Diseños Laterales.....	55
Tabla 17-1: Parámetros recomendados de dotación de agua	63
Tabla 18-2: Recolección de Muestras.....	70
Tabla 19-2: Manejo y Usos de Recipientes.....	71
Tabla 20-2: Parámetros de caracterización del agua potable	73
Tabla 21-2: Equipos.....	75
Tabla 22-2: Materiales	76
Tabla 23-2: Reactivos	76

Tabla 24-2: Métodos de Análisis	77
Tabla 25-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector San Lorenzo (agua cruda).....	81
Tabla 26-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector san lorenzo (agua cruda).....	84
Tabla 27-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector san lorenzo (agua cruda).....	85
Tabla 28-2: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras.....	91
Tabla 29-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 50 NTU, (pHo=7.16 pHf=7.15), rpm=200, tiempo de agitación= 1.07 min.	92
Tabla 30-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 90 NTU, (pHo=7.12 pHf=7.10), rpm=200, tiempo de agitación= 1.18 min.	92
Tabla 31-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 245 NTU, (pHo=7.46, pHf=7.50), rpm=200, tiempo de agitación= 1.31 min.	93
Tabla 32-3: Información sobre rejillas de limpieza manual y mecánica.....	101
Tabla 33-3: Coeficiente de perdida para rejillas	101
Tabla 34-3: Parametros de diseno de FLA.....	131
Tabla 35-3: Resultados Proyección Futura (2030).....	143
Tabla 36-3: Resultados de la rejilla.....	143
Tabla 37-3: Resultados del Vertedero Triangular.....	144
Tabla 38-3: Resultados para canaleta Parshall.....	145
Tabla 39-3: Resultados de Determinación de Agente Coagulante.....	145
Tabla 40-3: Resultados del Floculador de Flujo Horizontal	145
Tabla 41-3: Resultados Sedimentador Laminar (ALTA TASA)	146
Tabla 42-3: Resultados de Filtro Lento de Arena (FLA).....	147
Tabla 43-3: Resultados de la Dosificación de HTH (Hipoclorito de Calcio)	147
Tabla 44-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras.....	148

Tabla 45-3: Prueba de Jarras a la turbiedad 50 NTU.....	148
Tabla 46-3: Prueba de jarras a la turbiedad 90 NTU.	149
Tabla 47-3: Prueba de Jarras a la turbiedad 245 NTU.....	149
Tabla 48-3: Resultados de Caracterización Físico-Químico y Microbiológicos del agua tratada .	150
Tabla 49-3: Presupuesto General de la Planta de Potabilización.....	152
Tabla 50-3: Aforo de solución de PAC y costo diario.....	154
Tabla 51-3: Inversión para el Tratamiento.....	154
Tabla 52-3: Inversión de implementos.....	154

INDICE DE ECUACIONES

	Pp.
Ecuacion 1-3	94
Ecuacion 2-3	94
Ecuacion 3-3	95
Ecuacion 4-3	96
Ecuacion 5-3	96
Ecuacion 6-3	97
Ecuacion 7-3	97
Ecuacion 8-3	98
Ecuacion 9-3	98
Ecuacion 10-3	99
Ecuacion 11-3	99
Ecuacion 12-3	100
Ecuacion 13-3	102
Ecuacion 14-3	102
Ecuacion 15-3	103
Ecuacion 16-3	103
Ecuacion 17-3	104
Ecuacion 18-3	104
Ecuacion 19-3	105
Ecuacion 20-3	105
Ecuacion 21-3	106
Ecuacion 22-3	106

Ecuacion 23-3	107
Ecuacion 24-3	107
Ecuacion 25-3	108
Ecuacion 26-3	108
Ecuacion 27-3	109
Ecuacion 28-3	109
Ecuacion 29-3	110
Ecuacion 30-3	110
Ecuacion 31-3	111
Ecuacion 32-3	111
Ecuacion 33-3	112
Ecuacion 34-3	112
Ecuacion 35-3	112
Ecuacion 36-3	113
Ecuacion 37-3	113
Ecuacion 38-3	114
Ecuacion 39-3	114
Ecuacion 40-3	115
Ecuacion 41-3	115
Ecuacion 42-3	116
Ecuacion 43-3	116
Ecuacion 44-3	117
Ecuacion 45-3	117
Ecuacion 46-3	118
Ecuacion 47-3	118
Ecuacion 48-3	119

Ecuacion 49-3	119
Ecuacion 50-3	120
Ecuacion 51-3	120
Ecuacion 52-3	121
Ecuacion 53-3	121
Ecuacion 54-3	121
Ecuacion 55-3	122
Ecuacion 56-3	122
Ecuacion 57-3	123
Ecuacion 58-3	123
Ecuacion 59-3	124
Ecuacion 60-3	124
Ecuacion 61-3	125
Ecuacion 62-3	125
Ecuacion 63-3	126
Ecuacion 64-3	126
Ecuacion 65-3	127
Ecuacion 66-3	127
Ecuacion 67-3	128
Ecuacion 68-3	128
Ecuacion 69-3	129
Ecuacion 70-3	129
Ecuacion 71-3	130
Ecuacion 72-3	130
Ecuacion 73-3	131
Ecuacion 74-3	132

Ecuacion 75-3	132
Ecuacion 76-3	133
Ecuacion 77-3	133
Ecuacion 78-3	134
Ecuacion 79-3	134
Ecuacion 80-3	135
Ecuacion 81-3	135
Ecuacion 82-3	136
Ecuacion 83-3	137
Ecuacion 84-3	137
Ecuacion 85-3	137
Ecuacion 86-3	138
Ecuacion 87-3	138
Ecuacion 88-3	139
Ecuacion 89-3	139
Ecuacion 90-3	140
Ecuacion 91-3	140
Ecuacion 92-3	141
Ecuacion 93-3	141
Ecuacion 94-3	142

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1-1: Equipo de prueba	14
Figura 2-1: Rejilla manual grueso	15
Figura 3-1: Vertedero Triangular de Thomson de 90°	20
Figura 4-1: Medidor de Caudal Parshall.....	26
Figura 5-1: Floculador de Pantalla de Flujo Horizontal.	34
Figura 6-1: Floculador de flujo vertical.....	35
Figura 7-1: Sedimentador	42
Figura 8-2: Tanque de Reserva.....	80
Figura 9-3: Formas de las rejillas	101

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pp.
Grafico 1-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)	87
Grafico 2-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)	88
Grafico 3-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)	89
Grafico 4-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)	90
Grafico 6-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 30 NTU	156
Grafico 7-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 50 NTU.....	157
Grafico 8-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 90 NTU.....	158
Grafico 9-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 245 NTU.....	159

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2006. Segunda revisión
ANEXO B	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta revisión
ANEXO C	Boletín Técnico PAC -08
ANEXO D	Producto Neutro Floculante N-100
ANEXO E	Arena y grava silisica ficha técnica.
ANEXO F	Proyección de la población futura para el diseño
ANEXO G	Resultados resultados de analisis de agua cruda
ANEXO H	Recolección de muestras
ANEXO I	Analisis fisicos-quimicos
ANEXO J	Plano vista planta
ANEXO K	Plano corte longitudinal
ANEXO L	Plano a detalle de rejillas
ANEXO M	Plano a detalle del vertedero
ANEXO N	Plano del canal parshal
ANEXO O	Plano del floculador horizontal
ANEXO P	Plano del sedimentador de tasa alta
ANEXO Q	Plano filtro lento de arena

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Rural San Lorenzo perteneciente al Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar con la finalidad de suministrar y brindar a la población un abastecimiento de agua óptima y seguro en un 100% de cobertura. Para el desarrollo de esta investigación se recogieron muestras de agua durante quince días en dos meses de la vertiente llamada Tingua, consumida por los habitantes de esta parroquia, con el propósito de realizar la caracterización físico- químico y microbiológico en el laboratorio de la Planta de Potabilización “Chaquishca” de la ciudad de Guaranda, aplicando los métodos estandarizados para el agua potable y residual y el Manual de Análisis de Agua, teniendo como resultados 4 parámetros que están fuera de los límites permisibles dados por la Norma Técnica Ecuatoriana, obteniendo porcentajes de remoción 70% turbiedad, 75% color, 99% Coliformes Fecales y Totales, y mediante la realización de ensayos de tratabilidad en el Test de Jarras se determinó la aplicación de Ploicloruro de Aluminio e Hipoclorito de Calcio como tratamiento ideal para solucionar los inconvenientes presentados en el líquido vital consumido. Con los resultados obtenidos se estableció, que el diseño de la planta de potabilización consta de: un vertedero triangular, una caneleta de Parshall, dos floculadores de flujo horizontal, dos sedimentadores de tasa alta, cuatro filtros lento de arena y un tanque de desinfección. En conclusión será beneficioso para 6500 habitantes proyectados para 15 años para un caudal de 38L/s. Se recomienda a la Empresa Publica – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Guaranda aplicar este tratamiento de potabilización para obtener agua segura en óptimas condiciones y mejorar la calidad de vida de la Parroquia San Lorenzo.

Palabras clave: <AGUA CONTAMINADA> <DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO>; <AGUA POTABLE>; <TINGUA[VERTIENTE]>; <SAN LORENZO [PARROQUIA]>; <GUARANDA [CANTÓN]>;<BOLIVAR [PROVINCIA]>; < NORMA TECNICA ECUATORIANA [NTE]>

SUMMARY

A drinking water treatment plant for the Rural Parish San Lorenzo belonging to Guaranda Canton, Bolivar Province has been designed with the purpose of providing and giving the population an optimal and safe water supply in a 100% coverage. For the development of this research, water samples were collected for two weeks in two months from the Tingua slope consumed by the inhabitants of this parish in order to perform the physical-chemical and microbiological catheterizacion in the lab at the “Chaquishca” water treatment plant in Guaranda applying the standard methods for drinking water and wastewater and the manual for water analysis obtaining as a result: 4 parameters which are outside the permissible limits given by the Ecuadorian Technical Norm (NTE), obtaining removal percentages 70% turbidity, 75% color, 99% fecal and total coliforms, and by conducting treatability tests in the Jar Test. It was determined the aluminum and calcium hypochlorite Ploicloruro application as an ideal treatment to solve problems in the vital fluid consumed. With the results it was established that the design of the water treatment plant consists of: a triangular landfill, a Parshall tube, two flocculants of horizontal flow, two settlers of high rate, four slow sand filters and a disinfection tank. In conclusión, this project will be beneficial for 6500 inhabitants projected to 15 years for a flow of 38 L/s. It is recommended to the Public Enterprise- Municipal Drinking Water and Sewerage Company of Guaranda apply this water purification treatment in order to obtain safe water in optimum conditions and improve the quality of life of the San Lorenzo parish.

KEYWORDS: <CONTAMINATED WATER>; < DESIGN OF A TREATMENT PLANT>; <WATER>; <TINGUA [SLOPE]>; <SAN LORENZO [PARISH]>; <GUARANDA [CANTON]>; <BOLIVAR [PROVINCE]>; <ECUADORIAN TECHNICAL NORM [NTE]>.

INTRODUCCION

Al agua potable se denomina como un liquido vital que consume los seres vivos a diario sin ningún peligro de contraer enfermedades. Esta agua es tratada según los estándares de calidad por las autoridades locales e internacionales para el uso de los seres vivos.

Al proceso de transformación de agua común en agua potable se le denomina potabilización.

El agua es una necesidad fundamental de los seres vivos. Cada individuo en la Tierra requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y para el aseo personal.

El abastecimiento de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. En algunas zonas muchas personas utilizan cisternas que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y sin luz, la que favorecería el crecimiento de algas.

En la investigación realizada el proceso de tratamiento cuenta con las siguientes etapas importantes: 1 canal parshal, 2 floculadores, 2 sedimentadores, 4 filtros y 1 tanque de desinfección. El agua que pase por las siguientes etapas estará en condiciones aptas para el consumo humano, cumpliendo así los requisitos establecido por la Norma NTE INEN 1108:2006.Segunda Revisión, Agua Potable Requisitos, la cual es usada en el presente estudio por ser una norma obligatoria y además en ella se consideran más parámetros para la calidad del agua con sus correspondientes límites permisibles.

Cuando al agua cruda, se da un tratamiento, busca adquirir un nuevo estado, con características previamente fijadas, mismas que son conocidas como normas de calidad del agua potable.

ANTECEDENTES

La Parroquia San Lorenzo de la Provincia de Bolívar, posee una población de aproximadamente 6498 habitantes, con una tasa de crecimiento del 1.95%.

Esta Parroquia limita al NORTE con la Parroquia San Simón, al Sur con la Parroquia Santiago, al ESTE con la Parroquia San Juan de la Provincia de Chimborazo, y al OESTE con el Rio Chimbo.

En lo referente a las necesidades de nuestra población, establecemos como prioritario, la necesidad de contar con al menos una planta de tratamiento y potabilización de agua para el consumo humano.

En la actualidad solamente cuentan con agua entubada que la toman desde una vertiente hidrográfica llamada TINGUA, los cuales es verdad que están limpios y cristalinos para el consumo humano, pero el agua para el consumo humano no recibe ningún tratamiento adecuado de conformidad con las normas de salubridad y los controles de rigor por parte de las autoridades competentes de esta rama. Para poder determinar si la calidad de agua es la más adecuada se ha realizado análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos, dando como resultado parámetros fuera de norma y por tanto es necesario realizar un proyecto urgente para mejorar la calidad del agua potable del sector SAN LORENZO.

JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable; enfermedades como: cólera, disentería, tifoidea y otros. Que periódicamente “emergen” como nuevas enfermedades. Esto se puede deber a la evolución de los microorganismos; a cambios en el manejo de los recursos hídricos y del abastecimiento de agua.

En la actualidad el gobierno del Ecuador presenta el Plan de Manejo del Buen Vivir, donde el Gobierno desea que cada uno de los pobladores tenga agua limpia y de calidad, para esto se ha establecido un caso muy importante, para todas la personas y entidades que trabajen para mejorar el agua. Por tanto el proyecto de tesis es viable, debido que existe el respaldo de la E. P - Empresa Municipal de Agua de Guaranda y de la Junta de Agua Potable de San Lorenzo.

La trabajo investigación busca estudiar, analizar y proponer una alternativa para controlar el nivel de contaminantes presentes en el agua consumida por lo que es necesario el diseño de una planta de tratamiento de agua potable que cuente con todas las etapas necesarias, dentro de las cuales tenemos los puntos de recolección, tratamiento y análisis, para lograr que el agua captada reciba un tratamiento adecuado, ya que es necesario para preservar la salud de los habitantes de la parroquia San Lorenzo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia de San Lorenzo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de la fuente hidrográfica, que se consume en la Parroquia San Lorenzo.
- Identificar los parámetros de calidad de agua que están fuera de los rangos establecidos por la norma NTE INEN 1108:2011.
- Determinar las variables de diseño que se requieren para el diseño de la planta de tratamiento.
- Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento de potabilización en base a cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño del sistema de tratamiento de agua a través de las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1 Agua

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. (ROMERO, Jairo, 2009, pág. 337).

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua, el 99.6% de la cual es salada y el 2.4% es dulce y de ésta el 77.9% está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21.4% es agua subterránea y el resto es una fracción muy pequeña que existe en los lagos, ríos y mares interiores. (FRANK, N; et al. Sapiens., 1992, pág. 4)

El agua en ocasiones no se le considera un nutriente, porque no sufre cambios químicos durante su aprovechamiento biológico; pero es un hecho de que sin ella no se puede llevar a cabo las innumerables transformaciones bioquímicas propias de todas las células activas. Tiene gran número de funciones biológicas, su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal, también interviene en la fotosíntesis y en muchas reacciones químicas y enzimáticas. (BADUI, Salvador., 2010, pág. 1).

1.1.1 Tipos de Agua

De acuerdo a la cantidad y tipos de sales minerales presentes en las agua, pueden ser:

1.1.1.1 Aguas Alcalinas

Son aquellas que poseen cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua, el valor del pH presente es superior.

1.1.1.2 Aguas Neutras

Son aquellas que posee en su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no contribuyen al agua tendencias ácidas o alcalinas, o sea que no perturban el valor de pH.

1.1.1.3 Aguas Blandas

Son aquellas que tiene una composición de sales minerales de gran solubilidad.

1.1.1.4 Aguas Duras

Son aquellas que tienen presencia de compuestos de Ca y Mg, poco solubles principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

1.2 Agua Potable

Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (NORMA INEN 1108:2011, 2011, págs. 3-6).

Agua apta, exenta de microorganismos que causen enfermedades, de sustancias químicas que produzcan efectos fisiológicos en el hombre y, además, estéticamente aceptable y adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y

para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Las personas con inmunodeficiencia grave posiblemente deban tomar precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de consumo normalmente no sería preocupante.

El agua potable no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. (OMS, 2008, págs. 417-490)

1.2.1 Calidad del Agua

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino un atributo definido socialmente en función del uso que debe cumplir; la calidad del agua se logra determinar comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. (OMS, 2009, pág. 108)

Cabe recalcar que la calidad del agua debe hacer la evaluación sensorial, ya que el sabor, el olor y el color, pueden ser los primeros indicios de contaminación del agua. En el caso del agua de consumo humano la mayoría de las quejas de los consumidores se relaciona con su color, sabor u olor, la calidad del agua potable de acuerdo con la percepción sensorial comprueba en gran medida la aceptabilidad de un tipo de agua, así consuman los habitantes de cada zona .

1.2.1.1 Fuentes de agua

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. (Guerrero & Hilleboe, 2004, págs. 1-10)

Pero no regresara a la fuente de origen, esto determina por la manera como se orienta el agua de desecho.

1.2.1.2 Contaminación del Agua

Las impurezas del agua se especifican en suspendidas, coloidales y disueltas. Las partículas suspendidas son grandes para depositar o ser filtradas, las impurezas coloidales y las disueltas son difíciles de eliminar, una forma de lograr es hacer que estas partículas se una entre sí para formar otras más grande, las cuales pueden tratarse como materia suspendida, otra forma es conveniente en un gas que escape en un gas a la atmosfera.

El agua también puede presentar contaminación microbiológica que depende mucho de su procedencia. Las aguas subterráneas son muchos más puras que las superficiales, ya que la filtración a través de las capas sedimentarias limita el número de microorganismos.

La contaminación microbiológica puede caracterizarse para la presencia de gérmenes de origen telúrico, gérmenes de origen humano o animal con frecuencia patógenos como E. colí, coliformes fecales, Salmonellas, Streptococcus, fecales, entre otros.

1.3 Agua Subterránea

Al agua subterránea se puede manifestar por ser agua clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión con una temperatura constante.

Este tipo de agua durante su trayecto puede ir adquiriendo pocas o muchas sustancias y cambiando algunas de sus propiedades, esto sucede por la presencia de lluvias.

1.3.1 Tipos de aguas Subterráneas

1.3.1.1 Agua freática

Es aquella que esta contenida entre la superficie de la tierra y la primera capa o también llamado estrato impermeable; estos se encuentran en un lecho permeable en donde se mueve libremente y a

una presión atmosférica; está formada por dos zonas una superficial o zona de aireación y otra zona de saturación.

1.3.1.2 Agua artesiana

Son los que están contenidos entre dos estratos impermeables, no se mueve libremente, esta limitada y tiene una presión diferente a la atmosférica. Esta agua puede aparecer formando manantiales de agua o lagos. Al gotear por las diferentes capas de terreno entra en contacto con sustancias orgánicas e inorgánicas algunas de ellas muy solubles. Por la desintegración de materia orgánica puede contener nitratos o nitritos y tienen bajo contenido de oxígeno disuelto y alto de CO₂.

1.3.1.3 Manantiales

Cuando el agua subterránea corre por la parte superior de un estrato impermeable puede salir a la superficie en forma de manantial. Esto sucede cuando el estrato impermeable aparece debajo de una extensión elevada de material permeable. En algunos casos los manantiales surgen entre las grietas de las rocas. La cantidad de agua que se adquiere en manantiales es limitada por lo tanto, este suministro se aprovecha para pequeñas ciudades.

1.3.1.4 Pozos someros y galerías de filtración

Son aquellos que forman en depósitos superficiales de material permeable encima de un estrato impermeable. Los pozos someros con más de 15 m de profundidad se califican de “fondos”. Hay pozos someros de gran diámetro separados por hueco y los hay de pequeño diámetro abierto por perforaciones y utilizado mediante tubería. Su función es extraer el agua por aspiración.

1.3.1.5 Pozos profundos

En los pozos profundos primero se excavan, según los estratos de la región. Generalmente atraviesan capas impermeables antes de conseguir el estrato acuífero deseado. Generalmente, el terreno de captación para pozos profundos es bastante amplio. Esto significa que el agua subterránea recorrerá largas distancias y tendrá amplio contacto con las formaciones rocosas y con la tierra. Las aguas de pozos profundos tienden a ser más mineralizadas que las aguas provenientes de pozos de poca profundidad.

Las aguas de pozos profundos son limpias y sin color, pero poseen hierro o manganeso, o ambos a su vez. Cuando entran en contacto con el aire, las aguas que llevan hierro y manganeso, aunque estén claras e incoloras al salir de la tierra, se enturbian.

1.3.2 Propiedades de las Agua Subterráneas

1.3.2.1 Composición

La naturaleza geológica del suelo determina la composición química de las aguas subterráneas. El agua está en constante movimiento con el suelo donde se estanca y recircula, y así se desarrolla un equilibrio entre la composición del suelo y la del agua: por ejemplo, el agua que circula en substrato arenoso o granítico es acidada y tiene menos minerales. Agua que circula en suelos limosos y arcillosos son alcalinas y contienen bicarbonatos.

1.3.2.2 Características

El agua subterránea en circulación puede ser de gran variación en la composición con la apariencia de contaminantes y varios contaminantes. Adicionalmente, las aguas subterráneas son bastante puras desde un punto microbiológico.

- Turbidez débil
- Temperatura relativamente constante
- Composición química constante y generalmente ausencia de oxígeno.
- Presencia normalmente en gran cantidad de Hierro y Manganeso divalentes en estado disuelto, Dióxido de carbono, Amonio, Ácido Sulfhídrico, Sílice, Nitratos y fuentes ferrobacterias.

1.3.2.3 Movimiento

El agua subterráneas se encuentra en movimiento constante, aunque la tasa a la que se mueve es generalmente menor que como se movería en un río porque debe pasar en complicados pasos entre los espacios libres de las rocas. Primero el agua se mueve hacia abajo debido a la caída de la gravedad. También puede moverse hacia arriba porque fluiría de zonas de alta presión a zonas de baja presión. (LENNTECH, 1998, pág. 12).

1.3.3 Caracterización del Agua

La caracterización del agua tiene como objetivo analizar sus atributos físicos, químicos y microbiológicos con la intención de definir su aptitud para el consumo humano. La representación de los parámetros de caracterización proporciona la definición de la calidad del agua para un uso definitivo y permite ver no sólo los aspectos que relacionan con su estructura química y microbiológica sino también las exigencias económicos, legales y de tratamiento para su beneficio.

1.4 Parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos

Para conocer, si el agua es pura o contaminada es obligatorio medir ciertos parámetros. De esta manera los parámetros de calidad del agua se clasifican en parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos.

Tabla 1-1: Parámetros organolépticos

Parámetros	Descripción
Turbiedad	Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Como se puede apreciar, la turbiedad tiene desde un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico (microorganismo, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas. Su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua, e interfiere en la desinfección.
Color	Aunque está íntimamente ligada a la turbiedad, el color en el agua puede considerarse como una característica independiente. El color está clasificado como color aparente y color verdadero. Color aparente se considera al producido por el material suspendido mientras que color verdadero es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad. Su mayor aporte en monitoreo de aguas es la descripción que pueda aportar para el análisis de una muestra o describir las condiciones físicas o estéticas de un cuerpo de agua.
Visibilidad	Se entiende por visibilidad a la interferencia que producen los materiales suspendidos en el agua al paso de la luz. Este parámetro realmente representa la profundidad de la zona fótica, es decir, la zona hasta donde penetra la luz en el agua y puede realizarse fotosíntesis. Es un indicador estético del cuerpo del agua, y como tal se debe medir de manera cualitativa o descriptiva.
Olor y Sabor	Los olores y sabores en el agua están asociados con la presencia de sustancias indeseables. Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia de plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 55-57.

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 2-1: Parámetros físicos

Parámetros	Descripción
Ph	Origina cambios en la flora y fauna de los cuerpos de agua. Ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como amoniacos, metales pesados, hidrógeno sulfurado, etc.
Temperatura	Las variaciones de este parámetro en las corrientes de agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y la flora presente en él; elevan el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua originan la disminución del oxígeno disuelto, lo que conduce a condiciones anaeróbicas de la corriente.
Conductividad	Se mide en $\mu\text{mhos/cm}$ o $\mu\text{S/cm}$. Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. Permite establecer relaciones e interpretación de resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua.
Sólidos totales, Suspendidos volátiles, Suspendidos disueltos, Disueltos volátiles, Sedimentables.	Las diferentes formas de sólidos propuestos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 82-83.

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 3-1: Parámetros químicos

Parámetros	Descripción
Acidez – Alcalinidad	Estos dos parámetros no pueden considerarse como contaminantes directos o específicos, sino como una medida de los efectos de la combinación de sustancias asociadas a los carbonatos y bicarbonatos. Debido a las variaciones que producen en el PH se generan reacciones secundarias rompiendo el ciclo ecológico en un cuerpo de agua. Ello se expresan como la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3)
Calcio	Son las causas más frecuentes de la dureza y afectan vitalmente las propiedades incrustantes y corrosivas de un agua.

Cianuros	Su presencia tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Los organismos causantes de autopurificación de los cuerpos de agua son inhibidos por un contenido de 0,3 mg/L de CN - . Su toxicidad aumenta cuando se asocia a variables tales como temperatura, ph, OD y la concentración de ciertas sustancias minerales.
Cloruros	Son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables.
Dureza	Las aguas duras imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso doméstico. Sus valores altos ocasionan incrustación y corrosión en las tuberías o equipos metálicos industriales o redes de acueducto.
Manganeso	En pequeñas cantidades produce manchas muy intensas en porcelanas y muebles sanitarias. Su oxidación posibilita la formación de precipitados, generando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua.
Nitratos	Este parámetro presente en aguas puede causar metahemoglobina (color azul en la piel) en los infantes alimentados con leche preparada. La enfermedad es producida por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo de estos niños.
Nitritos	Debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma la nitroso-aminas (cancerígenas), debe tener un cuidadoso control.
Sulfatos	Los sulfatos, al mezclarse con iones de calcio y magnesio en aguas de consumo humano, producen un efecto laxante. En aguas residuales al entrar en contacto con el concreto inducen la formación de cristales de sulfato aluminato que originan una expansión de material que destruye su textura. Bajo la acción de materias anaerobias los reducen hasta la

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnóstico. Pp. 84-87.

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 4-1: Parámetros microbiológicos

Parámetros	Descripción
Coliformes totales	La presencia de Coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales.
Coliformes fecales	Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las Coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 82
Realizado por: Amado Rea. 2015

1.4.1 Pruebas de tratabilidad

1.4.1.1 Pruebas de jarras

Generalmente una prueba de jarra es una técnica de laboratorio que intenta efectuar una simulación del proceso de clarificación del agua que se lleva a cabo en la planta, de manera que permite valorar a una escala y de una forma rápida la acción que efectúa sobre el proceso de clarificación, la variación de los diferentes parámetros como: velocidad y el tiempo de agitación, gradientes de velocidad, dosificación de diversos compuestos químicos solos o en combinaciones, etc.



Figura 1-1: Equipo de prueba de jarras de 4 puestos cuadrado.
Realizado por: Amado Rea. 2015

1.5 Proceso de potabilización de aguas subterráneas

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial entregar a los habitantes de una localidad agua en cantidad y calidad, adecuada para satisfacer sus necesidades.

1.5.1 *Rejilla o cribado*

La rejilla se utiliza para retirar partículas gruesas presentes en el agua a través de una rejilla. Sus objetivos principales son:

- Sujetar los sólidos en suspensión, de diferentes tamaños que trae consigo el efluente de agua cruda.
- Impide el atasco de los conductos, bombas, válvulas entre otros para proteger los equipos.

Por tal razón el cribado es la primera operación que se lleva a cabo en el efluente de agua.



Figura 2-1: Rejilla manual grueso y fino.

Fuente: DDR. GERARDO LEON CH., M.Sc

1.5.1.1 *Clasificación de las rejillas*

La distancia entre las barras de la rejilla depende del tamaño de partículas que se desea detener. El canal en donde se halla las rejillas debe diseñar de tal manera que la velocidad del agua no se disminuya a menos de 0.60 m/s, esto con el fin de evitar la sedimentación. En base a este dato se puede encontrar la siguiente clasificación:

Tabla 5-1: Clasificación de las rejillas

De acuerdo al método de limpieza	Limpieza manual
	Limpieza mecánica (automática)
Según el tamaño de las aberturas	Rejillas gruesas: Aberturas iguales o mayores de 0.64cm (1/4 pulgadas).
	Rejillas finas: Aberturas menores de 0.64 cm.
De acuerdo a su colocación	Rejillas finas
	Rejillas móviles
Según la sección transversal de sus barras	Cuadradas, rectangulares, circulares o aerodinámicas.
Dependiendo del tamaño de materia que se desea remover	Finas (0.1-1.5cm)
	Medianas(1.5-2.5cm)
	Gruesas(2.5-5.0cm)

FUENTE: Jairo Romero Rojas – Tratamiento de aguas subterráneas.

a. Ecuación de Manning

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

v: Velocidad (m/s)

S: Espesor sugerido (m)

n: Numero de barras

R_h = Radio Hidráulico

b. Área transversal del canal

$$A_t = \frac{Q_p}{v}$$

Donde:

A_t: Área transversal del canal (m²)

Q_p: Caudal de llegada (m³/s)

v: Velocidad (m/s)

c. Tirante en el canal

$$H_a = \frac{A_t}{b}$$

Donde:

H_a: Tirante en el canal (m)

A_t: Área transversal del canal (m²)

b: Ancho del canal de llegada (m) (obtenido en la tabla 2)

d. Altura total del canal

$$H = H_a + H_s$$

Donde:

H: Altura total del canal (m)

H_a: Tirante en el canal (m)

H_s: Altura sugerida (m)

e. Longitud de la barra de las rejillas

$$L_b = \frac{H}{\text{Sen}\alpha}$$

Donde:

L_b: Longitud de la barra de las rejillas (m)

H: Altura total del canal (0.5m)

Senα: Angulo de inclinacion de las rejillas con respecto a la horizontal del canal.

Se recomienda un ángulo de inclinación de las barras entre 44° y 60° con respecto a la horizontal.

f. Separación entre barras

$$bg = \left(\frac{b-e}{s+e} + 1\right)e$$

Donde:

bg: Separación entre barras (m)

b: Ancho del canal de llegada (m)

S: Espesor sugerido (m)

e: separación entre barras sugerido (m)

g. Área de los espacios entre barrotos

$$A_s = bg * L_b$$

Donde:

A_s: Área de los espacios entre barrotos (m²)

bg: Separación entre barras (m)

L_b: Longitud de la barra de las rejillas (m)

h. Velocidad a través de las rejillas

$$V_c = \frac{Q_p}{A_s}$$

Donde:

V_c: Velocidad a través de las rejillas (m/s)

Q_p: Caudal de llegada (m³/s)

A_s: Área de los espacios entre barrotes (m²)

i. Numero de barrotes

$$n = \frac{bg}{e} - 1$$

Donde:

n: Numero de barrotes

bg: Separación entre barras (m)

e: separación entre barras sugerido (m)

j. Perdida de carga

$$h_f = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) * \text{sen } \alpha$$

Donde:

h_f: Perdida de carga (m)

S: espesor (m)

g: gravedad (m/s²)

β: Factor dependiente de la forma de las barras.

e: separación entre barras sugerido (m)

$\frac{v^2}{2g}$: Carga de velocidad antes de la reja (m)

1.5.2 Mezcla Rápida

La mezcla rápida es una operación utilizada en el tratamiento del agua con el fin de esparcir distintas sustancias químicas y gases. En plantas de desinfección de agua el mezclador rápido tiene el propósito de esparcir en forma rápida e igual el coagulante a través de la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede verificarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos triangulares, vertederos rectangulares, entre otros.

1.5.2.1 Vertederos Triangulares De Thomson De 90°

Para evaluar pequeños egresos, el vertedero triangular es más exacto que el rectangular, puesto que, para un mismo caudal, los valores de h son muy grandes o mayores.

Considérese la figura siguiente, en donde se esquematiza el flujo a través de un vertedero triangular, simétrico y de pared delgada, con un ángulo 90° en el vértice de la escotada.

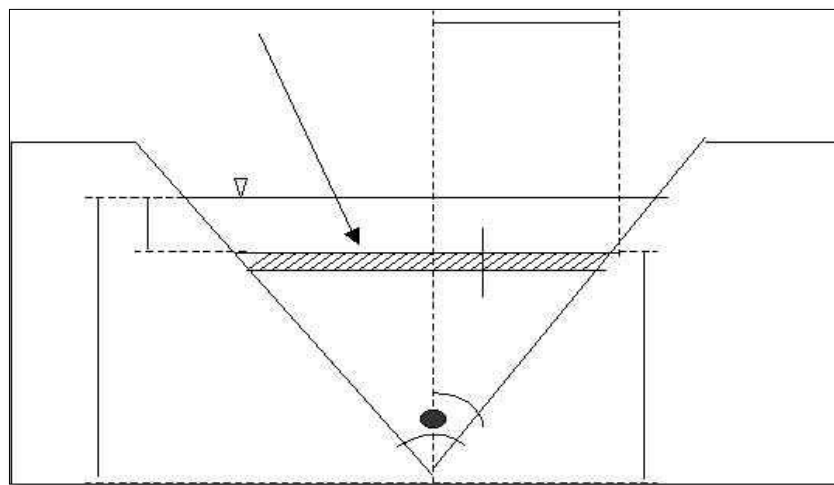


Figura 3-1: Vertedero Triangular de Thomson de 90°

Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/vertedortriang/verttriang2.html>

a. Altura del vertedero triangular

$$Q = 1.4H^{5/2}$$

Donde:

Q: Caudal en m³/s

h : Altura en m.

1.4: Constante adimensional del vertedero

$$H = \left(\frac{Q}{1.4} \right)^{2/5}$$

b. Ancho de la lámina vertiente y ancho del canal

$$L = 2H$$

Donde:

H: Altura de agua en el vertedero, (m).

L: Ancho de la lámina vertiente y ancho del canal, (m).

c. Caudal promedio unitario

$$q = \frac{Q}{B}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

B: altura del canal, (m).

q: Caudal promedio unitario, (m³/s × m).

d. Altura crítica

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, (m³/s × m).

g: gravedad, (m²/s).

h_c: altura crítica, (m).

e. Altura al inicio del resalto

$$h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{p}{h_c}}}$$

Donde:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo, (m).

h_c: altura crítica, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

f. Velocidad al inicio del resalto

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, (m³/s × m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

V₁: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

g. Número de Froude

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

Donde:

h1: altura al inicio del resalto, (m).

V1: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

g: gravedad, (m2/s).

F1: Número de Froude, (m/s).

h. Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

Donde:

h1: altura al inicio del resalto, (m).

h2: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

F1: Número de Froude.

i. Velocidad al final del resalto

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, (m3/s × m).

h2: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

V2: Velocidad al final del resalto, (m/s).

j. Energía disipada en el resalto

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4(h_1 \times h_2)}$$

Donde:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

h_p: Energía disipada en el resalto, (m).

k. Longitud del resalto

$$L_m = 6(h_2 - h_1)$$

Donde:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

L_m: Longitud del resalto, (m).

l. Distancia del vertedero a la sección I

$$L' = 4.300 P \left(\frac{h_c}{P} \right)^{0.900}$$

Donde:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo, (m).

h_c: altura crítica, (m).

L': Distancia del vertedero a la sección 1, (m).

m. Velocidad promedio en el resalto

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Donde:

V1: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

V2: Velocidad al final del resalto, (m/s).

Vm: Velocidad promedio en el resalto, (m/s).

n. Tiempo de mezcla

$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

Donde:

Vm: Velocidad promedio en el resalto, (m/s).

Lm: Longitud del resalto, (m).

T: tiempo de mezcla, (s).

o. Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

Donde:

T: tiempo de mezcla, (s).

hp: Energía disipada en el resalto, (m).

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta.

1.5.3 Medidores Parshall

El canal Parshall es una estructura hidráulica que permite calcular la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de los siguientes partes principales:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente

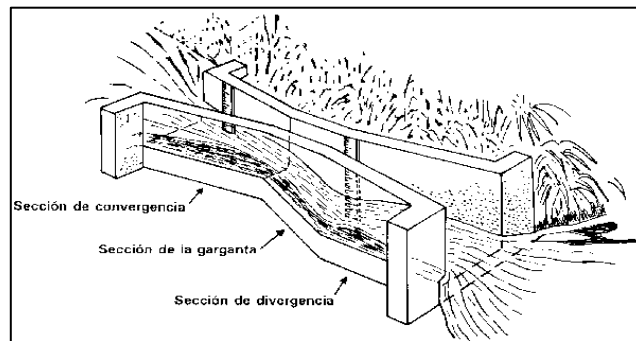


Figura 4-1: Medidor de Caudal Parshall

Fuente:http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

En la transición de ingreso el piso se eleva sobre la base del caudal con pendiente suave y las paredes se van taponando ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente el fondo es horizontal y el ancho va reduciendo. En la garganta el piso regresa a disminuir para finalizar con otra pendiente ascendente a la sección divergente.

El medidor de caudal Parshall brinda varias ventajas como son:

- El agua posee velocidad suficiente para limpiar los sedimentos.
- Desgaste de carga menor.
- Maneja en una clase amplio de flujos.
- Tiene la capacidad de calcular tanto como flujo libre y como sumergido.

Para el diseño de un medidor Parshall se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) **Calculo de la Altura de Flujo de Agua**

$$H_o = K \times Q^m$$

Donde:

Q: Caudal de diseño m³/s

K: Constante adimensional

m: Constante adimensional

Tabla 6-1: Grado de sumergencia(s) de la garganta

Ancho de la garganta(W)		Máxima Sumergencia (Hb/Ha)	
Pulgada-pie		M	
3 a 9 pulgadas		0.075-0.229	0.600
1-8 pies		0.305 -2.440	0.700
10-50 pies		3.050-15.250	0.800

Fuente: ARBOLEDA J. 2000. Teoría y Práctica de la purificación de las aguas.

La relación **Ha/W** debe estar en un promedio de 0.400 y 0.800 para que la turbiedad del resalto no penetre en el fondo de la masa del agua, dejando una capa bajo el resalto en que el flujo se traslade con un mínimo de agitación.

$$H_a/W \approx 0.400 \text{ y } 0.800$$

Tabla 7-1: Valores de K y M según el tamaño de la garganta W

Ancho de la garganta(W)	K		M
Pulgada-Pie	Metros		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.150	1.842	0.636
9"	0.229	1.486	0.633

1'	0.305	1.276	0.657
1.500'	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645
3'	0.915	0.608	0.639
4'	1.220	0.505	0.634
5'	1.525	0.436	0.630
6'	1.830	0.389	0.627
8'	2.440	0.324	0.623

Fuente: CEPIS. 1992. Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua. Tomo V

b) Cálculo de la Altura de Cresta (Ha)

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1.570 \times 0.340^{0.026}}}}{(0.372 \times W) \frac{1}{1.570 \times W^{0.026}} \times 3.281}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño m³/s

W: Ancho de la garganta

c) Cálculo de la Altura de Garganta (Hb): tomando

$$H_b = S \times H_a$$

Donde:

Ha: Altura de agua de la cresta: m

S: Sugerencia máxima: m/m

d) Calculo de Perdida de Carga

$$p = \frac{5.072}{(W+4.570)^{1.460}} (1 - S) 0.720 \times Q^{0.670}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño m³/s

W: Ancho de la garganta

S: Sumergencia máxima: m/m

e) La Velocidad en la Sensación de Medición

$$V_o = \frac{Q}{H_o \times D^1}$$

Donde:

H_o: Altura de agua en la sensación de medición m

D¹: Ancho de la sensación de medición

Q: Caudal de agua m³/s

f) Carga Hidráulica Disponible

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

Donde:

V_o: Velocidad en la sensación de medición m/s

g: Gravedad m/s²

H_o: Altura de agua en la sensación de medición m

N: Dimensiones de la canaleta

Tabla 8-1: Dimensiones estandarizadas de la canaleta Parshall

W		A	B	C	D ¹	E	F	G	K ₁	N
Pulg.	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 ½'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,5	15,3	34,3

Fuente: CEPIS. 1992.

1.5.4 Coagulación

La coagulación tiene como objetivo inutilizar las cargas eléctricas de las partículas y convertir las impurezas que se encuentra en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que logren ser removidas por la decantación y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se unan y producen los flóculos (floculación).

Cada partícula se halla fijada por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que repela las partículas vecinas, como se repelen dos polos magnéticos. Ya que esto paraliza el encuentro de las partículas y que integren así masas mayores llamados flóculos, las partículas no se asientan. La coagulación desestabiliza estos coloides al neutralizar las fuerzas que los mantienen apartados.

1.5.4.1 Sustancias Químicas empleadas

Las sustancias químicas empleadas en la coagulación se clasifican:

Tabla 9-1: Tipos de Coagulantes Empleados

Coagulante	Ejemplo
Coagulantes	Compuestos de aluminio o de hierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas
Alcalinizantes	Cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (sosa cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.
Coadyuvantes de la Coagulación	Compuestos de arcilla, sílice activada, polielectrolitos, etc., que pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

Fuente: OMS. 2006. Normas de la calidad de Agua. Capítulo 8, Pp. 421-422

Realizado por: Amado Rea. 2015

1.5.4.2 Factores que Influyen en la Coagulación.

Es preciso tener en cuenta las siguientes causas con la fin de mejorar el proceso de coagulación:

- pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de Mezcla.

- Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten anunciar cuáles son las cantidades de los coagulantes a añadir al agua.

El coagulante colocado es el Policloruro de Aluminio (PAC), y la dosificación del PAC se efectúa de la siguiente forma:

a. Calculo de la concentración requerida de PAC

$$C_1 \rightarrow P_1$$

$$C_2 \rightarrow X = P_2$$

Donde:

P1: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

C1: Concentración inicial de PAC, (g/L)

P2: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

C2: Concentración de PAC requerido, (g/L)

b. Calculo del Volumen requerido de agua

$$P_1 \rightarrow V_1$$

$$P_2 \rightarrow X = V_2$$

Donde:

P1: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

V1: Volumen de agua de dilución inicial, (L)

P2: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

V2: Volumen de agua requerido, (L)

c. Concentración de la Solución

$$C_{Sin} = \frac{P_2}{V_2}$$

Donde:

CSin = Concentración de las solución, (g/L)

d. Caudal de Dosificación

$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Sin}} \times Q_d$$

Donde:

QD: Caudal de dosificación de PAC, (m³/h)

CPAC: Concentración de PAC, (mg/L)

CSin: Concentración de la solución, (mg/L)

Qd: Caudal de diseño, (m³/h)

Convirtiendo m³/h a ml/min para observar el goteo de la solución de Policloruro de Aluminio. Se afora en un vaso de precipitación el total de la solución en ml utilizando un cronometro y el volumen obtenido será el goteo que se necesita para bajar la turbiedad.

1.5.5 Floculación

La floculación se define como una lenta agitación en el agua para permitir el crecimiento de flóculos que pueden ser eliminados por sedimentación. La floculación comienza inmediatamente después de la desestabilización, en la zona en que la energía de mezclado decae, previo a un mezclado, o como resultado de una turbulencia creada en el fluido y por la cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores. (BRITO, 2007, pág. 33)

Los importantes causas que influyen en la eficiencia de este proceso son los siguientes: naturaleza del agua, variaciones de caudal, intensidad de agitación y tiempo de floculación.

1.5.5.1 Unidades de flujo horizontal

Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo. Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa. Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbestocemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación. De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad y se reduce el área construida, disminuyendo por consiguiente el costo de construcción. La unidad puede tener una profundidad de 1.000 a 2.000 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.

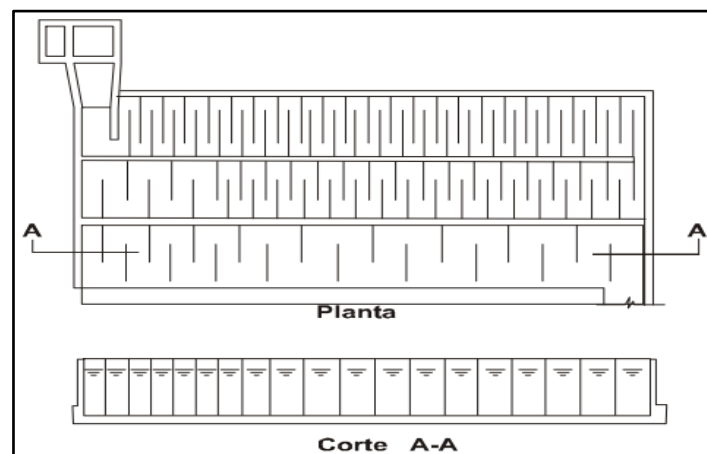


Figura 5-1: Floculador de Pantalla de Flujo Horizontal.

Fuente: http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf

1.5.5.2 Unidades de Flujo Vertical

Las unidades de flujo vertical son una solución recomendable para plantas de capacidad mayor de 50 litros por segundo. Se proyectan para profundidades de 3 a 4 metros, por lo que ocupan un área menor que las unidades de flujo horizontal.

En este tipo de unidades el flujo sube y baja a través de canales verticales formados por las pantallas. Es una solución ideal para plantas de medianas a grandes, porque debido a la mayor profundidad que requieren estas unidades, ocupan áreas más reducidas que los canales de flujo horizontal. Otra ventaja importante es que el área de la unidad guarda proporción con respecto a los decantadores y filtros, con lo que resultan sistemas más compactos y mejor proporcionados. (BVSDE, 2009, págs. 91-96;103-105).

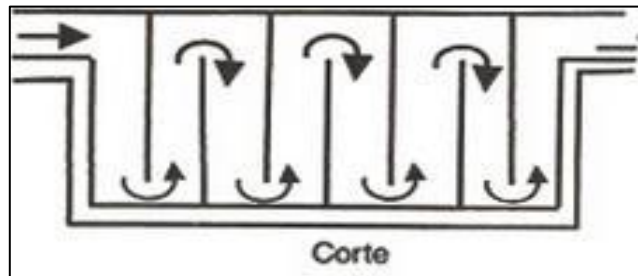


Figura 6-1: Floculador de flujo vertical

Fuente: MIHELICIC, J; ZIMMERMAN, J, Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. Pp. 416.

Para el diseño de un floculador de flujo horizontal se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a. Longitud de canales:

$$L_c = V \times T \times 60$$

Donde:

L_c: Longitud de canales, (m).

T: Tiempo de retención, (min).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

b. Área de los canales del floculador:

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

Donde:

A: Área de los canales del floculador, (m²)

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

c. Ancho de canales de floculador

$$a = \frac{A}{H_u}$$

Donde:

a: Ancho de los canales del floculador, (m).

A: Área de los canales del floculador, (m²).

kH: Altura de agua en la unidad, (m).

d. Ancho de las vueltas de la floculación

$$d = 1.500 \times a$$

Donde:

d: Ancho de las vueltas de la floculación, (m).

a: Ancho de los canales de floculación, (m).

e. Ancho del floculador

$$B = 3b + d$$

Donde:

B: Ancho del floculador, (m).

b: Ancho útil de la lámina, (m).

d: Ancho de vueltas de la floculación, (m).

f. Número de canales

$$Nc = \frac{Lc}{B}$$

Donde:

B: Ancho del floculador, (m).

Lc: Longitud de canales, (m).

Nc: Número de canales, (unidades).

g. Longitud del floculador

$$L = (Nc \times a) + (Nc - 1) e$$

Donde:

Nc: Número de canales, (unidades).

a: Ancho de los canales de floculación, (m).

e: Espesor de las láminas, (m).

L: Longitud del floculador, (m).

h. Perímetro mojado de las secciones del tramo

$$P = 2Hu + a$$

Donde:

Pm: Perímetro mojado de las secciones, (m).

Hu: Altura de agua en la unidad, (m).

a: Ancho de los canales del floculador, (m).

i. Radio medio hidráulico

$$r = \frac{A}{P}$$

Donde:

A: Área de los canales del floculador, (m²).

Pm: Perímetro mojado de las secciones, (m).

r: radio medio hidráulico, (m).

j. Pérdida de la carga continúa en los canales

$$h_1 = \left[\frac{n * V}{r^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * L_c$$

Donde:

h₁: pérdida de la carga en los canales, (m).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

n : coeficiente de Manning.

r: radio medio hidráulico, (m).

Lc: Longitud de canales, (m).

Tabla 10-1: Valores típicos del coeficiente de rugosidad (coeficiente de manning)

Material	Coeficiente de Manning	Coeficiente Rugosidad Absoluta (mm)
Asbestos cemento	0,011	0,0015
Latón	0,011	0,0015
Fierro fundido (nuevo)	0,012	0,6
Concreto (cimbra metálica)	0,011	0,26
Concreto (cimbra madera)	0,015	0,18
Concreto simple	0,013	0,6
Cobre	0,011	0,0015
Acero corrugado	0,022	45
Acero Galvanizado	0,016	0,15
Plomo	0,011	0,0015
Plástico (PVC)	0,09	0,0015
Madera (duelas)	0,012	0,18
Vidrio (laboratorio)	0,011	0,0015

Fuente: Aplicaciones de computación en Ingeniería Hidráulica. 1992.

k. Pérdida de carga continúa en las vueltas

$$h_2 = \frac{K \times V^2 (N_c - 1)}{2g}$$

Donde:

K: Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas.

V: Velocidad del fluido, (m/s).

N: Número de canales, (unidades).

g: Aceleración de la gravedad, (m/s²).

h₂: Pérdida de carga en las vueltas, (m).

l. Pérdida de carga total en el último tramo

$$h_f = h_1 + h_2$$

Donde:

h_f: Pérdida de carga total, (m).

h₁: pérdida de la carga en los canales, (m).

h₂: Pérdida de carga en las vueltas, (m).

m. Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_f}{T}}$$

Donde:

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta.

γ: Peso específico del agua, (N/m³).

μ: Viscosidad dinámica del agua, (N × s / m²).

h_f: Pérdida de carga total, (m).

T: Tiempo de retención, (s).

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹).

Tabla 11-1: Propiedades físicas del agua

Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
0	9,805	999,8	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$
5	9,807	1000,0	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$
10	9,804	999,7	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$
15	9,798	999,1	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$
20	9,789	998,2	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$
25	9,777	997,0	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$
30	9,764	995,7	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$
40	9,730	992,2	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$
50	9,689	988,0	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$
60	9,642	983,2	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$
70	9,589	977,8	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$
80	9,530	971,8	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$
90	9,466	965,3	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$
100	9,399	958,4	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$

Fuente: DAUGHERTY, R; FRANZINI, J. 1978. Propiedades Físicas del agua.

1.5.6 Sedimentación

La sedimentación es aquel proceso en el que las partículas se asentarán por la gravedad dentro de un período de tiempo y se removerán. Las partículas con densidades más mayores de 1000 Kg/m³ se asentarán , y las partículas con densidades menores a 1000 Kg/m³ nadarán o flotaran hacia la superficie del agua. El tiempo de retraso es de 3 a 6 minutos en los sedimentadores de tubos y de 12 a 25 minutos en sedimentadores de placas.

1.5.6.1 Sedimentador

Es un aparato que se utiliza para retirar por gravedad las partículas en suspensión en una masa de agua.

1.5.6.2 Componentes de un sedimentador:

a) Zona de Entrada

Es una disposición hidráulica que permite conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, señalando a su vez la velocidad.

b) Zona de Sedimentación

Constituye de un canal rectangular con volumen longitud y medios de flujo apropiados para que se sedimenten las partículas, se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

c) Zona de Salida

Es la zona que constituye por un vertedero de rebose trazado para conservar una velocidad que no perturbe el reposo de la arena sedimentada.

d) Zona de recolección de lodos

Compuesta por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el movimiento de la arena hacia el canal de lavado de los sedimentos.

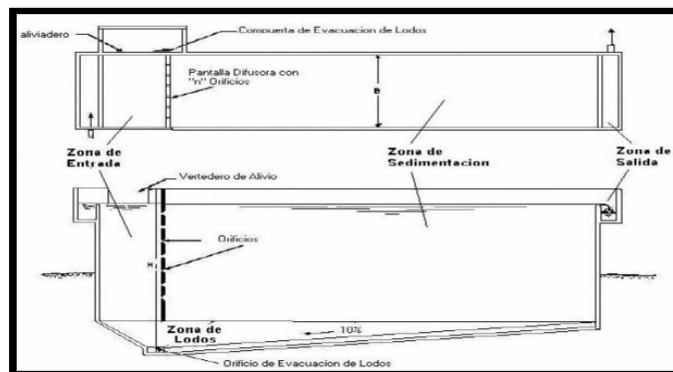


Figura 7-1: Sedimentador

Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Para determinar el área de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

a. Área de sedimentación

$$v_s = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

CS: Carga superficial de sedimentación.

Q: Caudal de diseño.

b. Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas

$$V_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño.

As: Área de sedimentación.

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.

c. Longitud relativa del sedimentador.

$$Lr = \frac{I}{d_p}$$

Donde:

Lr: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa, en flujo laminar, (m).

I: Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placa), m.

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas, (m).

d. Número de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{V_o \times d_p}{\nu}$$

Donde:

Se trabaja con una temperatura del agua de 15°C

V_o : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: m/s

d_p : Ancho del conducto o espacio entre placas: m (Valor asumido)

ν : Viscosidad cinemática: m²/s (ver anexo)

e. Longitud de transición

$$L' = 0.013 \times \text{Re}$$

Donde:

Re : Número de Reynolds (adimensional).

f. Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Donde:

L_r : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa, en flujo laminar, (m).

L_{cr} : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en flujo laminar, corregida en la longitud de transición L' (adimensional).

g. Velocidad de sedimentación crítica

$$V_{sc} = \frac{S_c \times V_o}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$$

Donde:

V_{sc}: Velocidad crítica de asentamiento de sedimentación de alta tasa, (m/s).

v_o: Velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa o carga superficial en el área de sedimentación de alta tasa, (m/s).

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa,

S_c: Parámetro característico; igual a 1.000 para sedimentadores de placas paralelas; igual a 4/3 para tubos de sección circular; igual a 11/8 para conductos de sección cuadrada.

Tabla 12-1: Valores de S_c típicos

TIPO DE MÓDULO	S _c
Placas planas paralelas	1
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	11/8
Placan onduladas	1,30
Otras formas tubulares	1,33 – 1,42

Fuente: VILLEGAS, M. P. Purificación Aguas. Sedimentadores

h. Tiempo de retención en las placas

$$t_{rp} = \frac{I}{V_o}$$

Donde:

t_{rp} : Tiempo de retención, (min).

l : Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placa), (m).

Vo: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador, (m/min).

i. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

$$t_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

Hs: Altura total, (m). (valor asumido)

As: Área de sedimentación, (m²).

ts: tiempo de retención en el tanque de sedimentación, (s).

j. Ancho del sedimentador

$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{5}}$$

Donde:

bs: ancho del sedimentador, (m).

As: área del sedimentador, (m²).

k. Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{A_s}{b_s}$$

Donde:

L_s: Longitud de sedimentación, (m).

A_s: Área de sedimentación, (m²).

b_s: Ancho del sedimentador en m; asumido por el proyectista en función al ancho de placas.

l. Número de placas por módulo

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + d_s}{d_s + ep}$$

Donde:

N_p: Número de placas por módulo.

L_s: Longitud de sedimentación, (m).

θ: Ángulo de inclinación de las placas, (°)

d_s: Separación entre placas, (m).

ep: Espesor de las placas, (m).

m. Volumen del sedimentador

$$V_d = L_s \times b_s \times h$$

Donde:

L_s: longitud del sedimentador, (m).

b_s: ancho del sedimentador, (m).

h: altura del sedimentador, (m).

1.5.7 Filtración

Su función principal es eliminar partículas en suspensión haciendo pasar el agua a través de un lecho de arena u otro material poroso para así apartar las partículas y microorganismos que no han logrado ser removidos en los procesos de coagulación y sedimentación.

En la filtración se puede mencionar dos tipos de filtros: filtros rápidos y filtros lentos.

1.5.7.1 Clasificación de los Filtros

a) Filtros lentos de arena (FLA)

Son aquellas unidades de baja velocidad de filtración que no necesitan sustancias químicas y permiten eliminar virus, bacterias perjudiciales para la salud. Dichas unidades eliminan materia fina orgánica e inorgánica, la calidad del agua tratada por una unidad FLA debe tener la mejor calidad, con bajos niveles de turbiedad, color, entre otros.

Se tratará un pequeño unidades dimensionadas de modo que cada una pueda tratar el 50% del caudal.

El agua tratada se recoge en sumideros situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y reemplazan los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0.100 a 0.400 m³/ (m²·h).

b) Filtros Rápidos

Los filtros rápidos de arena por gravedad son normalmente depósitos rectangulares abiertos que contienen arena de sílice hasta una profundidad de 0.600 a 2.000 m. El agua fluye hacia parte inferior y los sólidos se reúnen en las capas superiores del lecho. El caudal unitario es de 4 a 20 m³/ (m²·h). El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos depositados se aíslan del filtro mediante inyección de agua tratada. Algunas veces, la arena se lava con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse.

c) *Según la presión, los filtros rápidos pueden ser de dos tipos:*

- De presión: cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias)
- De gravedad, los más comunes.

Para el diseño de un filtro lento de arena se mencionan las siguientes consideraciones:

a. Superficie filtrante requerida

$$Sf = \frac{Q}{Tf}$$

Donde:

Q: caudal de diseño (m³/h)

Sf: Superficie filtrante (m²)

Tf: Tasa de filtración (l/m²h)

b. Área de filtración

$$Af = \frac{Sf}{n}$$

Donde:

Sf: superficie de filtrante, (m²).

Af: Área de filtración, (m²).

n: número de filtros deseados.

c. Determinación del número de módulos de filtración

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{Af}$$

Donde:

nf: Número total de unidades rectangulares operando en paralelo.

Af: Área de filtración, (m²).

d. Determinación del área para cada unidad:

$$A_i = \frac{Af}{nf}$$

Donde:

Af: Área de filtración, (m²).

nf : Número de filtros calculado, (unidades).

Ai: Área para cada área, (m²).

Tabla 13-1: Parámetros de diseño de Filtros lentos de arena

Parámetro	Valor
Tasa de filtración	1,2- 3,7m/s* 2 – 12 m/d.
Medio	Arena
Altura del agua sobre el lecho	1 - 1,5 m
Profundidad del medio	0,60 – 1 m
Profundidad de grava	0,30 m
Tamaño efectivo del medio	0,5 – 0,35 mm
Coefficiente de uniformidad	1,8 – 2,0
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje	0,4 – 0,7 m
Tiempo de lavado	5 – 15 min

Fuente: ROMERO, J. 1990. Purificación del Agua. Filtración

* TEBBUTT, T.H. 1990. Fundamentos de control de la calidad del agua.

1.5.8 Determinación de las dimensiones del filtro:

Para la determinación de longitud y ancho de cada unidad, realizamos los siguientes cálculos:

a. Determinación de la longitud de la pared común por unidad:

$$a_f = \left(\frac{2 \times nf \times Ai}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

Donde:

af: longitud de la pared común por unidad, (m).

Ai: Área individual de cada unidad (m²).

nf: Número de filtros calculado, (unidades).

b. Cálculo del ancho de la unidad

$$b_f = \left[\frac{(\mathbf{nf} + 1) \times \mathbf{Ai}}{2 \times \mathbf{nf}} \right]^{0.5}$$

Donde:

bf: ancho de la unidad de filtración,(m).

Ai: Área individual de cada unidad (m2).

nf: Número de filtros calculado, (unidades).

c. Cálculo de la longitud total de pared

$$L_{tp} = (2 \times b_f \times \mathbf{nf}) + a_f \times (\mathbf{nf} + 1)$$

Donde:

Ltp: Longitud total de pared, (m).

nf: Número total de unidades de filtración.

bf: Ancho de la unidad, (m).

af: Longitud de pared común por unidad, (m).

d. Cálculo de longitud total mínima de pared

$$L_m = 2 \times a_{f'} \times (\mathbf{nf} + 1)$$

Donde:

Lm: longitud total mínima de pared, (m).

nf: Número total de unidades de filtración.

af: Longitud de pared común por unidad, (m).

e. Tubería de entrada al filtro

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

Donde:

Qi: Caudal de diseño para cada filtro (m³/s)

v: Velocidad en la tubería (m/s)

D: Diámetro de la tubería, (m)

1.5.9 Sistema de drenaje

Los parámetros manipulados para el diseño del sistema de drenajes se los indican en la siguiente tabla:

Tabla 14-1: Parámetros de diseño para drenajes por tuberías

Parámetro	Valor
Velocidad máxima en el distribuidor	0,3 m/s
Velocidad máxima en los laterales	0,3 m/s
Área del lecho	$(1,5 \text{ a } 5) \times 10^{-3}$
Área principal	1,5 a 3
Área de orificios servida por el lateral	2 a 4

Fuente: SILVA, Miltón. 2002. Potabilización. Capítulo 6

a. Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

Ao: Área de cada orificio, (m²).

D: Diámetro de la tubería, (m).

b. Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o \times v_o$$

Donde:

Qo: Caudal que ingresa, (m³/s).

Ao: Área de cada orificio, (m²).

vo: Velocidad en el orificio, (m/s).

c. Número de Laterales

$$\# \text{ Laterales} = n \times \frac{L_{pt}}{el}$$

Donde:

L_{tf}: Longitud total del filtro (m)

el: Separación entre laterales (m)

n: número de laterales por lado (unidades)

Tabla 15-1: Parámetros de Diseños Laterales

Espaciamiento de los laterales	1-2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6,5 mm – 15,8 mm
Espaciamiento de los orificios de los Laterales	7,5 cm – 25cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3 - 5 cm
Velocidad en orificio	3 – 5 m/s

Fuente: ARBOLEDA, J. 2000. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.

d. Separación entre orificios

$$\# \text{Orificios/ Laterales} = 2 \times \frac{Ll}{e}$$

Donde:

Ll: Longitud de cada lateral (m)

e: Espacio entre orificios (m)

e. Número total de orificios

$$\# \text{ Total de orificios} = \# \text{ laterales} \times \# \text{Orificios/ Laterales}$$

f. Área total de orificios

$$A_{to} = A_o \times \# \text{total de orificios}$$

Donde:

Ato: Área total de orificios, (m²).

Ao: Área de cada orificio, (m²).

1.5.10 Desinfección del Agua (Cloración)

La desinfección es un proceso selectivo para la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua (bacterias, protozoarios, virus y parásitos). La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección compone una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe usarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas presentadas a la contaminación fecal.

1.5.10.1 Métodos de Desinfección

Existen tres clases ampliamente utilizados, para transportar la cloración de agua potable, dada sus propiedades desinfectantes: Cloro Gas, Hipoclorito de Calcio y Cal Clorada.

1.5.10.2 Cloro Gas

La forma más barata de clorar el agua es utilizando gas cloro como germicida. Se abastece en cilindros especiales, bajo presión. Cuando se aísla el gas del recipiente, la presión interior reduce y se disipa calor. Para ahorrar el calor y la presión, se requiere una fuente de calor externa que puede ser agua.

1.5.10.3 Hipocloritos de Sodio y Calcio

a) Hipoclorito de Sodio

Este se manifiesta en forma de un líquido que es alto corrosivo, que tiene una densidad aproximadamente de 1.200 g/cm^3 . El uso del hipoclorito de sodio es una forma muy útil y muy empleada para dosificación de cloro en fuentes pequeñas de suministro de agua potable. Si el volumen de agua a consumir no es muy grande, se opta emplear esta forma de cloración, ya el costo de desinfección de agua es mayor, por el mayor precio del hipoclorito de sodio en comparación con el del gas cloro.

b) Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio es una de las formas en las cuales el cloro se encuentra como producto sólido con un porcentaje en peso de 65%. Para su empleo debe disolverse en agua, donde es muy soluble, y así es posible agregar la solución resultante empleando una bomba peristáltica, de manera similar a como se hace con el hipoclorito de sodio.

Además es posible añadir este reactivo por medio de un clorador. En este tipo de dosificadores una fracción del volumen de agua a desinfectar pasa por el clorador y entra en contacto con las pastillas. Se forma una solución de hipoclorito de calcio que se inyecta a la corriente de agua que fluye y el control de dosificación de cloro se efectúa por medio de válvulas del clorador de pastillas. Este tipo de cloradores son útiles y muy empleados para comunidades rurales y zonas marginadas donde no se cuenta con energía eléctrica, ya que no requieren de bomba para control de la dosis de cloro para desinfección del agua.

1.5.10.4 Cal Clorada

Es un polvo blanco de porcentaje de 25 a 30 % de cloro disponible. Cuando se acumula en un lugar seco y frío se malgasta poco cloro, pero cuando el lugar se húmedo y caliente, se deteriora

rápidamente. Se utiliza en instalaciones pequeñas, en casos de emergencia, fábricas y piscinas, con una solución de hasta 2.500 ppm de cloro disponible.

Para la desinfección del agua hacemos uso del hipoclorito de calcio (HTH) y para su dosificación utilizamos las siguientes ecuaciones:

a. Dosificación de HTH lb/día

$$m = 0.012 \times Q_d \times C$$

Donde:

0.012: constante adimensional

Q_d: Caudal de diseño en (gpm)

C: Concentración de HTH

b. Volumen de HTH

$$V = \frac{m}{\delta}$$

Donde:

m: Cantidad de HTH, (kg/día)

ρ_{HTH}: Densidad de HTH, (kg/L)

c. Volumen de HTH al 65%

$$V \rightarrow 8.500\%$$

$$X = V_1 \rightarrow 65\%$$

Donde:

V: Volumen de HTH, (L)

V1: Volumen (solución madre, L)

d. Volumen de agua requerida para diluir la solución madre

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Donde:

V1: Volumen (solución madre, L)

C1: concentración de la dosificación de HTH, (mg/L)

V2: Volumen de agua para diluir la solución madre, (L)

C2: concentración de HTH (mg/L)

e. Volumen total de la solución

$$V_T = V_1 + V_2$$

Donde:

V1: Volumen (solución madre, ml)

V2: Volumen de agua para diluir la solución madre, (L)

Convirtiendo de L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de Hipoclorito de Calcio (HTH). Se determina mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución de Hipoclorito de Calcio HTH en ml mediante un cronometro y el volumen resultante será el goteo que se necesita para desinfectar el agua tratada.

1.6 Diseño

El diseño es una actividad creativa que tiene como objetivo construir las cualidades multifacéticas de los objetos, procesos, servicios y sus sistemas en sus ciclos de vida completos.

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Lorenzo, optimizando la calidad del agua empleada que cumpla los requisitos constituidos en la normas de calidad NTE INEN 1108:2006.

1.6.1 Generalidades

Es preciso conseguir una integración de los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr compensar los requerimientos de calidad del agua potable. La capacidad normal de diseño de una planta va a ser mayor que la demanda máxima diaria proyectada al periodo de diseño, que en este caso será para 15 años. Además es necesario que la planta de tratamiento pueda manejar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

Las descripciones de construcción deben certificar una construcción económica pero durable, tomando en cuenta que los sistemas de tratamiento son utilizados por muchos años.

El paso inicial para efectuar un proyecto, es la realización de un estudio de factibilidad técnico, económico y financiero, cuyo objetivo es justificar la elaboración del proyecto, certificando que su ejecución se efectúe mediante un análisis de todos los actores técnicos, sociales, económicos, financieros, políticos y culturales que intervienen.

1.6.2 Parámetros de Diseño

Los parámetros para el diseño deben estar bien definidos en el desarrollo de todas las actividades:

1.6.3 Población de Proyecto

La población de proyecto, también designada “población futura”, es la cantidad de habitantes que se trata que tengan servicio al finalizar el periodo económico de diseño del proyecto de la planta de agua potable que se va a elaborar.

Existen diferentes métodos por medio de los cuales se logra calcular la población de proyecto, siendo algunos de ellos , Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, entre otros.

1.6.4 Periodo de Diseño

Es el tiempo que se admite la obra estará trabajando al 100% de su capacidad. El periodo de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros. Esto tiene como resultado que el ingeniero, trate de diseñar las obras para que la construcción de los sistemas se vaya ejecutando conforme se requiera, por lo cual se encarga que el periodo de diseño sea generalmente de cinco años, exceptuando las obras que no se puedan modular.

Se ha proyectado para compensar las necesidades de una población en estudio la planta de agua potable durante un lapso de tiempo de 15 años, denominado periodo de diseño, lo adecuadamente extenso para solucionar las necesidades de servicio, pero que a la vez no represente grandes inversiones iniciales que imposibiliten su ejecución.

1.6.5 Áreas de Cobertura

El área de cobertura dirigida al 100%, en el sector de la parroquia rural San Lorenzo, determinándose según la caracterización efectuada por la EP.-EMAPAG, para la facturación, brindando el servicio a 1300 usuarios.

1.6.6 Caudales para el Diseño

1.6.6.1 Población Actual

De acuerdo al censo poblacional realizado en el 2012 por INEC, la parroquia San Lorenzo tiene una población de 6498 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional de 1.95%.

1.6.6.2 Población Futura

Para lograr obtener los datos de la población futura utilizamos en método de grafico que es un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que extiende proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, pero en número absoluto, las personas desarrollan en forma creciente.

El crecimiento geométrico se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Nt} = \mathbf{No} \left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{r}}{\mathbf{100}} \right)^{\mathbf{t}}$$

Donde:

Nt: Población futura (de diseño).

No: Población actual.

R: Tasa media de crecimiento poblacional.

t: Tiempo de diseño.

1.6.6.3 Dotación Básica

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se determina para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros. / habitante-día.

$$DB = \frac{Vac}{Tus}$$

Donde:

DB: Dotación Básica (L/hab*día)

Vac: Volumen de agua consumida (L/día)

Tus: Total de usuarios servidos (habitantes)

*Apreciación E.P-EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

1.6.6.4 Dotación de Agua

Esta es la revisión del consumo futuro, en el cual influyen muchos factores como el clima, tamaño de la ciudad, grado de industrialización que influye en la demanda de agua, para lo cual la OMS recomienda los siguientes parámetros.

Tabla 16-1: Parámetros recomendados de dotación de agua

Población (habitantes)		Clima	
Frío		Cálido	
2 000 – 10 000		120	150
10 000 – 50 000		150	200
50 000		200	250

Fuente: Organización Mundial de la Salud

1.6.6.5 Dotación futura

Para conseguir la Dotación futura se debe multiplicar la dotación Básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que contiene los tasas comerciales, institucionales e industriales. El Factor de Mayorización recomendado por la E.P.- EMAPA-G es de: 1.180.

$$DF=FM \times DB$$

Donde:

FM: Factor de Mayorización.

DB: Dotación Básica.

1.6.6.5.1 Consumo medio diario (cmd.)

El consumo medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio. La expresión que define el consumo medio es la siguiente:

$$cmd = \frac{q \times N}{86400}$$

Donde:

cmd: Consumo medio diario, en L/s

N: Población futura, hab.

q: Dotación per cápita máxima, en L/hab/día

86.400: Segundos/día, s/d

1.6.6.5.2 Consumo máximo diario (CMD).

Este consumo también se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento, el equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regularización y almacenamiento. Este consumo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{CMD} = k \times \text{cmd}$$

Donde:

CMD: Consumo máximo diario, en L/s

K: Coeficiente de variación diaria, adimensional (1.300 según la E.P.-EMAPA-G)

cmd: consumo medio diario, en L/s

1.6.6.5.3 Consumo máximo horario (CMH).

El consumo máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este consumo se utiliza, para calcular las redes de comercialización, en algunos casos se utiliza también para líneas de conducción, y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{CMH} = k_2 \times \text{CMD}$$

Donde:

CMH: Consumo máximo horario, en L/s

K: Coeficiente de variación horaria, adimensional (1.600 según la E.P.-EMAPA-G)

CMD: Consumo máximo diario, en L/s

1.6.7 Caudales para el Diseño

El dimensionamiento de la red de abastecimiento debe verificar para garantizar un suficiente suministro en cualquier circunstancia hay que tener en cuenta el caudal de captación, de conducción los volúmenes de reserva.

1.6.7.1 Caudal de captación

La estructura de la captación se la trazará con una capacidad equivalente a 1.5 veces el consumo máximo diario (CMH), del mismo modo se lo utilizo como el caudal de conducción ($Q_{conduccion}$).

$$Q_{Captacion} = 1.500 * CMD$$

1.6.7.2 Caudal de la planta de tratamiento.

Se diseñará para un caudal equivalente a 1.100 veces el caudal máximo diario (CMD).

$$Q_{Tratamiento} = 1.100 * CMD$$

1.6.8 Volúmenes de Reserva

El tanque se dimensiona en base al consumo medio diario y la ley de las demandas de la ciudad, además se debe descubrir en el dimensionamiento un volumen extra de almacenamiento para cubrir cualquier demanda de emergencia, que por sugerencia de la E.P.-EMAPA-G será de un 25%, el volumen de reserva esta compuesto po un volumen de: regulación, emergencia y contra incendios.

1.6.8.1 *Volumen de Regulación*

Es el volumen preciso para regular las aguas de acuerdo con los objetivos.

Se calcula con la siguiente ecuación :

$$V_r = 0.250 * cmd$$

Donde:

V_r: Volumen de regulación en m³.

cmd: Consumo medio diario.

1.6.8.2 *Volumen contra Incendios*

Las dotaciones que se deben considerar en la extinción de incendios se establecen en función de la acumulación de materiales combustibles que se produzcan en las diferentes superficies de los asentamientos rurales. Se recomienda que el caudal contra incendios obligatorio, sea obtenido con la siguiente expresión.

$$V_i = 100 * \sqrt{p}$$

Donde:

p: Población en miles.

1.6.8.3 *Volumen de Emergencia*

Para las poblaciones mayores a 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen de emergencia.

$$V_e = 0.250 * V_r$$

1.6.8.4 *Volumen Total*

El volumen total de almacenamiento es igual a la suma de los volúmenes de regulación, emergencia y el volumen para incendios.

$$\mathbf{V_t = V_r + V_i + V_e}$$

Donde:

Vr: Volumen de regulación

Vi: Volumen contra incendios

Ve: Volumen de emergencia

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Muestreo

Se emplea una serie de operaciones destinadas a tomar una parte del universo o población que será estudiado a fin de facilitar la investigación.

2.1.1 Localización de la investigación

El desarrollo de la presente investigación para el Diseño de un sistema de tratamiento para potabilizar el agua, se realizó en el sector de “SAN LORENZO” ubicada en la parroquia Rural de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar.

2.1.2 Método de Recopilación de datos

La investigación para el desarrollo del presente trabajo utilizara el método comparativo y experimental, para esto relacionamos los datos de las caracterizaciones primarias del agua, lo que nos permitirá relacionar los resultados de las caracterizaciones primarias, al tiempo que mediante la utilización de herramientas estadísticas nos ayudara a diagnosticar, dimensionar y diseñar un sistema de tratamiento de agua potable que cumpla con los límites permisibles de la norma NTE INEN 1108:2006. Segunda Revisión. Requisitos del Agua Potable, para la Parroquia San Lorenzo.

2.1.3 Procedimiento de Recolección de Información

Para el procedimiento de recolección de información se consideró el método aleatorio simple para ello se procedió a tomar muestras de la captación tanque de almacenamiento-distribuidor y de un grifo domiciliario durante quince días en dos meses. Para ello se consideró la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:98. AGUA. CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS, la misma que se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.

Tabla 17-2: Recolección de Muestras

Lugar de muestreo	Días de muestreo semanal	Número de muestras diarias	Total de muestras en la semana
CAPTACIÓN	1	1	5
TANQUE DE RECEPCIÓN	1	1	5
DOMICILIARIA	1	1	5
TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES		15	

Realizado por: Amado Rea. 2015

Conjuntamente con el supervisor de control de calidad de la planta chaquishca se realizó y supervisó la ejecución de los análisis y tabulación de los resultados que permitieron posteriormente realizar los cálculos para el diseño de la planta de tratamiento de agua.

2.1.4 Recolección de Muestras.

La recolección de muestras se realizó considerando la norma técnica ecuatoriana NTE INEN2226:2000. AGUA. CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO, correspondiente al establecimiento de los principios generales hacer aplicados en el diseño de los programas de muestreo para el control de calidad, técnicas de muestreo de manejo y conservación de muestras, como se puede apreciar en la siguiente Tabla:

Tabla 18-2: Manejo y Usos de Recipientes.

USO DE RECIPIENTES	MANEJO DE RECIPIENTES	<p>-Es importante elegir y preparar los recipientes.</p> <p>-El recipiente que va a contener la muestra, la tapa y no deben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser causa de contaminación por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio cal, pueden aumentar el contenido de silicio y sodio. • Absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras. • Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio. <p>-El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.</p> <p>-Es recomendable reservar los recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.</p>		
	PREPARACION DE RECIPIENTES	ANALISIS QUIMICOS	<p>-El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material del empaque, seguido de un enjuague con agua destilada.</p> <p>-Para la determinación de fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes.</p>	
		ANALISIS BACTERIOLOGICOS	<p>-Deben ser aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175°C durante 1h y no deben producir o realizar cambios químicos a esta temperatura se inhiban la actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento.</p> <p>-Cuando se usa la esterilización a bajas temperaturas por ejemplo: esterilización con vapor, se pueden usar recipientes de policarbonato y de polipropileno resistente al calor. Las tapas y otros sistemas de cierre deben ser resistentes a la misma temperatura de esterilización.</p>	

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G, 2015.
Realizado por: Amado Rea. 2015

Las muestras fueron rápidamente llevadas al laboratorio de la Planta de Potabilización “Chaquishca” de la ciudad de Guaranda donde se hizo el análisis respectivo de las muestras, evitando que se alteren las características físico- químicas, microbiológicas.

2.1.5 Plan de tabulación y análisis

La tabulación de análisis se realizó luego de la ejecución de los respectivos análisis físicos-químicos y bacteriológicos mediante la utilización de variables que nos indicaron de una manera estadística descriptiva e inferencial, los métodos estadísticos que describen las características más importantes de un conjunto de datos, sea que provengan de una muestra o de una población utilizando técnicas estadísticas, como la representación gráfica, cuadros estadísticos, medidas de posición y de variabilidad que nos permitieron establecer que parámetros están fueran de los límites permisibles de la norma NTE INEN 1108:2006. SEGUNDA REVISION, lo que permitió tomar correctivos y soluciones para garantizar la inocuidad de líquido vital que se distribuye a la población.

2.2 Metodología

2.2.1 Metodología de trabajo

La ejecución de la metodología de trabajo utilizado en el presente investigación consistió en la toma de muestras diarias en la captación, tanque de almacenamiento de distribución y redistribución de la Parroquia San Lorenzo por quince días en dos meses, las cuales fueron recogidas con los respectivos cuidados y requerimientos. Las muestras fueron llevadas inmediatamente al laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Chaquishca” para la ejecución de las caracterizaciones físico-químico y microbiológicas, luego se realizó la prueba de jarras para el agua recolectada dosificando policloruro de aluminio.

2.2.2 Metodología de muestreo

Se tomó 5 muestras semanales durante quince días en dos meses en los diferentes puntos de muestreo, a las mismas que se les realizó la caracterización físico- química del agua, los mismos que constan de 33 parámetros, que especificamos a continuación.

También se hicieron los análisis microbiológicos, los cuales nos indican la presencia de Coliformes fecales y totales.

Tabla 19-2: Parámetros de caracterización del agua potable

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS
PARÁMETROS FÍSICOS		
COLOR	UTC	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO
TURBIEDAD	NTU	NEFELOMÉTRICO
pH	.....	POTENCIOMÉTRICO
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	CONDUCTIVIMÉTRICO
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	CONDUCTIVIMÉTRICO
TEMPERATURA	° C	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO
PARÁMETROS QUÍMICOS		
NITRATOS (N-NO₃⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Reducción cadmio)
NITRITOS (N-NO₂⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Diazotación)

FOSFATOS (P-PO₄³⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascorbico ¹)
NITROGENO AMONICAL (NH₃-N)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)
SULFATOS (SO₄²⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver 4)
FLUORUROS (F)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Spands)
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover ¹)
MANGANESO (Mn²⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Pan ¹)
CROMO (Cr⁺⁶)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1,5 Difenil carbohidracida ¹)
COBRE (Cu)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Bicinchoninato ¹)
DUREZA TOTAL (CaCO₃)	mg/L	TITULOMÉTRICO (EDTA)
COLORO LIBRE RESIDUAL (Cl₂)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD)
ALUMINIO (Al³⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Aluminón ¹)
CLORUROS (Cl⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Tiocianato Mercurico)
NIQUEL (Ni)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol(PAN ¹)
COBALTO (Co)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol(PAN ¹)
PLOMO (Pb²⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR 4-(piridil-2-azo)-resorcina (PAR)
ZINC (Zn²⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Zincon)
PLATA (Ag⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Indicador colorante azul)
CIANURO (CN⁻)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Cloramina T)
BARIO (Ba²⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Turbidimetric Method ¹)
BROMO (Br)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD)

MOLIBDENO (Mo⁶⁺)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido mercaptoacético ¹)
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Oxidación alcalina BrO ^{1,2})
OXIGENO DISUELTO (O₂)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Winkler)
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 mL	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACIO
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACIO

Fuente: INEN 1108. 2006. Agua Potable, Requisitos.

También se realizó la respectiva prueba de tratabilidad o conocida también como prueba de jarras al agua recolectada utilizando Policloruro de Aluminio.

2.2.3 Equipos, materiales y reactivos

Tabla 20-2. Equipos

EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Baño María • Colorímetro • Conductímetro • Equipo de Jarras • Estufa • Fotómetro • Incubadora • pH-metro • Reverbero • Turbidímetro • Balanza • Espectrofotómetro

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 21-2: Materiales

MATERIALES
<ul style="list-style-type: none">• Buretas• Erlenmeyer• Film protector• Peras de succión• Pinzas• Pipetas• Probetas• Tubos de ensayo• Vasos de precipitación• Matraz• Probeta• Piceta• Gradilla• Varilla de agitación• Caja Petri• Embudos de vidrio• Espátula• Indicador de pH• Frascos estériles• Frascos para muestras

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 22-2: Reactivos

REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Reactivos HACH• Indicadores PAN (0,3% y 0,1%)• Solución EDTA• Solución Buffer• Solución de Tiocianato de mercurio• Solución Férrica• Indicador Cianuro alcalino• Spands• Agua Destilada• Soluciones amortiguadoras de pH4, pH7• Colorante negro de Eriocromo T (indicador)• Ampollas m-ColiBlue24® Broth

Realizado por: Amado Rea. 2015

2.2.4 Métodos y Técnicas

2.2.4.1 Métodos

Los técnicas más utilizados para esta investigación se basan en el manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); el manual de Métodos HACH espectrofotométricos y Metodos NANOCOLOR fotométricos.

La descripción de los métodos y técnicas utilizadas en esta investigación se muestra a continuación en el siguiente tabla:

Tabla 23-2: Métodos de Análisis

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS
PARÁMETROS FÍSICOS	
COLOR	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO
TURBIEDAD	NEFELOMÉTRICO
pH	POTENCIOMÉTRICO
CONDUCTIVIDAD	CONDUCTIVIMÉTRICO
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	CONDUCTIVIMÉTRICO
TEMPERATURA	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO
PARÁMETROS QUÍMICOS	
NITRATOS (N-NO₃⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Reducción cadmio)

NITRITOS (N-NO₂⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Diazotación)
FOSFATOS (P-PO₄³⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascorbico ¹)
NITROGENO AMONIACAL (NH₃-N)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)
SULFATOS (SO₄²⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver 4)
FLUORUROS (F)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Spands)
HIERRO TOTAL (Fe)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover ¹)
MANGANESO (Mn²⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Pan ¹)
CROMO (Cr ⁺⁶)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1,5 Difenil carbohidracida ¹)
COBRE (Cu)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Bicinchoninato ¹)
DUREZA TOTAL (CaCO₃)	TITULOMÉTRICO (EDTA)
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl₂)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD)
ALUMINIO (Al ³⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Aluminón ¹)
CLORUROS (Cl⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Tiocianato Mercurico)
NIQUEL (Ni)	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol(PAN ¹)
COBALTO (Co)	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol(PAN ¹)
PLOMO (Pb²⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR 4-(piridil-2-azo)-resorcina (PAR)
ZINC (Zn²⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Zincon)
PLATA (Ag⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Indicador colorante azul)
CIANURO (CN⁻)	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Cloramina T)
BARIO (Ba²⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Turbidimetric Method ¹)
BROMO (Br)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD)

MOLIBDENO (Mo⁶⁺)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido mercaptoacético ¹)
CROMO TOTAL (Cr)	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Oxidación alcalina BrO ^{1,2})
OXIGENO DISUELTO (O₂)	ESPECTROFOTOMÉTRICO NANOCOLOR (Winkler)
ESCHERICHIA COLI	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACIO
COLIFORMES TOTALES	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACIO

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G
Realizado por: Amado Rea. 2015

2.2.4.2 Técnicas

Se puede apreciar en el anexo D,E y F, Tecnicas para el análisis físico-químico del agua y en la tabla 19-2, Manejo y usos de recipientes.

2.3 Datos experimentales

2.3.1 Descripción del sistema existente en el sector

En la parroquia de San Lorenzo del cantón Guaranda perteneciente a la provincia de Bolívar no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, ya que en la actualidad solamente cuentan con agua entubada que la toman desde una vertiente hidrográfica, los cuales es verdad que están limpios y cristalinos, pero el agua para el consumo humano no recibe ningún tratamiento adecuado de conformidad con las normas de salubridad y los controles de rigor por parte de las autoridades competentes ; el agua que es consumida por la población proviene de una vertiente subterránea llamada TINGUA la cual es captada y dirigida a un tanque recolector, y es descargada directamente a los hogares de los habitantes de este sector mediante tuberías de PVC.



Figura 8-2: Tanque de Reserva
Realizado por: Amado Rea. 2015

2.3.2 Datos

2.3.2.1 Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda

Para la caracterización del agua captada se tomó las muestras de agua cruda durante quince días en dos meses. Indicando con estos resultados problemas de: turbiedad, color, Coliformes Fecales y Totales.

Para establecer la calidad de agua de la vertiente se realizó una caracterización físico-química y microbiológica, donde los datos obtenidos se los muestran en las siguientes tablas, mostrando los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos, reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006. Segunda Revisión, utilizada para monitoreo y diseño de procesos de tratamiento de agua potable, los cuales se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la Planta de Potabilización “Chaquishca”

Tabla 24-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector San Lorenzo (agua cruda).

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA					
		20-abr	22-abr	24-abr	27-abr	29-abr	30-abr
COLOR	UTC	10,00	1,00	1,00	1,00	20,00	25,00
TURBIEDAD	NTU	30,00	45,00	0,78	28,00	45,00	50,00
pH	.....	6,98	7,06	7,12	6,87	7,14	7,16
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	105,37	100,09	98,57	110,82	106,53	114,28
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	56,83	47,90	41,25	58,46	47,06	46,24
TEMPERATURA	° C	18,80	14,23	18,50	14,65	14,23	14,86
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1,20	1,06	0,89	1,05	1,07	1,15
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,009	0,008	0,008	0,006	0,007	0,009
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,64	0,72	0,70	0,85	0,62	0,76

NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0,02				0,02	
			0,01	0,02	0,01		0,01
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2,00				1,00	
			1,00	2,00	2,00		2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,54	0,47	0,50		0,54	
					0,49		0,57
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,07	0,09	0,07			
					0,06	0,07	0,05
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,008	0,007	0,008	0,007	0,007	0,008
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L		0,009	0,007		0,008	
		0,009			0,008		0,009
COBRE (Cu)	mg/L		0,02	0,03		0,02	
		0,03			0,02		0,03
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	80,00	84,00	74,00		82,00	
					76,00		86,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0,006	0,008	0,007		0,008	
					0,007		0,008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0,97	0,64			0,86	0,53
				5,70			0,72
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,009	0,008	0,006	0,006	0,008	
							0,006
COBALTO (Co)	mg/L	0,005	0,007	0,003	0,008	0,007	
							0,007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0,31	0,34	0,32	0,28	0,34	0,36
BROMO (Br)	mg/L	1,13	1,65	1,11	1,15	1,65	1,57
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0,65	0,45	0,40	0,36	0,45	0,31
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,008	0,008	0,009	0,008	0,007
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	12,00	10,00	14,00	9,00	10,00	11,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	82	80	34	98	80	70
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	30	40	16	64	34	56

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G
Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 25-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector san lorenzo (agua cruda).

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA					
		04-may	06-may	08-may	11-may	13-may	15-may
COLOR	UTC	1,00	78,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	0,58	90,00	0,64	0,47	0,46	0,49
pH	.....	7,06	7,12	7,08	6,98	7,09	7,26
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	80,64	73,42	80,89	98,63	91,64	88,42
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	38,67	45,62	40,08	42,07	47,64	37,63
TEMPERATURA	° C	14,35	13,58	13,96	13,98	14,12	13,67
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,97	1,08	1,16	1,05	1,10	1,18
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,007	0,008	0,007	0,006	0,008	0,008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,58	0,52	0,68	0,64	0,54	0,52
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,54	0,45	0,49	0,45	0,34	0,45
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,08	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,007	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	84,00	92,00	88,00	90,00	94,00	86,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0,007	0,009	0,008	0,007	0,008	0,009
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0,80	0,74	0,74	0,81	0,82	0,74
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,007	0,008	0,007	0,009	0,008	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0,008	0,007	0,009	0,008	0,007	0,007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20

CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0,29	0,32	0,39	0,30	0,37	0,38
BROMO (Br)	mg/L	1,18	1,34	1,19	1,24	1,27	1,34
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0,37	0,35	0,25	0,29	0,34	0,36
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	10,00	12,00	14,00	14,00	12,00	10,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	90	82	40	98	102	90
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	42	54	20	50	70	36

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G
Realizado por: Amado Rea. 2015

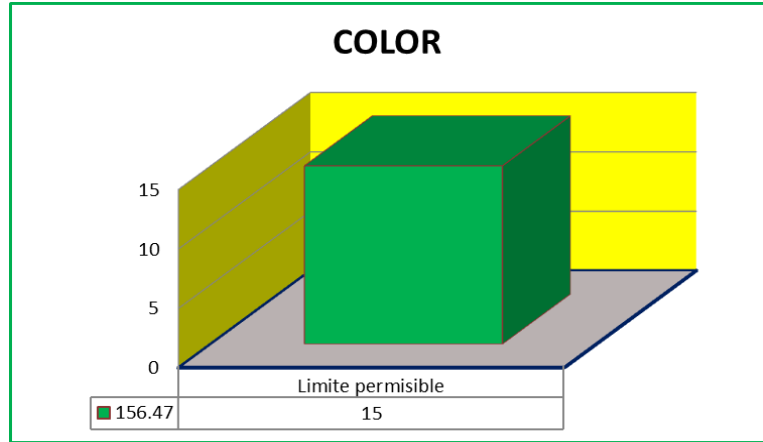
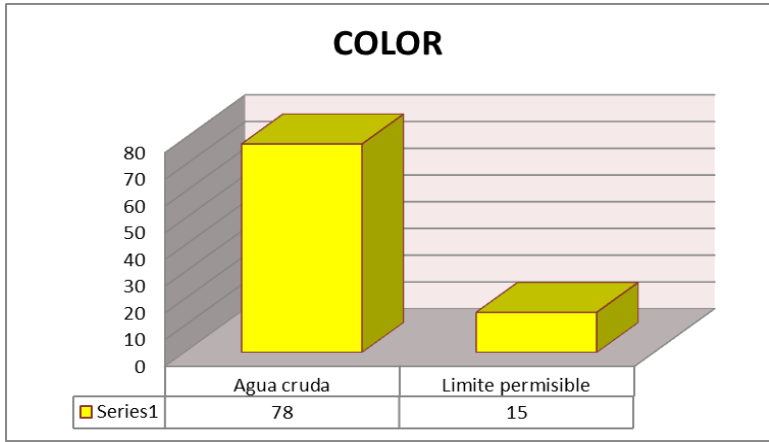
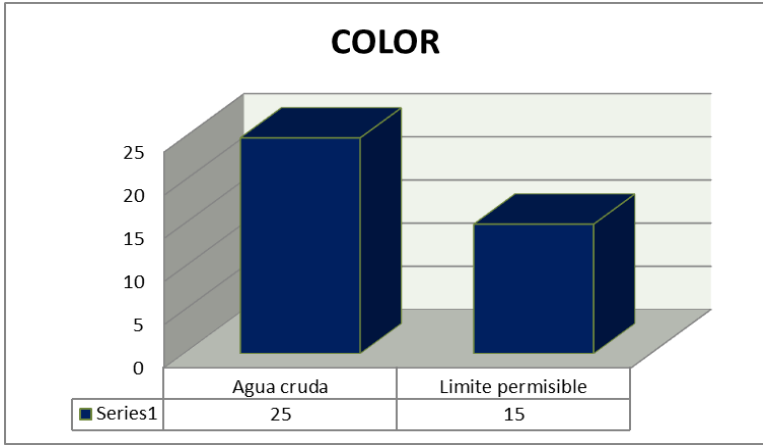
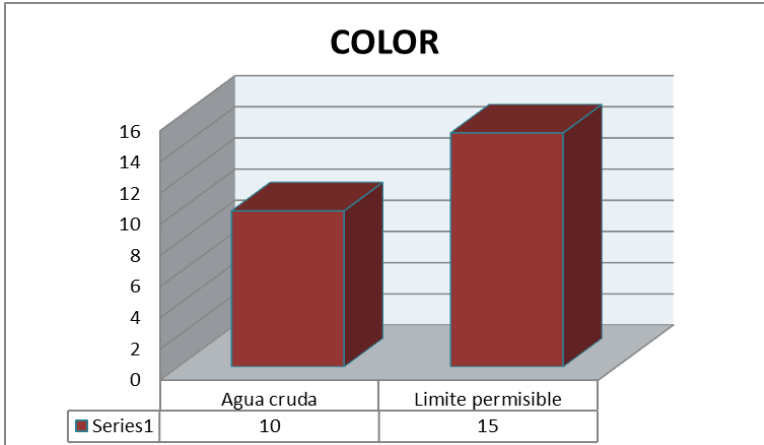
Tabla 26-2: Resultados análisis físico-químico y bacteriológico. Entrada agua cruda al tanque recolector sector san lorenzo (agua cruda).

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA		
		18-may	20-may	22-may
COLOR	UTC	1,00	156,47	1,00
TURBIEDAD	NTU	0,54	245,00	0,39
pH	.....	6,89	7,46	7,24
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	120,58	94,32	101,64
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	78,64	45,60	40,57
TEMPERATURA	° C	14,12	13,57	13,58
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,98	0,92	1,22
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,008	0,005	0,008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,71	0,57	0,62
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0,02	0,02	0,01
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1,00	2,00	1,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,56	0,38	0,39
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,05	0,08	0,05
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,008	0,008	0,007
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,007	0,005	0,008

COBRE (Cu)	mg/L	0,03	0,04	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	60,00	84,00	90,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0,008	0,009	0,006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0,85	0,76	0,76
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,007	0,007	0,007
COBALTO (Co)	mg/L	0,007	0,007	0,007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0,22	0,14	0,18
BROMO (Br)	mg/L	2,12	1,95	2,08
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0,30	0,26	0,41
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,008	0,008
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	17,00	14,00	11,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 MI	72	66	80
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	38	32	40

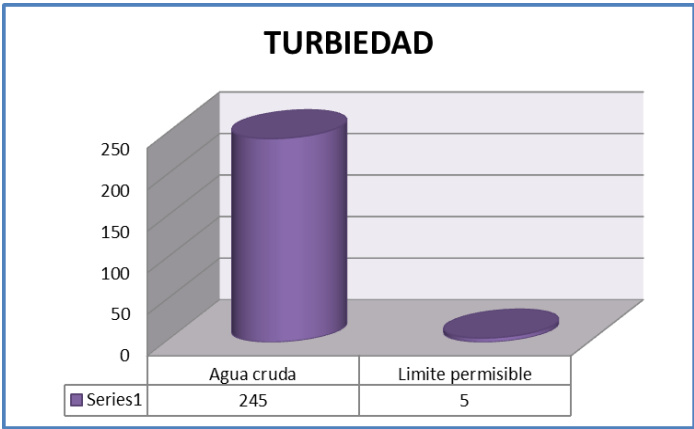
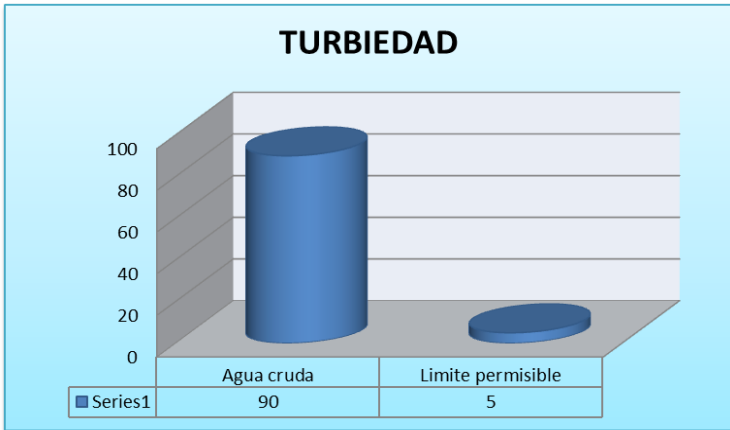
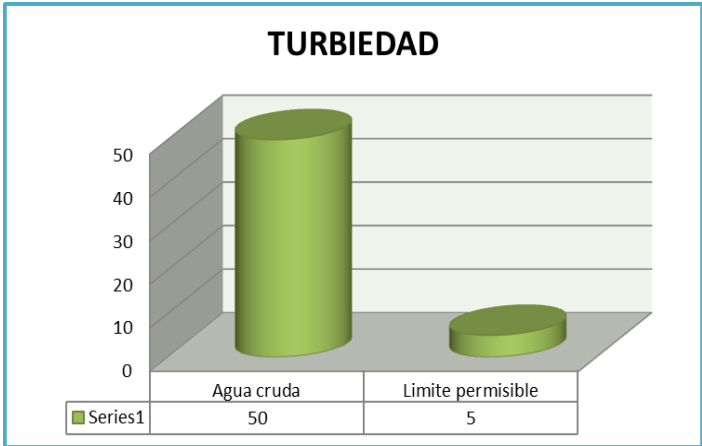
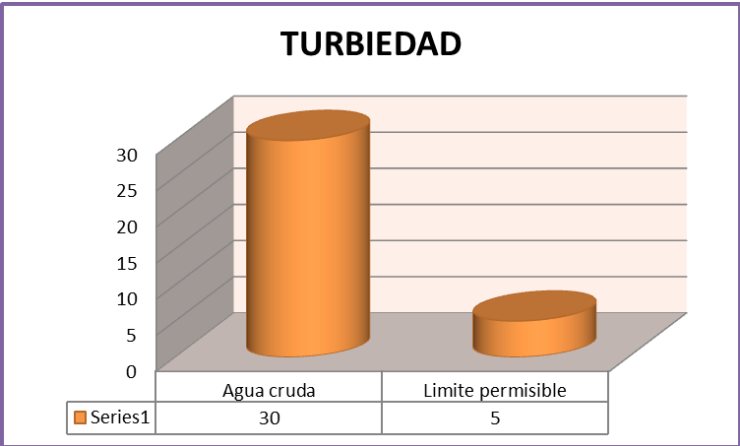
Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G
Realizado por: Amado Rea. 2015

Grafico 1-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)



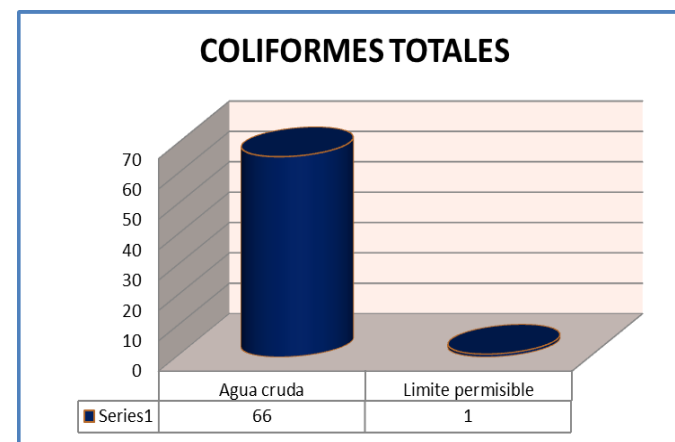
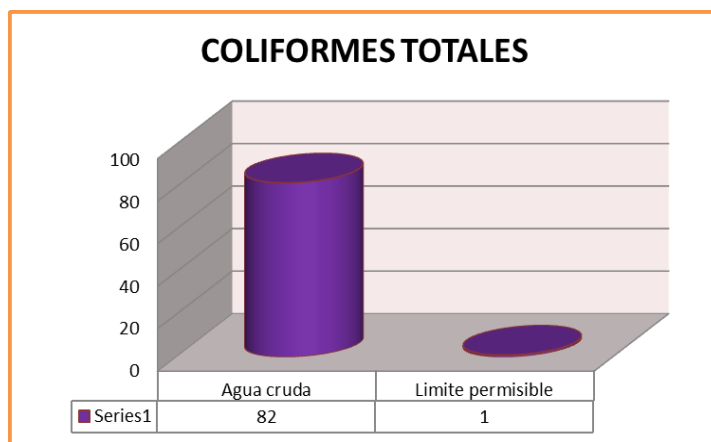
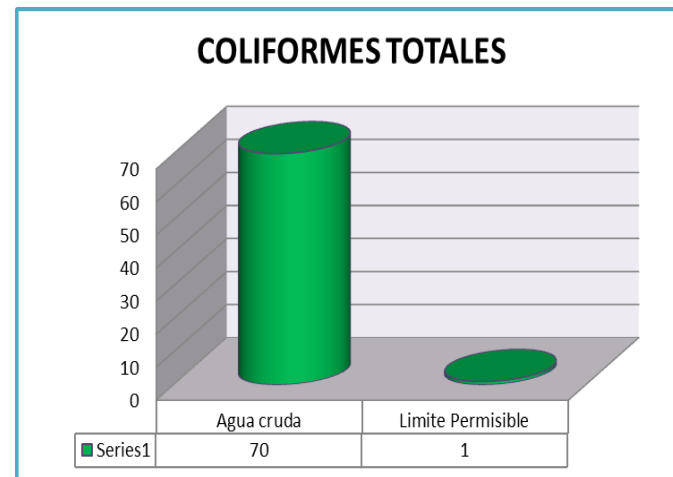
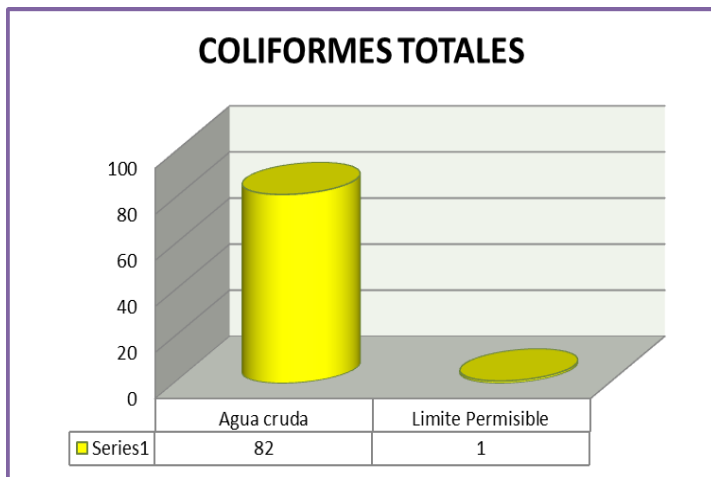
Realizado por: Amado Rea. 2015

Grafico 2-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)



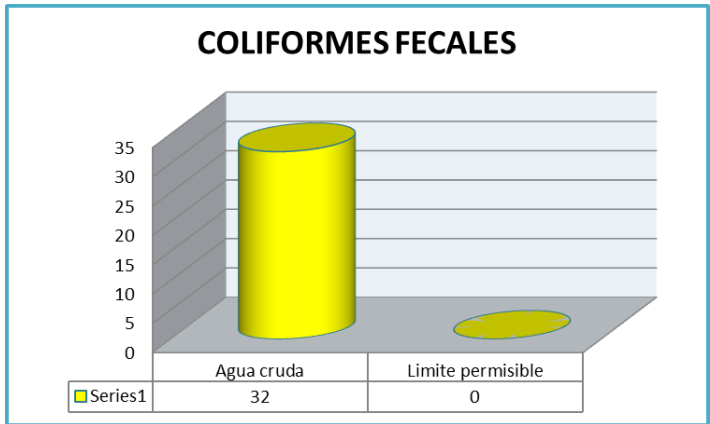
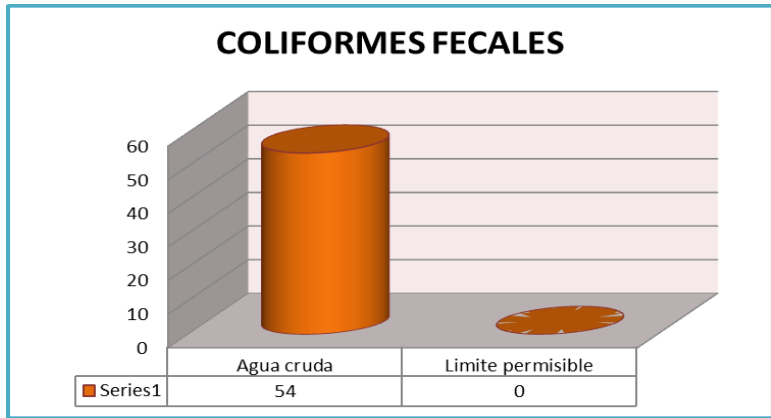
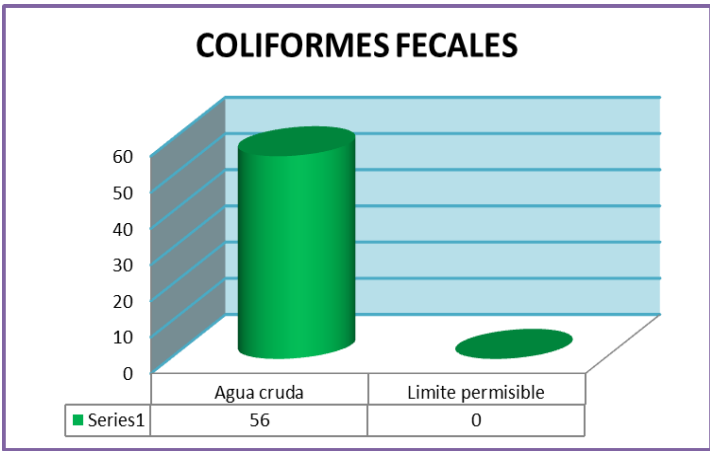
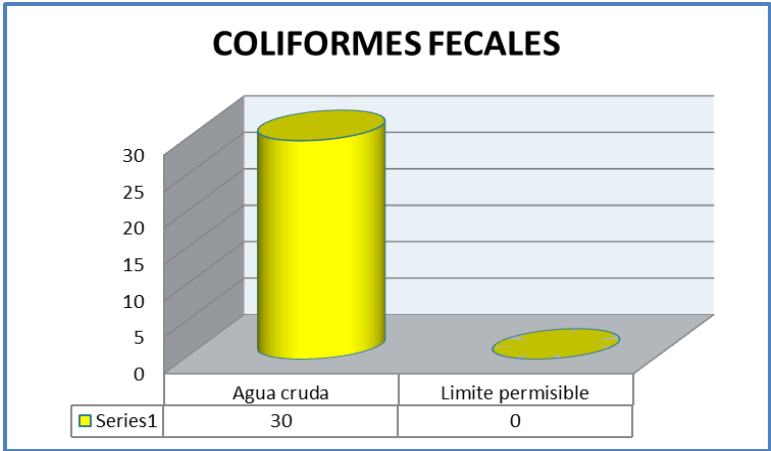
Realizado por: Amado Rea. 2015

Grafico 3-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)



Realizado por: Amado Rea.2015

Grafico 4-2: Resultados promedio semanal de los parámetros problema (agua cruda)



Realizado por: Amado Rea. 2015

2.3.2.2 Prueba de jarras para la turbiedad

La prueba de jarras se lo efectuó en el laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Potabilización “Chaquishca” de EMAPA-G, tomando muestras del agua cruda del tanque recolector donde se utilizó el Policloruro de Aluminio y CHEMFLOC 932, un floculante aniónico con la finalidad de acelerar el proceso de floculación. Las turbiedades con las que se realizó la prueba de jarras fueron de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis donde se inició con valores de turbiedad de 50 NTU como valor mínimo y con un máximo de 245 NTU, se las puede apreciar en las siguientes tablas 30-2,31-2,32-2 y 33-2; las cuales, se realizaron diferentes pruebas con distintos volúmenes de las soluciones de PAC para demostrar con que concentraciones se debe trabajar para tratar el agua que ingresara al tratamiento que se va a proceder a diseñar. Se puede observar que las pruebas de tratabilidad que tienen mayor porcentaje de remoción son aquellas con las que se trabajara, debido a que cumplen con la norma INEN 1108: 2006 para brindar un líquido vital de buena calidad.

Tabla 27-2: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	20,00	10,00	30,00	15,00	1,05	1,07	0,42	98,60
0,80	0,02	0,02	0,02	40,00	20,00	50,00	25,00	2,75	1,32	1,62	94,60
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	3,88	1,40	2,04	93,20
0,80	0,02	0,02	0,02	80,00	40,00	80,00	40,00	4,10	1,44	2,28	92,40
0,80	0,03	0,03	0,03	20,00	10,00	30,00	15,00	1,13	1,11	2,52	91,60
0,80	0,03	0,03	0,03	40,00	20,00	50,00	25,00	1,27	1,26	2,70	91,00
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	70,00	35,00	1,41	1,41	2,88	90,40
0,80	0,03	0,03	0,03	80,00	40,00	80,00	40,00	1,56	1,58	3,06	89,80
0,8	0,04	0,04	0,04	20,00	10,00	30,00	15,00	1,72	1,75	3,24	89,20
0,80	0,04	0,04	0,04	40,00	20,00	50,00	25,00	1,88	1,94	3,42	88,60
0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	70,00	35,00	2,05	1,31	3,60	88,00
0,80	0,04	0,04	0,04	80,00	40,00	80,00	40,00	2,23	1,47	3,78	87,40
0,80	0,05	0,05	0,05	20,00	10,00	30,00	15,00	2,42	1,64	3,96	86,80
0,80	0,05	0,05	0,05	40,00	20,00	50,00	25,00	2,61	1,83	4,14	86,20
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	70,00	35,00	2,81	2,02	4,32	85,60
0,80	0,05	0,05	0,05	80,00	40,00	80,00	40,00	3,02	2,23	4,50	85,00

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 28-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 50 NTU, (pH=7.16 pHf=7.15), rpm=200, tiempo de agitación= 1.07 min.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,8	0,02	0,02	0,02	15,00	7,50	25,00	12,50	1,18	1,59	1,20	97,60
0,80	0,02	0,02	0,02	30,00	15,00	40,00	20,00	1,07	1,34	0,55	98,90
0,8	0,02	0,02	0,02	45,00	22,50	55,00	27,50	1,06	1,40	0,95	98,10
0,8	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	1,60	1,24	1,40	97,20
0,8	0,03	0,03	0,03	15,00	7,50	85,00	42,50	1,74	1,37	1,50	97,00
0,8	0,03	0,03	0,03	30,00	15,00	100,00	50,00	1,89	1,51	1,60	96,80
0,8	0,03	0,03	0,03	45,00	22,50	115,00	57,50	2,04	1,65	1,70	96,60
0,8	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	130,00	65,00	2,20	1,80	1,80	96,40
0,8	0,04	0,04	0,04	15,00	7,50	145,00	72,50	2,36	1,96	1,90	96,20
0,8	0,04	0,04	0,04	30,00	15,00	160,00	80,00	2,52	2,12	2,00	96,00
0,8	0,04	0,04	0,04	45,00	22,50	175,00	87,50	2,69	2,28	2,10	95,80
0,8	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	190,00	95,00	2,86	2,46	2,20	95,60
0,8	0,05	0,05	0,05	15,00	7,50	205,00	102,50	3,04	2,64	2,30	95,40
0,8	0,05	0,05	0,05	30,00	15,00	220,00	110,00	3,22	2,83	2,40	95,20
0,8	0,05	0,05	0,05	45,00	22,50	235,00	117,50	3,40	3,03	2,50	95,00
0,8	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	250,00	125,00	3,59	3,23	2,60	94,80

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 29-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 90 NTU, (pH=7.12 pHf=7.10), rpm=200, tiempo de agitación= 1.18 min.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	15,00	7,50	25,00	12,50	1,07	1,52	1,26	98,60
0,80	0,02	0,02	0,02	30,00	15,00	40,00	20,00	1,33	1,78	1,53	98,30
0,80	0,02	0,02	0,02	45,00	22,50	55,00	27,50	1,52	2,18	1,71	98,10
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	1,18	1,24	0,63	99,30
0,80	0,03	0,03	0,03	15,00	7,50	85,00	42,50	1,15	1,30	1,80	98,00
0,80	0,03	0,03	0,03	30,00	15,00	100,00	50,00	1,31	1,50	1,98	97,80
0,80	0,03	0,03	0,03	45,00	22,50	115,00	57,50	1,47	1,72	2,16	97,60
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	130,00	65,00	1,64	1,95	2,34	97,40
0,80	0,04	0,04	0,04	15,00	7,50	145,00	72,50	1,81	2,20	2,52	97,20
0,80	0,04	0,04	0,04	30,00	15,00	160,00	80,00	2,00	2,46	2,70	97,00
0,80	0,04	0,04	0,04	45,00	22,50	175,00	87,50	2,19	2,74	2,88	96,80
0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	190,00	95,00	2,39	3,03	3,06	96,60
0,80	0,05	0,05	0,05	15,00	7,50	205,00	102,50	2,59	3,34	3,24	96,40
0,80	0,05	0,05	0,05	30,00	15,00	220,00	110,00	2,80	3,67	3,42	96,20
0,80	0,05	0,05	0,05	45,00	22,50	235,00	117,50	3,02	4,02	3,60	96,00
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	250,00	125,00	3,25	4,39	3,78	95,80

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 30-2: Prueba de Jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua turbiedad 245 NTU, (pHo=7.46, pHf=7.50), rpm=200, tiempo de agitación= 1.31 min.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	25,00	12,50	35,00	17,50	1,53	1,20	1,42	99,42
0,80	0,02	0,02	0,02	50,00	25,00	60,00	30,00	1,63	1,31	1,47	99,40
0,80	0,02	0,02	0,02	75,00	37,50	85,00	42,50	1,31	0,76	0,61	99,75
0,80	0,02	0,02	0,02	100,00	50,00	110,00	55,00	1,47	0,94	2,38	99,03
0,80	0,03	0,03	0,03	25,00	12,50	35,00	17,50	1,55	1,02	2,43	99,01
0,80	0,03	0,03	0,03	50,00	25,00	60,00	30,00	1,63	1,11	2,47	98,99
0,80	0,03	0,03	0,03	75,00	37,50	85,00	42,50	1,72	1,20	2,52	98,97
0,80	0,03	0,03	0,03	100,00	50,00	110,00	55,00	1,80	1,30	2,57	98,95
0,80	0,04	0,04	0,04	25,00	12,50	35,00	17,50	1,89	1,40	2,62	98,93
0,80	0,04	0,04	0,04	50,00	25,00	60,00	30,00	1,98	1,50	2,67	98,91
0,80	0,04	0,04	0,04	75,00	37,50	85,00	42,50	2,07	1,61	2,72	98,89
0,80	0,04	0,04	0,04	100,00	50,00	110,00	55,00	2,16	1,73	2,77	98,87
0,80	0,05	0,05	0,05	25,00	12,50	35,00	17,50	2,25	1,85	2,82	98,85
0,80	0,05	0,05	0,05	50,00	25,00	60,00	30,00	2,35	1,97	2,87	98,83
0,80	0,05	0,05	0,05	75,00	37,50	85,00	42,50	2,45	2,11	2,92	98,81
0,80	0,05	0,05	0,05	100,00	50,00	110,00	55,00	2,55	2,24	2,96	98,79

Realizado por: Amado Rea. 2015

2.3.2.3 Caracterización físico-química y microbiológica del agua después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio.

Para los parámetros de turbiedad, color, Coliformes Fecales y Totales, se encontraban fuera de la norma NTE INEN 1108:2006. Segunda Revisión, para agua en proceso de potabilización, para ello se realizó a nivel de laboratorio pruebas de floculación, sedimentación (test de jarras), filtración y desinfección. En los cuales se hizo uso del Policloruro de Aluminio y CHEMFLOC 932 para la prueba de jarras, para filtración la elaboración de un filtro que contenga grava y arena; y finalmente para la desinfección se utilizó Hipoclorito de Calcio. Indicando que los procesos dimensionados al momento de caracterizar el agua luego del tratamiento mediante la simulación los resultados indican que todos los parámetros están dentro de la norma NTE INEN 1108:2014, Quinta Edición .

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a los análisis realizados al agua consumida por los habitantes de la parroquia de San Lorenzo se determinó que es necesario el diseño de un sistema de tratamiento de potabilización de agua con el fin de optimizar la calidad del líquido vital y que cumpla con los parámetros establecidos en la norma obligatoria NTE INEN 1108:2011.

3.1 Calculo de Población Futura

$$N_t = N_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

Ecuacion 1-3

Datos

No: Población Actual: 6498 habitantes (valor dada por E.P EMAPAG)

r: Tasa de crecimiento anual: 1.95 % según el INEC

t: Tiempo de diseño: 15 años

$$N_t = 6498 \left(1 + \frac{1.95}{100}\right)^{15}$$

$$N_t = 8681 \text{ habitantes}$$

3.1.1 *Calculo de la Dotación Básica*

$$DB = \frac{Vac}{Tus}$$

Ecuacion 2-3

Datos:

Vac: Volumen de agua consumida: $31104 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$ (EP-EMAPAG 2015)

Tus: Total de usuarios servidos: 1300 (EP-EMAPAG 2015)

*Apreciación E.P- EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

$$DB = \frac{31104}{1300}$$

$$DB = 23.926 \frac{\text{m}^3}{\text{mes.usuar.}} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3} * \frac{1\text{mes}}{30 \text{ dias}} * \frac{1 \text{usr.}}{5 \text{ hab.}}$$

$$DB = 159.507 \frac{\text{lt}}{\text{hab.dia}}$$

3.1.2 Dotación Futura

$$DF=FM \times DB$$

Ecuacion 3-3

Datos:

FM: Factor de Mayorizacion: 1.180 (valor dada por E.P EMAPAG)

DB: Dotación Básica: $159.507 \frac{\text{lt}}{\text{hab.dia}}$

$$DF=1.180*159.507$$

$$DF= 188.218 \frac{\text{lt}}{\text{hab.dia}}$$

3.1.3 *Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)*

$$cmd = \frac{q \times N}{86400}$$

Ecuacion 4-3

Dónde:

N: Población futura: 8681 hab.

q: Dotación Percápita Máxima: $188.218 \frac{\text{lt}}{\text{hab.día}}$

86400: Segundos/ días, s/d

$$cmd = \frac{188.281 \times 8681}{86400}$$

$$cmd = 19.280 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

3.1.4 *Calculo del Consumo Máximo Diario (CMD)*

$$CMD = k \times cmd$$

Ecuacion 5-3

Dónde:

k: Coeficiente de Variación diaria: 1.300 (valor dada por E.P EMAPAG)

cmd: Consumo Medio Diario: $19.280 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$

$$CMD = 1.300 \times 19.280$$

$$CMD = 25.064 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

3.1.5 *Calculo del Consumo Máximo Horario (CMH)*

$$CMH = k_2 \times CMD$$

Ecuacion 6-3

Datos:

K2: Coeficiente de Variación Horaria, Adimensional: 1.600 (valor dado por E.P EMAPAG)

CMD: Consumo Máximo Diario: $25.064 \frac{lt}{seg}$

$$CMH = 1.600 \times 25.064$$

$$CMH = 40.102 \frac{lt}{seg}$$

3.2 **Calculo de los Caudales de Diseño**

3.2.1 *Calculo del Caudal de Captación*

$$Q_{Captacion} = k_3 * CMD$$

Ecuacion 7-3

Datos:

CMD: Consumo Máximo Diario: $25.064 \frac{lt}{seg}$

K3: 1.500 (valor dado por E.P EMAPAG)

$$Q_{Captacion} = 1.500 \times 25.064$$

$$Q_{\text{Captacion}} = Q_{\text{Cond.}} = 38 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

3.2.2 *Calculo de Caudal de la Planta de Tratamiento*

$$Q_{\text{Tratamiento}} = k4 * \text{CMD}$$

Ecuacion 8-3

Datos:

CMD: Consumo Máximo Diario: $25.064 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$

k4: Constante Adimensional: 1.100 (valor dado por E.P EMAPAG)

$$Q_{\text{Tratamiento}} = 1.100 \times 25.064$$

$$Q_{\text{Tratamiento}} = 27.570 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

3.3 *Calculo de los Caudales de Reserva*

3.3.1 *Cálculo del Volumen de Regulación*

$$V_r = 0.250 * \text{cmd}$$

Ecuacion 9-3

Datos:

cmd: Consumo Medio Diario: 1665.79 m^3

$$V_r = 0.250 \times 1665.79 \text{ m}^3$$

$$V_r = 416.44 \text{ m}^3$$

3.3.2 *Calculo del Volumen Contra Incendios*

$$V_i = 100 * \sqrt{p}$$

Ecuacion 10-3

Datos:

Vi: Volumen para Protección Contra Incendios Expresado en m³

p: Población en Miles: 8.681m³

$$V_i = 100 * \sqrt{8.681}$$

$$V_i = 294.635\text{m}^3$$

3.3.3 *Calculo del Volumen de Emergencia*

$$V_e = 0.250 * V_r$$

Ecuacion 11-3

Datos:

Vr: Volumen de Regulación: = 416.44m³

$$V_e = 0.250 \times 416.44$$

$$V_e = 104.11\text{m}^3$$

3.3.4 *Calculo del Volumen Total*

$$V_t = V_r + V_i + V_e$$

Ecuacion 12-3

Datos:

$$V_r: 416.44\text{m}^3$$

$$V_i: 294.635\text{m}^3$$

$$V_e: 104.11\text{m}^3$$

$$V_t = 416.44 + 294.635 + 104.11$$

$$V_t = 815.185\text{m}^3$$

3.4 **Consideraciones de Diseño**

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua se estableció un tratamiento apto e indispensable para el consumo de las personas, mediante un proceso convencional para potabilizar el líquido vital.

3.4.1 *Cálculos de Ingeniería*

3.4.1.1 *Dimensionamiento de la Rejilla*

3.4.1.2 *Calculo de la rejilla*

Tabla 31-3: Información sobre rejillas de limpieza manual y mecánica

CARACTERISTICAS	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
Anchura, m	0,5 – 2	0,5 – 2
Profundidad, mm	25 – 37	25 – 37,5
Separación entre barras, mm	25 – 50	15 – 75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25 – 50	50 – 82,5
Velocidad de aproximación, m/s	150	150
Perdida de carga admisible, m/m	150	150

Fuente: METCALF & EDDY, 1995

Tabla 32-3: Coeficiente de perdida para rejillas

Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Normas RAS, 2000

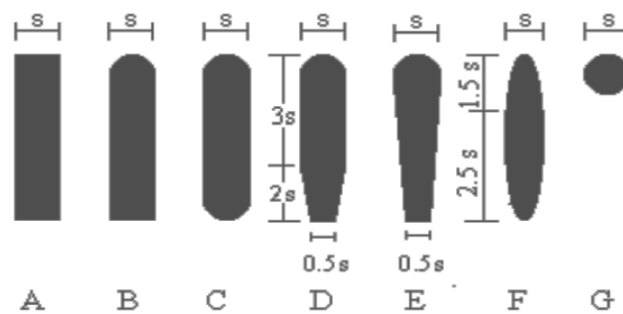


Figura 9-3: Formas de las rejillas

Fuente: Normas RAS, 2000

3.4.1.2.1 Ecuación de Manning

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuacion 13-3

Dónde:

V = Velocidad

n = Coeficiente de Manning

R_h = Radio Hidráulico

S = Gradiente Hidráulico

$$v = \frac{1}{0.07} 0.12^{2/3} 0.013^{1/2}$$

$$v = 0.401\text{m/s}$$

3.4.1.2.2 Área transversal del canal

$$A_t = \frac{Q_p}{v}$$

Ecuacion 14-3

Dónde:

A_t= área transversal

v = Velocidad

Q_p = Caudal de llegada

$$A_t = \frac{0.038\text{m}^3/\text{s}}{0.401\text{m/s}}$$

$$A_t = 0.094 \text{ m}^2$$

3.4.1.2.3 Tirante en el canal

$$H_a = \frac{A_t}{b}$$

Ecuacion 15-3

Dónde:

A_t= área transversal

b= ancho del canal (Ver tabla 32-3)

$$H_a = \frac{0.094 \text{ m}^2}{0.6 \text{ m}}$$

$$H_a = 0.063 \text{ m}$$

3.4.1.2.4 Altura total del canal

$$H = H_a + H_s$$

Ecuacion 16-3

Dónde:

H= altura total (m)

H_s= altura sugerida (0.5 m)

$$H = 0.063 \text{ m} + 0.5 \text{ m}$$

$$H = 0.6 \text{ m}$$

Para fines prácticos se empleara una altura total de 0.6m

3.4.1.2.5 Longitud de la barra de las rejillas

$$L_b = \frac{H}{\text{Sen}\alpha}$$

Ecuacion 17-3

Dónde:

L_b = longitud de las rejillas

$\text{Sen}\alpha$ = seno del ángulo (53°)

$$L_b = \frac{0.6\text{m}}{\text{Sen}(53^\circ)}$$

$$L_b = 0.751\text{m}$$

3.4.1.2.6 Separación entre barras

$$bg = \left(\frac{b-e}{s+e} + 1\right)e$$

Ecuacion 18-3

Dónde:

bg = ancho del canal de entrada (mm)

e = separación entre barras (mm)

S = espesor de las barras (mm)

$$bg = \left(\frac{0.5\text{m} - 0.042\text{m}}{0.013\text{m} + 0.042\text{m}} + 1\right)0.042\text{m}$$

$$bg = 0.391\text{m}$$

3.4.1.2.7 Área de los espacios entre barrotes

$$A_s = b_g * L_b$$

Ecuacion 19-3

Dónde:

b_g = ancho del canal de entrada (m)

A_s = área de separación entre barras (m^2)

L_b = longitud de las rejillas (m)

$$A_s = 0.391m * 0.751m$$

$$A_s = 0.293 m^2$$

3.4.1.2.8 Velocidad a través de las rejillas

$$V_c = \frac{Q_p}{A_s}$$

Ecuacion 20-3

Dónde:

V_c = velocidad a través de las rejillas (m/s)

A_s = área de separación entre barras (m^2)

Q_p = caudal de llegada (m^3/s)

$$V_c = \frac{0.038m^3/s}{0.293 m^2}$$

$$V_c = 0.129m/s$$

3.4.1.2.9 Numero de barrotes

$$n = \frac{bg}{e} - 1$$

Ecuacion 21-3

Dónde:

bg = ancho del canal de entrada (mm)

e = separación entre barras (mm)

$$n = \frac{0.391\text{m}}{0.042\text{m}} - 1$$

$$n = 8.3 \text{ barras}$$

Para fines prácticos y de diseño se empleara un valor de 9 barras

3.4.1.2.10 Perdida de carga

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{V^2}{2 * g}\right) * \text{sen} \alpha$$

Ecuacion 22-3

Dónde:

h= pérdida de carga (cm)

β= coeficiente de pérdidas para rejillas (1,79) (Ver tabla 32-3)

V = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

g = gravedad (9,8 m/s²)

S=espesor de las barras

e= separación entre barras

$$h = 1.79 \left(\frac{0.013\text{m}}{0.042\text{m}} \right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{0.160\text{m}^2}{2 * 9.8\text{m/s}} \right) * \text{sen}(53^\circ)$$

$$h = 0.0024\text{m} = 0.24 \text{ cm}$$

La pérdida está dentro de los parámetros establecidos ya que no debe superar los 12cm

3.4.1.3 Dimensionamiento del Vertedero Triangular

3.4.1.3.1 Calculo de la Altura del Vertedero Triangular

$$Q = 1.4H^{5/2}$$

Ecuacion 23-3

Datos:

Q: Caudal en m³/s :(0.038 m³/s)

H: Altura del Agua en el Vertedero (m): 1.420 m

$$H = \left(\frac{0.038}{1.4} \right)^{2/5}$$

$$H = 0.236 \text{ m}$$

3.4.1.3.2 Ancho de la Lámina Vertical y Ancho de Canal

$$L = 2H$$

Ecuacion 24-3

Datos:

H: Altura del Agua en el Vertedero: 0.236m

$$L = 2 \times 0.236$$

$$L = 0.472 \text{ m}$$

3.4.1.3.3 Caudal Promedio Unitario

$$q = \frac{Q}{B}$$

Ecuacion 25-3

Datos:

Q: Caudal de Diseño: 0.038 m³/seg

B: Altura del Canal: 0.390 m (valor dado por E.P EMAPAG)

$$q = \frac{0.038}{0.390}$$

$$q = 0.097 \text{ m}^3/\text{seg. m}$$

3.4.1.3.4 Altura Crítica

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Ecuacion 26-3

Datos:

q: Caudal Promedio Unitario: 0.097 m³/seg. m

g: Gravedad: 9.800 m²/s

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0.097^2}{9.800}}$$

$$h_c = 0.098 \text{ m}$$

3.4.1.3.5 *Altura al Inicio del Resalto*

$$h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{h_c}}}$$

Ecuacion 27-3

Datos:

P: Altura desde el vertical del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1.00 m

h_c: Altura crítica: 0.098 m

$$h_1 = \frac{1.41 \times 0.098}{\sqrt{2.56 + \frac{1.00}{0.098}}}$$

$$h_1 = 0.038 \text{ m}$$

3.4.1.3.6 *Velocidad al Inicio del Resalto*

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Ecuacion 28-3

Datos:

q: Caudal promedio unitario: 0.097 m³/seg. m

h₁: Altura al inicio del resalto: 0.038 m

$$V_1 = \frac{0.097}{0.038}$$

$$V_1 = 2.552 \text{ m/s}$$

3.4.1.3.7 Numero de Froude

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

Ecuacion 29-3

Datos:

h₁: Altura al inicio del resalto: 0.038 m

V₁: Velocidad al inicio del resalto: 2.552 m/s

g: Gravedad: 9.800 m/s²

$$F_1 = \frac{2.552}{\sqrt{9.800 \times 0.038}}$$
$$F_1 = 4.182$$

3.4.1.3.8 Altura del Agua Después del Resalto Velocidad al Final del Resalto

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

Ecuacion 30-3

Datos:

h₁: Altura al inicio del resalto: 0.038 m

F₁: Número de Froude: 4.182

$$h_2 = \frac{0.038}{2} \times [\sqrt{1 + (8 \times 4.182)} - 1]$$
$$h_2 = 0.092 \text{ m}$$

3.4.1.3.9 Velocidad al Final del Resalto

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

Ecuacion 31-3

Datos:

q: Caudal promedio unitario: 0.097 m³/seg. m

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.092 m

$$V_2 = \frac{0.097}{0.092}$$

$$V_2 = 1.054 \text{ m/s}$$

3.4.1.3.10 Energía Disipado en el Resalto

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4(h_1 \times h_2)}$$

Ecuacion 32-3

Datos:

h₂: Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.092 m

h₁: Altura al inicio del resalto: 0.038 m

$$h_p = \frac{(0.092 - 0.038)^3}{4(0.038 \times 0.092)}$$

$$h_p = 0.011 \text{ m}$$

3.4.1.3.11 Longitud del Resalto

$$L_m = 6(h_2 - h_1)$$

Ecuacion 33-3

Datos:

h_2 : Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.092 m

h_1 : Altura al inicio del resalto: 0.038 m

$$L_m = 6(0.092 - 0.038)$$

$$L_m = 0.324 \text{ m}$$

3.4.1.3.12 Distancia del Vertedero a la Sensación 1

$$L' = 4.300 P \left(\frac{h_c}{P} \right)^{0.900}$$

Ecuacion 34-3

Datos:

P : Altura desde el vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1.000 m

h_c : Altura crítica: 0.098 m

$$L' = 4.300 * 1 \left(\frac{0.098}{1.000} \right)^{0.900}$$

$$L' = 0.531 \text{ m}$$

3.4.1.3.13 Velocidad promedio en el resalto

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Ecuacion 35-3

Datos:

V_1 : Velocidad al inicio del resalto: 2.434 m/s

V_2 : Velocidad al final del resalto: 0.933 m/s

$$V_m = \frac{2.552 + 1.054}{2}$$

$$V_m = 1.803 \text{ m/s}$$

3.4.1.3.14 Tiempo de Mezcla

$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

Ecuacion 36-3

Datos:

V_m : Velocidad promedio en el resalto: 1.803 m/s

L_m : Longitud del resalto: 0.324 m

$$T = \frac{0.324}{1.803}$$

$$T = 0.179 \text{ s}$$

3.4.1.3.15 Gradiente de Velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

Ecuacion 37-3

Datos:

T : Tiempo de mezcla: 0.179 s

h_p : Energía disipada en el resalto: 0.011 m

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación de peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010 (Ver Anexo G).

$$G = 2920.010 \times \sqrt{\frac{0.011}{0.179}}$$

$$G = 0.724 \text{ s}^{-1}$$

3.4.1.4 Diseño de Medidor de Caudal Parshall

3.4.1.4.1 Calculo de la Altura de Flujo de Agua

$$H_o = K \times Q^m$$

Ecuacion 38-3

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.038 m³/s

K: Constante adimensional: 1.276 (Ver tabla 8-1)

m: Constante adimensional: 0.657 (Ver tabla 8-1)

$$H_o = 1.276 \times 0.038^{0.657}$$

$$H_o = 0.148 \text{ m}$$

3.4.1.4.2 Calculo de la Altura de Cresta (Ha)

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1.570 \times 0.340^{0.026}}}}{(0.372 \times W) \frac{1}{1.570 \times W^{0.026} \times 3.281}}$$

Ecuacion 39-3

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.038 m³/s

W: Ancho de la garganta: 0.305 (Ver tabla 8-1)

$$H_a = \frac{\frac{1}{0.038^{1.570 \times 0.305^{0.026}}}}{(0.372 \times 0.305) \frac{1}{1.570 \times 0.305^{0.026} \times 3.281}} = 0.154 \text{ m}$$

3.4.1.4.3 Cálculo de la Altura de Garganta (H_b): tomando

$$H_b = S \times H_a$$

Ecuacion 40-3

Donde:

H_a : Altura de agua de la cresta: 0.154 m

S : Sugerencia máxima: 0.700 m/m (Ver tabla 7-1)

$$H_b = 0.700 \times 0.154$$

$$H_b = 0.107 \text{ m}$$

Verificación de condición: $\frac{H_a}{W} \approx 0.400$ y 0.800

$0.154 / 0.305 = 0.504$ Se cumple la condición

3.4.1.4.4 Calculo de Perdida de Carga

$$p = \frac{5.072}{(W + 4.570)^{1.460}} (1 - S) 0.720 \times Q^{0.670}$$

Ecuacion 41-3

Datos:

Q : Caudal de diseño: $0.038 \text{ m}^3/\text{s}$

W : Ancho de la garganta: 0.305 (Ver tabla 8-1)

S : Sumergencia máxima: 0.700 m/m (Ver tabla 7-1)

$$p = \frac{5.072}{(0.305 + 4.570)^{1.460}} (1 - 0.700) 0.720 \times 0.038^{0.670}$$

$$p = 0.012 \text{ m}$$

3.4.1.4.5 La Velocidad en la Sensación de Medición

$$V_o = \frac{Q}{H_o \times D^1}$$

Ecuacion 42-3

Datos:

H_o: Altura de agua en la sensación de medición: 0.148 m

D¹: Ancho de la sensación de medición: 0.845 (valor dado por E.P EMAPAG)

Q: Caudal de agua: 0.038 m³/s

$$V_o = \frac{0.038}{0.148 \times 0.845}$$

$$V_o = 0.303 \text{ m/s}$$

3.4.1.4.6 Carga Hidráulica Disponible

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

Ecuacion 43-3

Datos:

V_o: Velocidad en la sensación de medición: 0.303 m/s

g: Gravedad: 9.800 m²/s

H_o: Altura de agua en la sensación de medición: 0.148 m

N: Dimensiones de la canaleta: 0.229 (valor dado por E.P EMAPAG)

$$E_o = \frac{(0.303)^2}{2 * 9.800} + 0.148 + 0.229$$

$$E_o = 0.381 \text{ m}$$

3.4.1.5 Determinación del Agente Coagulante

Mediante una simple regla de tres obtenemos la cantidad de PAC a emplear en base a la consideración que se establecen a continuación.

3.4.1.5.1 Cálculo de la Cantidad Requerida de PAC

$$C_1 \rightarrow P_1$$

$$C_2 \rightarrow X = P_2$$

Ecuación 44-3

Datos:

P_1 : Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

C_1 : Concentración inicial de PAC: 0.015 g/L

C_2 : Concentración de PAC requerido: 0.005 g/L

$$P_2 = \frac{P_1 \times C_2}{C_1}$$

$$P_2 = \frac{25 \times 0.005}{0.015}$$

$$P_2 = 8.333 \text{ Kg}$$

3.4.1.5.2 Cálculo del Volumen Requerido de Agua

$$P_1 \rightarrow V_1$$

$$P_2 \rightarrow X = V_2$$

Ecuación 45-3

Datos:

P_1 : Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

V_1 : Volumen de dilución inicial: 200 L

P_2 : Cantidad de PAC requerido: 8.333 Kg

$$V_2 = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{8.330 \times 200}{25}$$

$$V_2 = 66.664 \text{ lt}$$

3.4.1.5.3 Concentración de la Solución

$$C_{\text{Sin}} = \frac{P_2}{V_2}$$

Ecuacion 46-3

Datos:

P_2 : Cantidad de PAC requerido: 8.333 Kg \approx 8333 g

V_2 : Volumen de dilución requerido: 66.640 L

$$C_{\text{Sin}} = \frac{8333}{66.664}$$

$$C_{\text{Sin}} = 125 \text{ g/lt}$$

3.4.1.5.4 Caudal de Dosificación

$$Q_D = \frac{C_{\text{PAC}}}{C_{\text{Sin}}} \times Q_d$$

Ecuacion 47-3

Datos:

C_{PAC} : Concentración de PAC: 0.005 g/L

C_{Sin} : Concentración de la solución: 125 g/L

Q_d : Caudal de diseño: 38.00 lt/s \approx 136.8 m³/h

$$Q_D = \frac{0.005}{125} \times 136.8$$

$$Q_D = 5.472 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$5.472 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ lt}} = 91.2 \text{ ml/min}$$

3.4.1.6 Dimensionamiento del Floculador de Flujo Horizontal

El objetivo es de asegurar el esparcimiento del coagulante en todo el volumen de agua cruda, el coagulante en este caso es Policloruro de aluminio y el Auxiliar Aniónico, debe aplicarse sobre la sección de manera adecuada que permite que se mezclen los componentes.

3.4.1.6.1 Longitud de Canales

$$L_c = V \times T \times 60$$

Ecuacion 48-3

Datos:

T: Tiempo de retención: 15 min (valor dado por E.P EMAPAG)

V: Velocidad de fluido: 0.150 m/s (valor dado por E.P EMAPAG)

$$L_c = 0.150 \times 15 \times 60$$

$$L_c = 135 \text{ m}$$

3.4.1.6.2 Área de los Canales del Floculador:

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

Ecuacion 49-3

Datos:

Q: Caudal del agua: 0.038 m³/s

V: Velocidad del Fluido: 0.150 m/s (valor dado por E.P EMAPAG).

$$A = \frac{0.038}{0.150}$$
$$A = 0.253 \text{ m}^2$$

3.4.1.6.3 Ancho de Canales del Floculador

$$a = \frac{A}{H_u}$$

Ecuacion 50-3

Datos:

A: Área de los canales del Floculador: 0.253 m²

H_u: Altura de agua en la unidad: 0.900 m

$$a = \frac{0.253}{0.900}$$
$$a = 0.281 \text{ m}$$

3.4.1.6.4 Ancho de Vueltas del Floculador

$$d = 1.500 \times a$$

Ecuacion 51-3

Datos:

a: Ancho de los canales de floculación: 0.281 m

$$d = 1.500 \times 0.281$$
$$d = 0.421 \text{ m}$$

3.4.1.6.5 *Ancho del Floculador*

$$B = 3b + d$$

Ecuacion 52-3

Datos:

b: Ancho útil de la lámina: 0.825 m. (constante establecida)

d: Ancho de los canales de floculación: 0.421 m

$$B = 3(0.825) + 0.421$$

$$B = 2.9 \approx 3 \text{ m}$$

3.4.1.6.6 *Número de Canales*

$$N_c = \frac{L_c}{B}$$

Ecuacion 53-3

Donde:

B: Ancho del Floculador: 3 m

L_c: Longitud de canales: 135 m

$$N_c = \frac{135}{3}$$

$$N_c = 45 \text{ Unid.}$$

3.4.1.6.7 *Longitud del Floculador*

$$L = (N_c \times a) + (N_c - 1) e$$

Ecuacion 54-3

Datos:

Nc: Número de canales: 45 Unid.

a: Ancho de los canales de floculación: 0.281 m

e: Espesor de las láminas: 0.12 m. (valor dado por E.P EMAPAG).

$$L = (45 \times 0.281) + (45 - 1) 0.12$$

$$L = 17.92 \approx 18 \text{ m}$$

3.4.1.6.8 Perímetro Mojado de las Secciones del Tramo

$$P = 2Hu + a$$

Ecuacion 55-3

Datos:

Hu: Altura de agua en la unidad: 0.900 m

a: Ancho de los canales de floculación: 0.281 m

$$P = 2(0.900) + 0.281$$

$$P = 2.081 \text{ m}$$

3.4.1.6.9 Radio Medio Hidráulico

$$r = \frac{A}{P}$$

Ecuacion 56-3

Datos:

A: Área de los canales del Floculador: 0.253 m²

P: Perímetro mojado de las secciones: 2.081 m

$$r = \frac{0.253}{2.081}$$

$$r = 0.121 \text{ m}$$

3.4.1.6.10 Pérdida de Carga continúa en los Canales

$$h_1 = \left[\frac{n * V}{r^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * L_c$$

Ecuacion 57-3

Datos:

V: Velocidad del fluido: 0.150 m/s

n: Coeficiente de Manning: 0.013 (Ver tabla 11-1)

r: Radio medio hidráulico: 0.121 m

L_c: Longitud de canales: 135 m

$$h_1 = \left[\frac{0.013 * 0.150}{0.121^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * 135$$

$$h_1 = 0.008 \text{ m}$$

3.4.1.6.11 Pérdida de Carga Continúa en las Vueltas

$$h_2 = \frac{K * V^2 * (N_c - 1)}{2g}$$

Ecuacion 58-3

Datos:

K: Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas: 2 Unid.

V: Velocidad de fluido: 0.150 m/s

N_c: Número de canales: 45

g: Aceleración de la gravedad: 9.800 m²/s

$$h_2 = \frac{2 * (0.150)^2 * (45 - 1)}{2 * 9.800}$$

$$h_2 = 0.101 \text{ m}$$

3.4.1.6.12 *Perdida de Carga Total en el Último Tramo*

$$h_f = h_1 + h_2$$

Ecuacion 59-3

Datos:

h_2 : Perdida de la carga en los canales: 0.101 m

h_1 : Perdida de carga en las vueltas: 0.008 m

$$h_f = 0.008 + 0.101$$

$$h_f = 0.109 \text{ m}$$

3.4.1.6.13 *Gradiente de Velocidad*

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_f}{T}}$$

Ecuacion 60-3

Datos:

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010 (Ver Anexo G).

h_f : Perdida de carga total: 0.109 m

T : Tiempo de retención: 15

G : Gradiente de velocidad, (S^{-1})

$$G = 2920.010 \times \sqrt{\frac{0.109}{15 \times 60}}$$

$$G = 32.134 \text{ S}^{-1}$$

3.4.1.7 Dimensionamiento del Sedimentador Laminar de Alta Tasa

Los criterios para el análisis del Sedimentador laminar son las siguientes: la característica crítica de funcionamiento (Sc) es 1.00 para laminas paralelas, ángulo inclinado de 60° para facilitar que los lodos sedimentados se deslicen hacia el fondo del tanque, la separación entre cada placa ira desde 5 a 8 cm, la carga superficial (Cs) recomendada es de 60 a $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, el tiempo de residencia debe ser menor a 15 min, numero de Reynolds debe ser menor a 500.

3.4.1.7.1 Área de Sedimentación

$$v_s = \frac{Q}{A_s}$$

Ecuacion 61-3

Datos:

v_s : Carga superficial de sedimentación: $95 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d} \approx 1.09 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$

Q : Caudal de diseño: $0.038 \text{ m}^3/\text{s}$

$$A_s = \frac{Q}{v_s}$$

$$A_s = \frac{0.038}{1.09 \times 10^{-3}}$$

$$A_s = 34.86 \text{ m}^2 \approx 35 \text{ m}^2$$

3.4.1.7.2 Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinadas

$$V_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

Ecuacion 62-3

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.038m³/s

A_s: Área de sedimentación: 35 m²

θ: Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60°

$$V_o = \frac{0.032}{35 \times \text{Sen } 60}$$

$$V_o = 1.253 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$V_o = 0.125 \text{ cm/s}$$

3.4.1.7.3 Longitud Relativa del Sedimentador

$$Lr = \frac{I}{d_p}$$

Ecuacion 63-3

Datos:

I: Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 m

d_p: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0.060 m

$$Lr = \frac{1.200}{0.060}$$

$$Lr = 20 \text{ m}$$

3.4.1.7.4 Numero de Reynolds

$$Re = \frac{V_o \times d_p}{\nu}$$

Ecuacion 64-3

Datos:

Se trabaja con una temperatura del agua de 15°C

V_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: 1.253×10^{-3} m/s

d_p : Ancho del conducto o espacio entre placas: 0.060 m (valor dado por E.P EMAPAG).

ν : Viscosidad cinemática: 1.139×10^{-6} m²/s (Ver tabla 12-1)

$$Re = \frac{1.253 \times 10^{-3} \times 0.060}{1.139 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 66.005$$

3.4.1.7.5 Longitud de transición

$$L' = 0.013 \times Re$$

Ecuacion 65-3

Datos:

Re: Número de Reynolds: 66.005m

$$L' = 0.013 \times 66.005$$

$$L' = 0.858 \text{ m}$$

3.4.1.7.6 Longitud Relativa del Sedimentador de Alta Tasa Corregida en la Longitud de Transición

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Ecuacion 66-3

Datos:

L_r: Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: 20 m

L': Longitud de transición: 0.858 m

$$L_{cr} = 20 - 0.858$$

$$L_{cr} = 19.142 \text{ m}$$

3.4.1.7.7 Velocidad de Sedimentación Crítica

$$V_{sc} = \frac{S_c \times V_o}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$$

Ecuacion 67-3

Datos:

S_c : Parámetros característicos; iguales a 1.0 para sedimentadores de placas paralelas

V_o : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: $1.253 \times 10^{-3} \text{ m/s} \approx 108.259 \text{ m/dia}$

: Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60°

L_{cr} : Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: 19.142 m

$$V_{sc} = \frac{1.0 \times 108.259}{\text{Sen}60 + (19.142 \times \text{Cos}60)}$$

$$V_{sc} = 10.372 \frac{\text{m}}{\text{dia}} \approx 0.012 \text{ cm/s}$$

3.4.1.7.8 Tiempo de Retención en las Placas

$$t_{rp} = \frac{I}{V_o}$$

Ecuacion 68-3

Datos:

I : Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 (valor dado por E.P EMAPAG).

V_o : Velocidad promedio de fluido en el sedimentador: $1.253 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

$$t_{rp} = \frac{1.200}{1.253 \times 10^{-3}}$$

$$t_{rp} = 957.701 \text{ s} \approx 15.961 \text{ min}$$

3.4.1.7.9 *Tiempo de Retención en el Tanque de sedimentación*

$$t_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q}$$

Ecuacion 69-3

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.038 m³/s

A_s: Altura total: 35 m²

H_s: Área de sedimentación: 2.500 (valor dado por E.P EMAPAG).

$$t_s = \frac{35 \times 2.500}{0.038}$$

$$t_s = 2302.631s \approx 38.377 \text{ min}$$

3.4.1.7.10 *Ancho del Sedimentador*

$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{5}}$$

Ecuacion 70-3

Datos:

A_s: Área de sedimentador: 35 m²

$$b_s = \sqrt{\frac{35}{5}}$$

$$b_s = 2.645 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

3.4.1.7.11 Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{A_s}{b_s}$$

Ecuacion 71-3

Datos:

A_s: Área de sedimentación: 35 m²

b_s: Ancho del sedimentador: 3 m

$$L_s = \frac{35}{3}$$

$$L_s = 11.666 \approx 12 \text{ m}$$

3.4.1.7.12 Número de Placas por Modulo

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + d_s}{d_s + ep}$$

Ecuacion 72-3

Datos:

L_s: Longitud de sedimentación: 11.666 m

θ: Angulo de sedimentación de las placas: 60°

d_s: Separación entre placas: 0.060 m (valor dado por E.P EMAPAG).

ep: Espesor de las placas: 0.010 m (valor dado por E.P EMAPAG).

$$N_p = \frac{(11.666 \times \text{Sen}60) + 0.060}{0.060 + 0.010}$$

$$N_p = 145.18 \approx 145 \text{ plac.}$$

3.4.1.7.13 Volumen del Sedimentador

$$Vd=Ls \times b_s \times h$$

Ecuacion 73-3

Datos:

Ls: Longitud del sedimentador: 11.666 m

b_s: Ancho del sedimentador: 3 m

h: Altura del sedimentador: 2.500 m (valor dado por E.P EMAPAG).

$$Vd = 11.666 \times 3 \times 2.500$$

$$Vd = 87.495 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento de altura:

Hsp: Altura del agua sobre las placas: 0.450 m (valor dado por E.P EMAPAG).

Hp: altura de placas: $(0.12 \times \text{Sen } 60^\circ)$: 1.040 m

Hdp: Altura por debajo de las placas: 1.010 m (valor dado por E.P EMAPAG).

3.4.1.8 Dimensionamiento de Filtros Lento de Arena y Grava

Los filtros han sido planteados para un caudal de 0.038 m³/seg y con una turbiedad mínima de 15.320 NTU El hecho filtrante estará compuesto de arena y grava.

Tabla 33-3: Parametros de diseno de FLA

PARAMETROS	VALOR	UNIDADES
Altura del agua sobrenadante	1.500	M
Profundidad del medio filtrante (arena)	1.500	M
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	1.000	M
Granulometría del medio filtrante	0.500	Mm

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.4.1.8.1 Superficie filtrante requerida

$$Sf = \frac{Q}{Tf}$$

Ecuacion 74-3

Datos:

Q: Caudal de diseño: $0.038\text{m}^3/\text{s} \approx 136.8 \text{ m}^3/\text{h}$

Tf: Tasa de filtración: $0.090\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$

$$Sf = \frac{136.8}{0.090}$$

$$Sf = 1520 \text{ m}^2$$

3.4.1.8.2 Área de Filtración

$$Af = \frac{Sf}{n}$$

Ecuacion 75-3

Datos:

Sf: Superficie filtrante requerida: 1520 m^2

n: Numero de filtros deseados: 4 unid.

$$Af = \frac{1520}{4}$$

$$Af = 380.000\text{m}^2$$

3.4.1.8.3 Determinación del Número de Módulos de Filtración

$$nf=0.5 \times \sqrt[3]{Af}$$

Ecuacion 76-3

Datos:

Af: Área filtrante: 380.000 m²

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{380.000}$$

$$nf = 3.621 \approx 4 \text{ unid.}$$

3.4.1.8.4 Determinación del Área de Cada Unidad

$$A_i = \frac{Af}{nf}$$

Ecuacion 77-3

Datos:

Af: Área de filtración: 380.000 m²

nf: Numero de filtros calculados: 4.000 unid

$$A_i = \frac{380.000}{4.00}$$

$$A_i = 95.000 \text{ m}^2$$

3.4.1.8.5 Determinación de las Dimensiones del Filtro

3.4.1.8.5.1 Determinación de la Longitud de la Unidad

$$a_f = \left(\frac{2 \times nf \times Ai}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

Ecuacion 78-3

Datos:

Ai: Área de unidad: 95.000 m²

nf: Número total de unidades de filtración: 4.000 unid.

$$a_f = \left(\frac{2 \times 4 \times 95.000}{2 \times 4} \right)^{0.5}$$

$$a_f = 9.746$$

3.4.1.8.5.2 Calculo para el Ancho de la Unidad

$$b_f = \left[\frac{(nf+1) \times Ai}{2 \times nf} \right]^{0.5}$$

Ecuacion 79-3

Datos:

Ai: Area de unidad filtrante: 95.000 m²

nf: Número total de unidades de filtración: 4.000 unid.

$$b_f = \left[\frac{(4 + 1) \times 95.000}{2 \times 4} \right]^{0.5}$$

$$b_f = 7.705 \approx 8 \text{ m}$$

$$b_f = 2 \text{ m c/u}$$

3.4.1.8.5.3 *Calculo de la Longitud Total de Pared*

$$L_{t_p} = (2 \times b_f \times n_f) + a_f \times (n_f + 1)$$

Ecuacion 80-3

Datos:

n_f: Número total de unidades de filtración: 4.000 unid.

b_f: Ancho de la unidad: 8 m

a_f: Longitud de filtración: 9.746 m

$$L_{t_p} = (2 \times 8 \times 4) + 9.746 \times (4 + 1)$$

$$L_{t_p} = 112.73 \text{ m}$$

3.4.1.8.5.4 *Calculo de la Longitud Mínima de Pared*

$$L_m = 2 \times a_f \times (n_f + 1)$$

Ecuacion 81-3

Datos:

n_f: Número total de unidades de filtración 4.000 unidad.

a_f: Longitud de pared común por unidad: 7 m

$$L_m = 2 \times 7 \times (4 + 1)$$

$$L_m = 70 \text{ m}$$

3.4.1.8.5.5 Tubería de Entrada al Filtro

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

Ecuacion 82-3

Datos:

Qi: Caudal de diseño para cada filtro: $0.038 \approx 0.009 \text{ m}^3/\text{s}$

v: Velocidad de la tubería: 2 m/s (valor dado por E.P EMAPAG).

D: Diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.009}{2 * \pi}}$$

$$D = 0.075 \text{ m}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

3.4.1.8.6 Sistema de Drenaje

Para la estructura de salida del filtro vamos a utilizar una tubería de 75 mm perforada a través de la cual se mantendrá almacenada el agua filtrada.

Los parámetros manejados para el diseño del sistema de drenajes se los demuestran en las tablas 15-1 y 16-1.

3.4.1.8.6.1 Diámetro de los Orificios de Laterales

Tomando en cuenta los parámetros de diseño asumidos:

$$D = 8 \text{ mm} \approx 0.008 \text{ m}$$

3.4.1.8.6.2 Área de Cada Orificio

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuacion 83-3

Datos:

D: Diámetro de tubería: 0.008 m

$$A_o = \frac{\pi * (0.008)^2}{4}$$

$$A_o = 5.026 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

3.4.1.8.6.3 Caudal que Ingresa a Cada Orificio

$$Q_o = A_o \times v_o$$

Ecuacion 84-3

Datos:

v_o : Velocidad de orificio: 3 m/s (valor dado por E.P EMAPAG)

A_o : Área de cada orificio: $5.026 \times 10^{-5} \text{m}^2$

$$Q_o = 5.026 \times 10^{-5} * 3$$

$$Q_o = 1.507 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4.1.8.6.4 Numero de Laterales

$$\# \text{ Laterales} = n \times \frac{L_{pt}}{el}$$

Ecuacion 85-3

Datos:

L_{pt}: Longitud total del filtro: 64.73 m

el: Separación entre laterales: 1 m (Ver tabla 16-1).

n: Numero de laterales por lado: 2 (valor dado por E.P EMAPAG).

$$\# \text{ Laterales} = 2 \times \frac{112.73}{1}$$

$$\# \text{ Laterales} = 225.46$$

3.4.1.8.6.5 Separación Entre Orificios

$$\# \text{Orficios/ Laterales} = 2 \times \frac{\text{LI}}{e}$$

Ecuacion 86-3

Datos:

LI: Longitud de cada lateral: 3 m (valor dado por E.P EMAPAG).

e: Espacio entre orificios: 0.075 m (valor dado por E.P EMAPAG).

$$\# \text{Orficios/ Laterales} = 2 \times \frac{3}{0.075}$$

$$\# \text{Orficios/ Laterales} = 80$$

3.4.1.8.6.6 Número Total de Orificios

$$\# \text{ Total de orficios} = \# \text{ laterales} \times \# \text{Orficios/ Laterales}$$

Ecuacion 87-3

Datos:

Laterales: 225.46

Orificios / Lateral: 80

$$\# \text{ Total de orificios} = 225.46 \times 80$$

$$\# \text{ Total de orificios} = 18036.8$$

3.4.1.8.6.7 *Área Total de Orificios*

$$\mathbf{Ato = Ao \times \# \text{total de orificios}}$$

Ecuacion 88-3

Datos:

Ao: Área de cada orificio: $5.026 \times 10^{-5} \text{m}^2$

Total de orificios: 18036.8

$$Ato = 5.026 \times 10^{-5} * 18036.8$$

$$Ato = 0.906 \text{ m}^2$$

3.4.1.8.6.8 *Comprobación de Cumplimiento con los Parámetros (0.0015-0.005)*

$$\frac{\mathbf{Ato}}{\mathbf{Af}}$$

Ecuacion 89-3

Datos:

Ato: Área total de orificios: 0.906 m^2

Af: Área de filtración: 380.000 m^2

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0.906}{380.000}$$

$$\frac{A_{to}}{A_f} = 0.002 \text{ Si cumple las espf.}$$

3.4.1.9 Desinfección con Hipoclorito de Calcio

3.4.1.9.1 Cantidad de HTH (Hipoclorito de Calcio) lb/día

$$m = 0.012 \times Q_d \times C$$

Ecuacion 90-3

Datos:

0.012: Constante adimensional

Q: Caudal de diseño: 38lt/s \approx 602.377 gpm

C: Concentración de HTH: 1.200 mg/l recomendado por E.P EMAPAG

$$m = 0.012 \times 602.377 \times 1.200$$

$$m = 8.674 \text{ lb/día HTH} \approx 3.939 \text{ Kg/día HTH}$$

3.4.1.9.2 Volumen HTH (Hipoclorito de Calcio)

$$V = \frac{m}{\delta}$$

Ecuacion 91-3

Datos:

m: Cantidad de HTH: 3.939 Kg/día

ρ_{HTH} : Densidad de HTH: 0.800 Kg/L

$$V = \frac{3.939}{0.800}$$

$$V = 4.923 \text{ L/día}$$

3.4.1.9.3 *Volumen de HTH (Hipoclorito de Calcio) al 65%*

$$V \rightarrow 8.500\%$$

$$X = V_1 \rightarrow 65\%$$

Ecuacion 92-3

Datos:

V: Volumen de HTH: 4.923 L/día

$$V_1 = \frac{4.923 \times 65\%}{8.500\%}$$

$$V_1 = 37.646 \text{ L} + 4.923 \text{ L}$$

$$V_1 = 42.569 \text{ L}$$

3.4.1.9.4 *Volumen de Agua Requerida para Diluir la Solución Madre*

$$C_1V_1=C_2V_2$$

Ecuacion 93-3

Datos:

V1: Volumen de solución madre: 42.569 L

C1: Concentración de la dosificación de HTH: 1.200 mg/L

C2: Concentración de HTH: 0.650 mg/L

$$V_2 = \frac{C_1 \times V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{1.200 \times 42.569}{0.650}$$

$$V_2 = 78.588 \text{ L}$$

3.4.1.9.5 Volumen Total de la Solución

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuacion 94-3

Datos:

V1: Volumen (solución madre: 42.569 L)

V2: Volumen de agua para diluir la solución madre: 78.588 L

$$V_T = 42.569 + 78.588$$

$$V_T = 121.157 \text{ L}$$

Transformando L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de HTH

$$121.157 \frac{\text{L}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_D = 84.136 \text{ ml/min}$$

3.5 Resultados

3.5.1 Proyección Futura

Tabla 34-3: Resultados Proyección Futura (2030)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Población Futura	Nt	8681	habitantes
Dotación Básica	DB	159.507	L/hab*día
Dotación Futura	DF	188.218	L/hab*día
Consumo medio diario	Cmd	19.280	L/s
Consumo máximo diario	CMD	25.064	L/s
Consumo máximo horario	CMH	40.102	L/s
Caudal De Captación	Qcaptación	38.000	L/s

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.5.2 Resultados Procesos de Potabilización

Tabla 35-3: Resultados de la rejilla

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Ecuación de Manning	v	0.401	m/s
Área transversal del canal	A _t	0.094	m ²
Tirante en el canal	Ha	0.063	m
Altura total del canal	H	0.6	m
Longitud de la barra de las rejillas	L _b	0.751	m
Separación entre barras	bg	0.391	m

Área de los espacios entre barrotes	A_s	0.293	m^2
Velocidad a través de las rejillas	V_c	0.129	m/s
Numero de barrotes	n	9	Barras
Perdida de carga	h	0.24	cm

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 36-3: Resultados del Vertedero Triangular

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Altura del vertedero triangular	H	0.236	m
Ancho de la alamina vertical y ancho del canal	L	0.472	m
Caudal promedio unitario	q	0.097	$m^3/s.m$
Altura crítica	h_c	0.098	m
Altura al inicio del resalto	h_1	0.038	m
Velocidad al inicio del resalto	v_1	2.552	m/s
Numero de Froude	F_1	4.182	----
Altura del agua después del resalto	h_2	0.092	m
Velocidad al final del resalto	V_2	1.054	m/s
Energía disipado en el resalto	h_p	0.011	m
Longitud del resalto	L_m	0.324	m
Distancia del vertedero a la sensación I	L'	0.531	m
Velocidad promedio en el resalto	v_m	1.803	m/s
Tiempo de mezcla	t	0.179	s
Gradiente de velocidad	G	0.724	S^{-1}

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 37-3: Resultados para canaleta Parshall

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Altura del agua en la sección de medición	Ho	0.148	m
Ancho de garganta	W	0.305	m
Altura de cresta	Ha	0.154	m
Sumergencia maxima	S	0.700	m/m
Perdida de carga	P	0.012	m
Velocidad en la sección de medición	Vo	0.303	m/s
Carga hidraulica	Eo	0.381	m
Ancho de la sección de medición	D ¹	0.845	m
Dimensiones de la canaleta	N	0.229	m

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 38-3: Resultados de Determinación de Agente Coagulante

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Concentración de PAC	CPAC	0.005	g/L
Cantidad de PAC a diluir	P2	8.333	Kg
Volumen de agua para diluir	V2	66.664	L
Caudal de dosificación	QD	91.2	mL/min

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 39-3: Resultados del Floculador de Flujo Horizontal

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de canales	A	0.253	m ²
Longitud de canales	Lc	135	m
Ancho de canales	a	0.281	m
Ancho de vueltas del floculador	D	0.421	m
Ancho del Floculador (c/u)	B	3	m
Longitud del Floculador (c/u)	L	18	m
Número de canales	N	45	unidades
Perdida de carga continua en los canales	h1	0.008	m
Perdida de carga	h2	0.101	m

continúa en las vueltas			
Perdida de carga total	Hf	0.109	m
Gradiente de Velocidad	G	32.134	s ⁻¹

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 40-3: Resultados Sedimentador Laminar (ALTA TASA)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de Sedimentación	As	35	m ²
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	Vo	0.125	cm/s
Velocidad de sedimentación crítica	Vsc	0.012	cm/s
Longitud del Sedimentador (c/u)	Ls	12	m
Ancho del Sedimentador (c/u)	Bs	3	m
Tiempo de retención en las placas	trp	957.701	s
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	Ts	2302.631	S
Número de placas	Np	145	placas
Volumen del Sedimentador	Vd	87.495	m ³
Dimensionamiento:	Hsp	0.450	m
Altura del agua sobre las placas	Hp	1.040	m
Altura de placas	Hdp	1.010	m
Altura por debajo de las placa			

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 41-3: Resultados de Filtro Lento de Arena (FLA)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Profundidad del medio filtrante (arena)	P arena	1.500	m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	P grava	1.000	m
Altura de agua Sobrenadante	h agua	1.500	m
Granulometría del medio filtrante	Gf	0.500	mm
Superficie filtrante	Sf	1520	m ²
Número de filtros	Nf	4	Unidades
Área de Filtración	Af	380	m ²
Área de cada unidad	Ai	95	m ²
Longitud de filtración	af	9.746	m
Ancho total de filtración	bf	8	m
Diámetro de la tubería al ingreso	D	75	mm
Diámetro de la tubería a la salida	Ds	65	mm

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 42-3: Resultados de la Dosificación de HTH (Hipoclorito de Calcio)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Cantidad de HTH	m	8.674	lb/día
Volumen de HTH (Solución madre)	V1	42.569	L
Volumen de agua	V2	78.588	L
Volumen total de la solución	Vt	121.157	L
Caudal de dosificación	QD	84.136	ml/min

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.5.3 Resultados de la Prueba de Jarras

Tabla 43-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	20,00	10,00	30,00	15,00	1,05	1,07	0,42	98,60
0,80	0,02	0,02	0,02	40,00	20,00	50,00	25,00	2,75	1,32	1,62	94,60
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	3,88	1,40	2,04	93,20
0,80	0,02	0,02	0,02	80,00	40,00	80,00	40,00	4,10	1,44	2,28	92,40
0,80	0,03	0,03	0,03	20,00	10,00	30,00	15,00	1,13	1,11	2,52	91,60
0,80	0,03	0,03	0,03	40,00	20,00	50,00	25,00	1,27	1,26	2,70	91,00
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	70,00	35,00	1,41	1,41	2,88	90,40
0,80	0,03	0,03	0,03	80,00	40,00	80,00	40,00	1,56	1,58	3,06	89,80
0,8	0,04	0,04	0,04	20,00	10,00	30,00	15,00	1,72	1,75	3,24	89,20
0,80	0,04	0,04	0,04	40,00	20,00	50,00	25,00	1,88	1,94	3,42	88,60
0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	70,00	35,00	2,05	1,31	3,60	88,00
0,80	0,04	0,04	0,04	80,00	40,00	80,00	40,00	2,23	1,47	3,78	87,40
0,80	0,05	0,05	0,05	20,00	10,00	30,00	15,00	2,42	1,64	3,96	86,80
0,80	0,05	0,05	0,05	40,00	20,00	50,00	25,00	2,61	1,83	4,14	86,20
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	70,00	35,00	2,81	2,02	4,32	85,60
0,80	0,05	0,05	0,05	80,00	40,00	80,00	40,00	3,02	2,23	4,50	85,00

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 44-3: Prueba de Jarras a la turbiedad 50 NTU.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,8	0,02	0,02	0,02	15,00	7,50	25,00	12,50	1,18	1,59	1,20	97,60
0,80	0,02	0,02	0,02	30,00	15,00	40,00	20,00	1,07	1,34	0,55	98,90
0,8	0,02	0,02	0,02	45,00	22,50	55,00	27,50	1,06	1,40	0,95	98,10
0,8	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	1,60	1,24	1,40	97,20
0,8	0,03	0,03	0,03	15,00	7,50	85,00	42,50	1,74	1,37	1,50	97,00
0,8	0,03	0,03	0,03	30,00	15,00	100,00	50,00	1,89	1,51	1,60	96,80
0,8	0,03	0,03	0,03	45,00	22,50	115,00	57,50	2,04	1,65	1,70	96,60
0,8	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	130,00	65,00	2,20	1,80	1,80	96,40
0,8	0,04	0,04	0,04	15,00	7,50	145,00	72,50	2,36	1,96	1,90	96,20
0,8	0,04	0,04	0,04	30,00	15,00	160,00	80,00	2,52	2,12	2,00	96,00
0,8	0,04	0,04	0,04	45,00	22,50	175,00	87,50	2,69	2,28	2,10	95,80
0,8	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	190,00	95,00	2,86	2,46	2,20	95,60
0,8	0,05	0,05	0,05	15,00	7,50	205,00	102,50	3,04	2,64	2,30	95,40
0,8	0,05	0,05	0,05	30,00	15,00	220,00	110,00	3,22	2,83	2,40	95,20
0,8	0,05	0,05	0,05	45,00	22,50	235,00	117,50	3,40	3,03	2,50	95,00
0,8	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	250,00	125,00	3,59	3,23	2,60	94,80

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 45-3: Prueba de jarras a la turbiedad 90 NTU.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	15,00	7,50	25,00	12,50	1,07	1,52	1,26	98,60
0,80	0,02	0,02	0,02	30,00	15,00	40,00	20,00	1,33	1,78	1,53	98,30
0,80	0,02	0,02	0,02	45,00	22,50	55,00	27,50	1,52	2,18	1,71	98,10
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	30,00	70,00	35,00	1,18	1,24	0,63	99,30
0,80	0,03	0,03	0,03	15,00	7,50	85,00	42,50	1,15	1,30	1,80	98,00
0,80	0,03	0,03	0,03	30,00	15,00	100,00	50,00	1,31	1,50	1,98	97,80
0,80	0,03	0,03	0,03	45,00	22,50	115,00	57,50	1,47	1,72	2,16	97,60
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	30,00	130,00	65,00	1,64	1,95	2,34	97,40
0,80	0,04	0,04	0,04	15,00	7,50	145,00	72,50	1,81	2,20	2,52	97,20
0,80	0,04	0,04	0,04	30,00	15,00	160,00	80,00	2,00	2,46	2,70	97,00
0,80	0,04	0,04	0,04	45,00	22,50	175,00	87,50	2,19	2,74	2,88	96,80
0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	30,00	190,00	95,00	2,39	3,03	3,06	96,60
0,80	0,05	0,05	0,05	15,00	7,50	205,00	102,50	2,59	3,34	3,24	96,40
0,80	0,05	0,05	0,05	30,00	15,00	220,00	110,00	2,80	3,67	3,42	96,20
0,80	0,05	0,05	0,05	45,00	22,50	235,00	117,50	3,02	4,02	3,60	96,00
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	30,00	250,00	125,00	3,25	4,39	3,78	95,80

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 46-3: Prueba de Jarras a la turbiedad 245 NTU.

Conc Auxiliar	Conc PAC	Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Dosis Sulf (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	25,00	12,50	35,00	17,50	1,53	1,20	1,42	99,42
0,80	0,02	0,02	0,02	50,00	25,00	60,00	30,00	1,63	1,31	1,47	99,40
0,80	0,02	0,02	0,02	75,00	37,50	85,00	42,50	1,31	0,76	0,61	99,75
0,80	0,02	0,02	0,02	100,00	50,00	110,00	55,00	1,47	0,94	2,38	99,03
0,80	0,03	0,03	0,03	25,00	12,50	35,00	17,50	1,55	1,02	2,43	99,01
0,80	0,03	0,03	0,03	50,00	25,00	60,00	30,00	1,63	1,11	2,47	98,99
0,80	0,03	0,03	0,03	75,00	37,50	85,00	42,50	1,72	1,20	2,52	98,97
0,80	0,03	0,03	0,03	100,00	50,00	110,00	55,00	1,80	1,30	2,57	98,95
0,80	0,04	0,04	0,04	25,00	12,50	35,00	17,50	1,89	1,40	2,62	98,93
0,80	0,04	0,04	0,04	50,00	25,00	60,00	30,00	1,98	1,50	2,67	98,91
0,80	0,04	0,04	0,04	75,00	37,50	85,00	42,50	2,07	1,61	2,72	98,89
0,80	0,04	0,04	0,04	100,00	50,00	110,00	55,00	2,16	1,73	2,77	98,87
0,80	0,05	0,05	0,05	25,00	12,50	35,00	17,50	2,25	1,85	2,82	98,85
0,80	0,05	0,05	0,05	50,00	25,00	60,00	30,00	2,35	1,97	2,87	98,83
0,80	0,05	0,05	0,05	75,00	37,50	85,00	42,50	2,45	2,11	2,92	98,81
0,80	0,05	0,05	0,05	100,00	50,00	110,00	55,00	2,55	2,24	2,96	98,79

Realizado por: Amado Rea. 2015

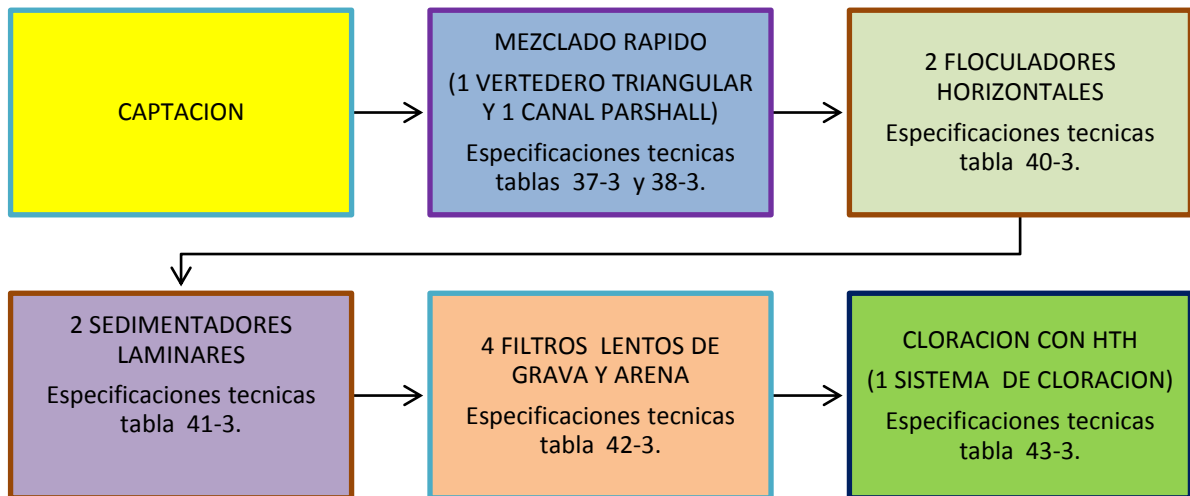
Tabla 47-3: Resultados de Caracterización Físico-Químico y Microbiológicos del agua tratada

RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA SAN LORENZO									
PARAMETROS	UNIDAD	MONITOREADA CON VARIACIÓN DE CALIDAD							
		20-abr		30-abr		06-may		20-may	
COLOR	UTC	10,00	1,00	25,00	1,00	78,00	1,00	156,47	1,00
TURBIEDAD	NTU	30,00	0,42	50,00	0,55	90,00	0,63	245,00	0,61
pH	.....	6,98	7,00	7,16	7,15	7,12	7,10	7,46	7,50
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	105,37	95,64	114,28	89,06	73,42	72,36	94,32	89,54
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	56,83	38,54	46,24	37,62	45,62	41,67	45,60	37,42
TEMPERATURA	°C	18,80	17,35	14,86	15,23	13,58	14,05	13,57	13,24
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1,20	1,06	1,15	1,18	1,08	1,12	0,92	1,08
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,009	0,008	0,009	0,006	0,008	0,009	0,005	0,007
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,64	0,62	0,76	0,59	0,52	0,46	0,57	0,64
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,54	0,47	0,57	0,62	0,45	0,52	0,38	0,46
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,07	0,04	0,05	0,004	0,07	0,05	0,08	0,06
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,008	0,007	0,008	0,009	0,006	0,008	0,008	0,006
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,009	0,009	0,009	0,007	0,007	0,006	0,005	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	80,00	80,00	86,00	86,00	92,00	92,00	84,00	84,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0,006	0,006	0,008	0,007	0,009	0,007	0,009	0,006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0,97	0,85	0,72	0,65	0,74	0,70	0,76	0,72
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,009	0,008	0,006	0,008	0,008	0,006	0,007	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0,005	0,005	0,007	0,005	0,007	0,007	0,007	0,009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0,31	0,33	0,36	0,43	0,32	0,46	0,14	0,21
BROMO (Br)	mg/L	1,13	1,10	1,57	1,50	1,34	1,42	1,95	2,04
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0,65	0,60	0,31	0,41	0,35	0,37	0,26	0,34
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,007	0,007	0,008	0,009	0,007	0,008	0,009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	12,00	8,00	11,00	10,00	12,00	8,00	14,00	12,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	82	< 1**	70	< 1**	82	< 1**	66	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	30	< 1**	56	< 1**	54	< 1**	32	< 1**

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.6 Propuesta

La propuesta que se realiza para el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia San Lorenzo se basa en los resultados de los análisis efectuados tanto al agua cruda como tratada, obteniéndola con las siguientes características:



El área total que dispone la E.P-EMAPA-G para el impenetrable diseño es de 300m².

3.7 Requerimiento presupuestario

3.7.1 Presupuesto General de la Planta de Potabilización

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto general de la construcción de la Planta de Agua Potable de la Parroquia de San Lorenzo del Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, la cual tendrá aproximadamente un total de 42,518.19 dolares.

Tabla 48-3: Presupuesto General de la Planta de Potabilización

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
VERTEDERO TRIANGULAR				
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	0.35	162.24	56.78
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	3.64	13.60	49.50
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	7.29	10.71	78.07
Malla electrosoldada 10-20	m ²	3.64	6.67	24.27
				208.62
CANAleta DE PARSHALL				
Limpieza y desbroce	m ²	6.38	0.46	2.93
Replanteo y nivelación	m ²	6.35	3.81	24.19
Excavación manual	m ³	6.38	27.17	173.34
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ³	1.26	120.97	152.42
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	0.68	162.24	110.32
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	6.71	13.60	91.25
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	13.42	10.71	143.72
Malla electrosoldada 8-20	m ²	6.71	4.41	29.59
				727.76
FLOCULADOR HIDRAULICO DE FLUJO HORIZONTAL				
Limpieza y desbroce	m ²	68.78	0.46	31.63
Replanteo y nivelación	m ²	68.78	3.81	262.05
Excavación manual	m ³	68.78	27.17	1868.75
Relleno compactado manual (pizon)	m ³	30.65	10.51	322.13
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ³	6.89	120.97	833.48
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	20.54	162.24	3332.40
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	205.45	13.60	2794.12
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	171.38	10.71	1835.47
Malla electrosoldada 8-20	m ²	89.42	4.41	394.34
Polietileno 2 mm	m ²	283.35	0.77	218.17
				8892.54
SEDIMENTADOR DE ALTA TASA				
Limpieza y desbroce	m ²	27.43	0.46	12.61
Replanteo y nivelación	m ²	27.43	3.81	104.50
Excavación manual	m ³	178.60	27.17	852.56
Relleno compactado manual (pizon)	m ³	48.58	10.51	510.57
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	199.72	162.24	2402.57
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	309.26	10.71	3312.17
Malla electrosoldada 10-20	m ²	309.26	6.67	2062.76

Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	309.26	13.60	4205.93
Tubería PVC 160mm desagüe	M	25.33	12.26	310.54
Tapón PVC 160mm desagüe	U	2.53	6.14	15.53
Tee PVC 160mm desagüe	U	2.53	20.08	50.80
Tablero fibrocemento 1 mm	m ²	228.80	5.02	1148.57
				22395.53
FILTRO LENTO DE ARENA				
Desbroce y limpieza	m ²	98.19	1.11	108.99
Replanteo y nivelación de estructuras	m ²	98.19	1.66	162.99
Excavación manual	m ³	58.92	27.17	1600.85
Empedrado	m ³	14.71	47.77	702.69
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	73.26	162.24	11885.70
Malla electrosoldada 10-20	m ²	342.83	6.67	2286.67
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	342.83	10.71	3671.70
Enlucido vertical paleteado	m ²	342.83	11.38	3901.40
Arena	m ³	29.56	24.09	712.10
Grava para filtros	m ³	56.06	32.72	1834.28
Tubería PVC-D 75 mm	M	53.20	5.13	272.91
Tubo de PVC de 110 mm (NORMA INEN 1869 0 2227)	M	15.20	4.81	73.11
Codo PVC 110mm desagüe	U	2.53	4.32	10.92
Cruz PVC P 90, D=75 mm	M	2.53	5.69	14.39
Codo PVC 75mm desagüe	U	15.20	3.29	50.00
Valvula compuerta 03´´	U	12.66	150.74	1908.36
Valvula compuerta 04´´	U	2.53	212.47	537.54
Tee PVC, D=3´´	U	5.06	12.43	62.89
				6797.49
TANQUE DE DESINFECCIÓN				
Hormigón simple F´C = 210 Kg/cm ²	m ³	22.80	65.48	772.94
Encofrado y desencofrado con madera de monte	m ²	13.30	10.71	142.44
Excavación manual	m ³	5.59	27.17	151.88
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	17.48	13.60	237.72
Tubería PVC-D 75 mm	M	53.20	5.13	272.91
Válvula compuerta 03´´	U	12.66	150.74	1908.36
				3496.25
TOTAL				42,518.19

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.7.2 Costo de PAC al día

Tabla 49-3: Aforo de solución de PAC y costo diario

TEST DE JARRAS (ppm)	AFORO DE LA SOLUCIÓN DE PAC (ml/min)	CANTIDAD DE PAC A UTILIZAR (L/día)	PRECIO DE QUÍMICO POR DÍA (USD)
1	20.00	28.80	16.32
2	30.00	43.20	24.48
3	60.00	86.40	48.96
4	75.00	108.00	61.20

Realizado por: Amado Rea. 2015

3.7.3 Inversión de la empresa

Tabla 50-3: Inversión para el Tratamiento

CANTIDAD ANUAL (KG)	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
748.00	Hipoclorito de calcio (HTH) al 65%	4,10	3066.80
600	Policloruro de Aluminio (PAC) al 68%	0,85	510.00
100	Chemfloc	8,00	800.00
300	Sobres DPD	0,25	75.00
		TOTAL	4,451.80

Realizado por: Amado Rea. 2015

Tabla 51-3: Inversión de implementos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
2	Kit para determinar cloro total y residual	200	400
3	Recipientes de 250 L	150	450
1	Material de plomería	250	250
		TOTAL	1,100.00

Realizado por: Amado Rea. 2015

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se realizara el respectivo análisis y discusión acerca de los inconvenientes presentados en el líquido vital consumido por la población de la Parroquia de San Lorenzo, porque este sector no cuenta con un tratamiento de potabilización y el tanque de reserva solo permite almacenar el agua cruda para su posterior distribución.

En la caracterización Físico-Química y Microbiológica del agua cruda que fue recolectada por quince días en dos meses como se indica en la grafica 30-2, se encontró parámetros fuera de los límites máximos permisibles según la norma NET INEN 1108:2006. Segunda Revisión. Agua Potable y requisitos, como son: 25 UTC color; 30 NTU turbiedad; 54 NPM/100 mL Coliformes Fecales y 82 NPM/100 mL Coliformes Totales. Y debido a la presencia constante de concentraciones elevadas de los parámetros anteriormente mencionados en el líquido vital, se procedió a realizar ensayos de tratabilidad en el laboratorio de la Planta de Potabilización “Chaquishca”, mediante el test de jarras se trabajó con el Policloruro de Aluminio (PAC) y Chemfloc 932 (para lo que es la eliminación de exceso de los parámetros problema: color, turbiedad). Al igual se aplicó Hipoclorito de Calcio para la eliminación de Coliformes Fecales y Totales

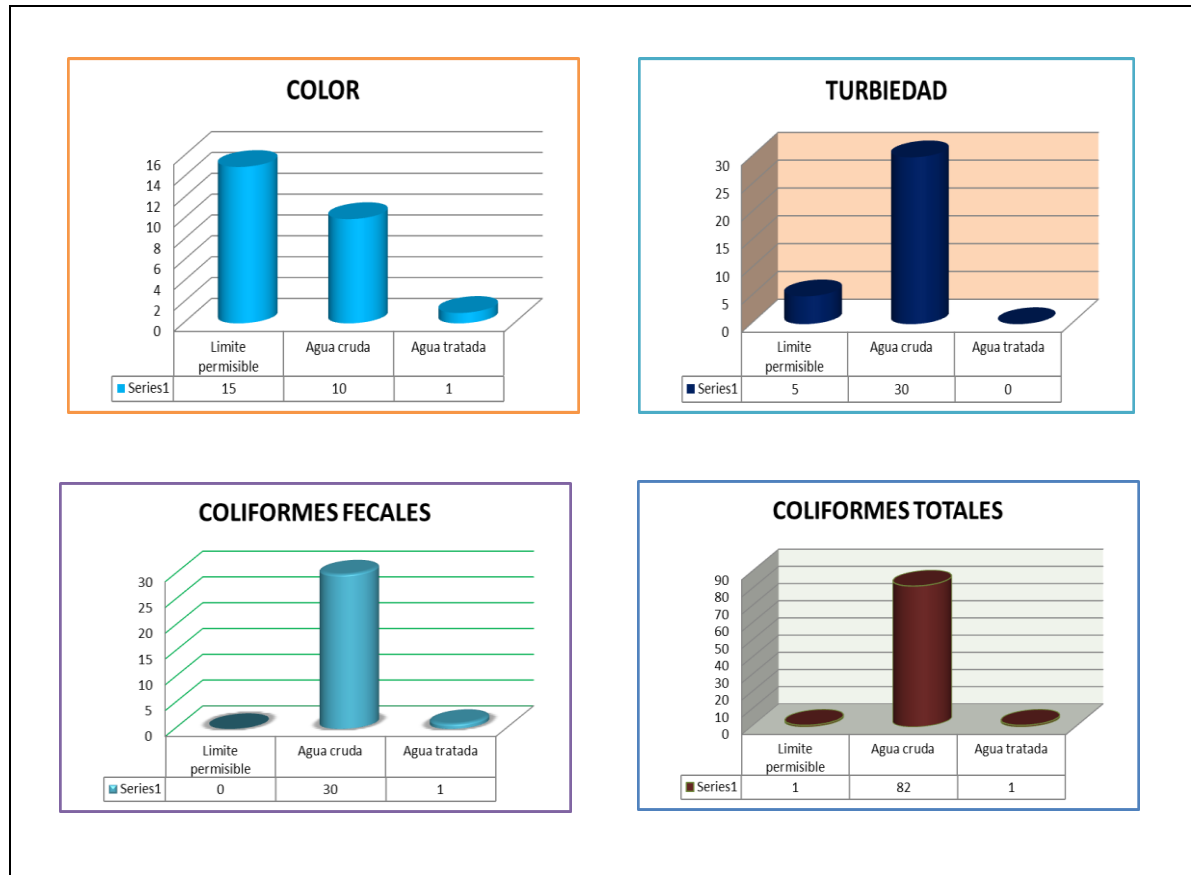
Se trabajó en base a las turbiedades para la realización del test de jarras donde se inició con valores de turbiedad de 30 NTU como valor mínimo y con un máximo de 245 NTU de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de caracterización del agua cruda. En donde se hicieron diferentes pruebas con distintas concentraciones de PAC, con lo que pudimos observar los diferentes cambios que se daban y se encontró las dosificaciones correctas para el proceso de tratabilidad como se puede ver en las tablas 28-2, 29-2, 30-2 y 31-2 logrando en la caracterización Físico-Químico y Microbiológicos obtener resultados óptimos, es decir que están dentro de los límites máximos permisibles de la norma, sin alterar a los demás parámetros como se puede apreciar en las tablas 25-2, 26-2 y 27-2.

A continuación se puede apreciar los resultados que se obtuvo en la prueba de jarras para las distintas turbiedades que se nos presentó en el periodo que realizamos la caracterización Físico-Química y Microbiológica del agua, donde se pueden observar los valores que mejor porcentaje de remoción que se obtuvieron en los ensayos realizados en el laboratorio, cumpliéndose los

parámetros dentro de los límites máximos de permisibles sin producir ninguna alteración a la calidad del agua como se observa en las graficas 1-2, 2-2, 3-2 y 4-2.

En la gráfica 6-4 se puede apreciar los resultados que mejor porcentaje de remoción se obtuvo en el primer ensayo que se realizó, donde se tenía una turbiedad de 30 NTU, entonces se dosificó con 2ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 1 ppm y 1ml de Chemfloc, obteniendo así el descenso de la turbiedad a 0,45 NTU, igualmente los demás parámetros que presentaban inconvenientes como es en el color a un valor de 1 UTC; así mismo con; Coliformes Fecales < 1UFC/100mL; Coliformes Totales < 1UFC/100mL, dando así resultados que se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

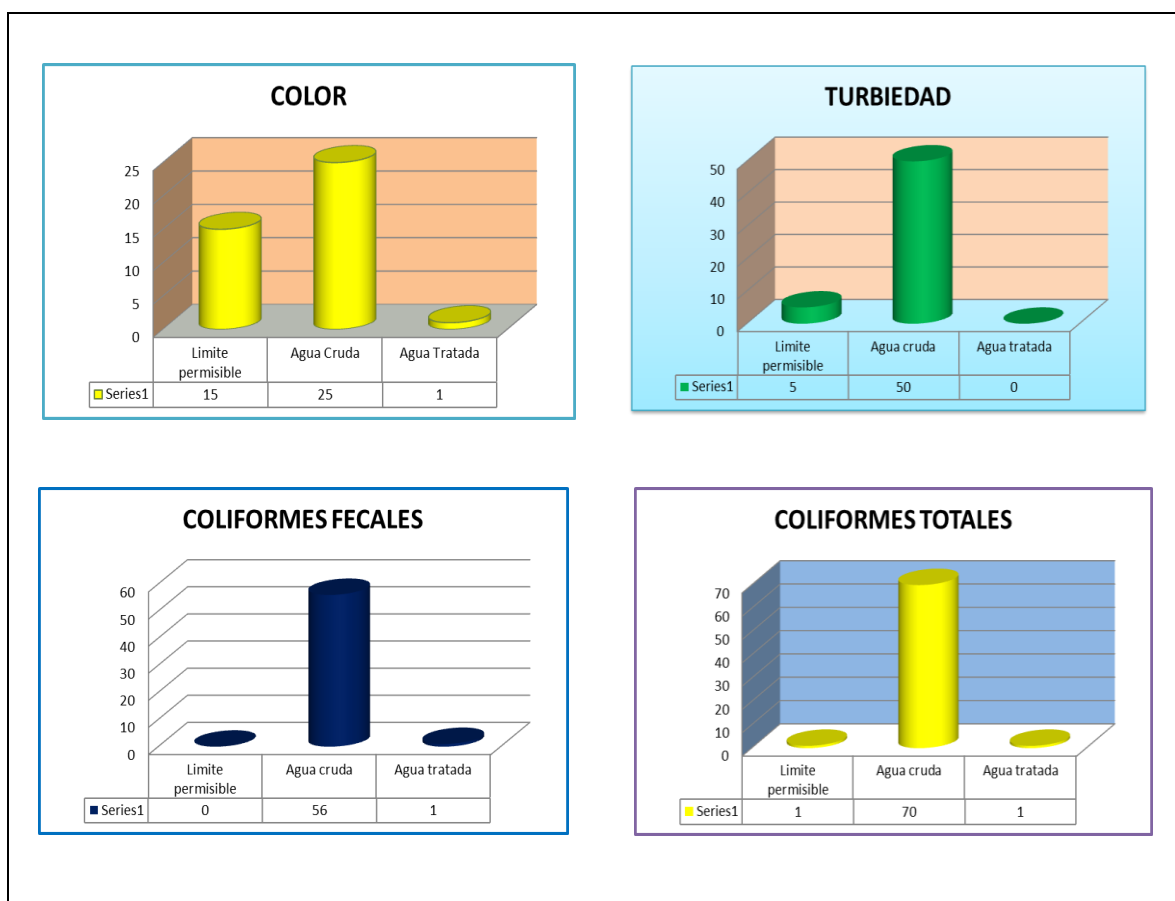
Grafico 5-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 30 NTU



Realizado por: Amado Rea. 2015

En la gráfica 7-4 se puede apreciar los resultados que mejor porcentaje de remoción se obtuvo en el segundo ensayo que se realizó en el laboratorio donde tenía una turbiedad de 50 NTU, y dosificándola con 2ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 2 ppm y 1,25 ml de Chemfloc la turbiedad descendió a 0,58 NTU con un color de 1UTC, Coliformes Fecales < 1UFC/100MI y Coliformes Totales < 1UFC/100mL. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

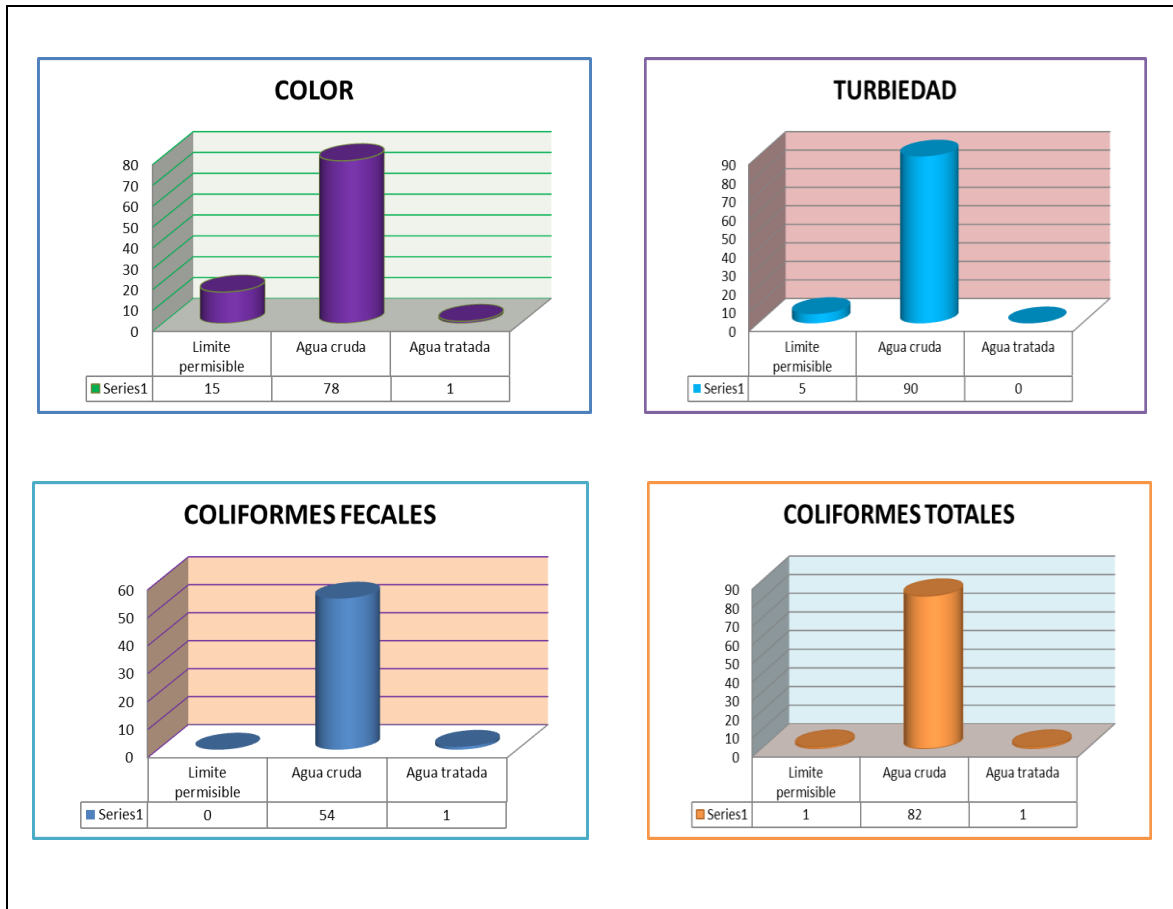
Gráfico 6-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 50 NTU



Realizado por: Amado Rea. 2015

En la gráfica 8-4 se puede apreciar los resultados que mejor porcentaje de remoción se obtuvo en el tercer ensayo realizado, donde tenía una turbiedad de 90 NTU y dosificándolo con 4ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 2 ppm y 2,25 ml de Chemfloc, la turbiedad descendió a 0,63 NTU con un color de 1 UTC, Coliformes Fecales < 1UFC/100mL y Coliformes Totales < 1UFC/100mL. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

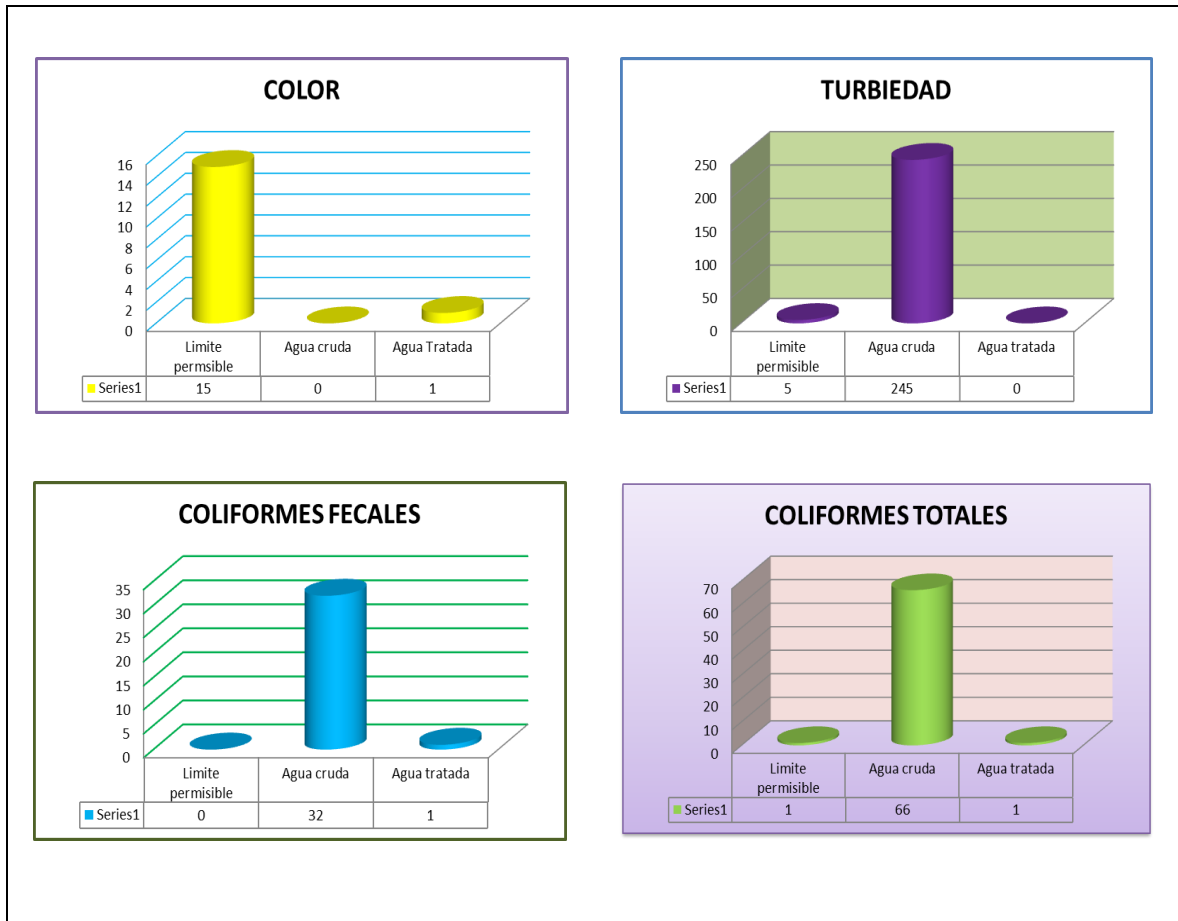
Grafico 7-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 90 NTU



Realizado por: Amado Rea. 2015

En la gráfica 9-5 se puede apreciar los resultados que mejor porcentaje de remoción se obtuvo en el cuarto ensayo que tenía una turbiedad de 245 NTU se dosificó con 2ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 4 ppm y 1,25ml de Chemfloc, obteniendo el descenso de la turbiedad a 0,39 NTU con un color de 1 UTC, Coliformes Fecales < 1UFC/100mL y Coliformes Totales < 1UFC/100mL. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

Grafico 8-3: Resultados de test de jarras con turbiedad 245 NTU



Realizado por: Amado Rea. 2015

Considerando los métodos más adecuados para el Tratamiento de agua Potable para la Parroquia de San Lorenzo, Cantón Guaranda deberá estar conformado por los siguientes procesos: Necesitamos un medidor de caudal (vertedero triangular thompson) para conocer cuál es el caudal con que trabajaremos para el tratamiento de potabilización. Coagulación se aplica para la remoción de turbiedad y color, para que se dé homogéneamente se necesita de una zona fuerte de turbulencia por esta razón se utilizara una Canaleta de Parshall, el cual será el punto de aplicación de un agente coagulante (Policloruro de Calcio). Floculación (Floculador hidráulico de flujo horizontal) es el proceso seguido de la coagulación, donde se da la aglomeración de pequeñas partículas con el fin de formar partículas sedimentables y continuar con el proceso de Sedimentación (Sedimentador de alta tasa), donde se asientan los sólidos suspendidos en un fluido, bajo la acción de la gravedad, el cual permite una gran eliminación de la turbiedad presente en el agua. Filtración (Filtro lento de arena) es el proceso que consiste hacer pasar el agua a través de un lecho de arena para así separar las

partículas y microorganismos que no han podido ser removidos en los procesos de coagulación y sedimentación. Y finalmente es necesario realizar un proceso adicional, el cual es el proceso de desinfección, para eliminar toda clase de contaminaciones y esto lo realizamos mediante la utilización del Hipoclorito de Calcio.

Este método elegido para la potabilización de agua para esta población es el más óptimo debido a que se logró cumplir con las norma NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable y requisitos, así brindando un líquido vital de calidad.

En este proceso no necesita Aireación (Aireador de Bandejas) para la reducción de concentración de Hierro y Manganeseo ya que no contamos con hierro ni manganeseo.

CONCLUSIONES

- En base a los parámetros de calidad para el agua potable establecidos en la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2014 se identificó mediante la caracterización físico-química y microbiológica que el agua proveniente de la vertiente hidrográfica Tingua posee concentraciones de turbiedad hasta 245 NTU, color aparente hasta 156.47 UTC, coliformes totales hasta 82 NMP/100 ml y coliformes fecales hasta 56 NMP/100 ml, hallándose fuera de los límites máximos permisibles para el consumo humano.
- Se identificó que las variables del proceso que se requieren para el diseño de la planta de tratamiento son: el caudal de diseño (38 L/s) y la proyección de población futura (8681 hab).
- Las variables empleadas en el diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Lorenzo son la Proyección Futura (Población Futura, Dotación Básica, Dotación Futura, Consumo Medio diario, Caudal Máximo diario, Caudal máximo horario, Caudal de Captación) y Procesos de Potabilización (Mezcla Rápida, Floculador de flujo horizontal, Sedimentador Laminar, Filtro Lento de arena y grava, Desinfección).
- Se realizó pruebas de tratabilidad en el laboratorio de la Planta de Potabilización “CHAQISHCA” de la EP-EMAPAG, donde se consiguió reducir todos los valores que estuvieron fuera de los límites permiscibles de la norma NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión, mediante la realización del test de jarras ayudado del coagulante PAC y el floculante Chemfloc.
- Se validó el tratamiento propuesto con los resultados de la caracterización Físico-Químicos y Microbiológica del agua tratada , observándose que todos los parámetros cumplen con los requisitos especificados en la Norma INEN 1108.:2014. Quinta Revisión y concluyendo que el diseño propuesto para el tratamiento de potabilización de agua para la Parroquia de San Lorenzo es el ideal, debido a que proporciona agua de calidad, se elaboraron los planos de las infraestructuras que conformaran la planta de tratamiento de agua potable en base a los cálculos obtenidos.
- En base a los cálculos de ingeniería reportados en el resultado del diseño se realizaron los planos de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Lorenzo.

RECOMENDACIONES

- Usar la concentración y dosificación adecuada del PAC, debido que la saturación de este químico en el agua que se está tratando, puede ocasionar problemas en el color real del agua que puede confundirse con presencia de turbiedad.
- La concentración de cloro que se utiliza en la desinfección debe ser la correcta para evitar un exceso de cloro residual al final de la red de distribución, para evitar problemas con los residuos de la cloración en especial de los trihalometanos.
- Que se lleve un cronograma de mantenimiento trimestral para el desfogue de lodos, cuya disposición final sería tratando mediante un lecho de secado mediante el cual se eliminaría la humedad por infiltración y posteriormente se enterrarían estos lodos.
- Deberán realizarse trabajos de mantenimiento de la planta, para que la evacuación de los lodos sea lo más rápido posible y para que los filtros trabajen eficientemente, al igual un mantenimiento permanente a las placas que se implementen, con una limpieza mensual.
- Aplicar el estudio realizado, implementando la planta de tratamiento de agua potable en la Parroquia San Lorenzo, para obtener un abastecimiento de agua óptimo y seguro para el consumo y desarrollo de sus actividades.
- Para el caudal de diseño se recomienda el uso del vertedero triangular de pared delgada ya que es más preciso para la medición de un amplio rango de caudal que los vertederos rectangulares.
- Hasta la implementación de esta investigación se recomienda que se lleve un mantenimiento correctivo del tanque recolector distribuidor para evitar la circulación de sólidos en el interior del mismo así como también la dosificación de cloro granulado o Hipoclorito de Calcio para eliminar las bacterias presentes y evitar las enfermedades de origen hídrico a la población.

BIBLIOGRAFIA

- **ARBOLEDA, Jorge.** *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.* 3.ed, Bogotá- Colombia. Editorial nomos. Tomo I. 2000, pp. 145-267; 364-582.
- **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.** *Agua su calidad y tratamiento.* 2. ed., DF - México. McGraw-Hill. 2002, pp. 6 – 7.
- **BADUI, Salvador.** *Química de Alimentos.* 4. ed., Pearson Educación. Naucalpan de Juárez Edo de México - México. 2006, pp. 1
- **BRITO, Nancy.** *Alternativa de Potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del Aeropuerto Internacional de la ciudad de México.* (Tesis). Ingeniero Civil. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Civil. México D.F.-México. 2007. pp. 5-39.
- **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN.** Norma Técnica Ecuatoriana – *Requisitos para el agua Potable INEN 1108., Segunda Revisión.* Quito – Ecuador. 2006, pp. 3 - 6.
- **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN,** Norma Técnica - Ecuatoriana- *Requisitos para el agua Potable INEN 1108:2011.,* 2da. Ed., Quito – Ecuador., 2011.
- **EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA.** *Emapa Guaranda.* 2013. <http://www.emapag.gob.ec> 2014-02-01.
- **FLOCULADORES.** *Tratamiento manual II.* PDF. 2013, pp. 91-96; 103-105. http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf 2014-04-01.

- **FRANK, N; et al. Sapiens;** . *Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. 2. ed., Naucalpan de Juárez - México. McGraw-Hill. 1992. TOMO I, pp. 1; 4-6. TOMO III, pp. 1; 4.
- **GUERRERO R.,** *Manual de tratamiento de aguas.*, México D.F: Limusa, 2000.Pp. 1-10.
- **MEDIDOR PARSHALL.** *Canal Parshall.* PDF. 2001, pp. 6; 24 http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf. 2014-04-05.
- **MIHELICIC, James. ; ZIMMERMAN, Julie.** *Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño.*, DF – México. Alfaomega. 2011, pp. 408; 416; 422.
- **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Tratamiento de Agua. Normas de agua potable.* 3. ed., 2006. Capítulo 1, pp. 11; 27; 147 – 150. Capítulo 8, pp. 417-422; 440-441; 449; 486-490. www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf 2014-02-15.
- **ROMERO, Jairo.** *Calidad del Agua.* 3. ed., Bogotá - Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009, pp. 337; 346
- **RUSSELL. DAVID.** *Tratamiento de aguas, un enfoque práctico.*, Barcelona-España. Reverté S.A. 2012, pp. 10-11
- **SIERRA, Carlos.** *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico.*, Medellín - Colombia. Universidad de Medellín. 2011, pp. 28; 55-57; 82-87
- **TEBBUTT, T.H.** *Fundamentos de control de la calidad del agua.* 2a.ed, México D.F – México. Editorial Limusa. 1999, pp. 220-239.

ANEXOS

ANEXO A

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108:2006. Segunda revisión



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito – Ecuador

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006

Segunda Revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.

AL 01.06-401

CDU: 644.61

CIU: 4200

ICS: 13.060.20

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2006 SEGUNDA REVISIÓN AGUA POTABLE. REQUISITOS

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. DEFINICIONES

3.1 *Agua potable*. Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.2 *Agua cruda*. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

3.3 Límite máximo permitido. Límite máximo permisible. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.

3.4 *UFC/ml*. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.5 *NMP*. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

3.6 *mg/l*. (miligramos por litro). Unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.7 *mg/l*. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.8 *Microorganismo patógeno.* Son los causantes de enfermedades para el ser humano.

3.9 *Plaguicidas.* Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.10 *Desinfección.* Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.11 *Subproductos de desinfección.* Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.12 *Radio nucleido.* Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.

3.13 *MBAS, ABS.* Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.

3.14 *Cloro residual.* Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.15 *Dureza total.* Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

3.16 *Sólidos totales disueltos.* Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

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

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
pH	---	6,5 – 8,5
Sólidos totales	mg/l	1 000
Sólidos disueltos	mg/l	500
Conductividad	μS/cm	< 1250
Inorgánicos		
Alcalinidad	mg/l	250 –300
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH3)	mg/l	< 0,5
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Bicarbonatos	mg/l	250 – 300
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Calcio, Ca	mg/l	70
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, CaCO3	mg/l	200
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	> 1,5
Fósforo, (P-PO4)	mg/l	< 0,3
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Magnesio, Mg	mg/l	30 - 50
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO3	mg/l	< 40
Nitritos, N-NO2	mg/l	0,01
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01

Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	µg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	µg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
Radiactivos	mg/l	
Radiación total α**	Bg/l	0,1
Radiación total β ***	Bg/l	1,0
<p>1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu. ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra.</p>		

Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Alcanos clorinados	µg/l	2
tetracloruro de carbono		20
Diclorometano		30
1,2 dicloetano		2 000
1,1,1 – tricloetano		
Etanos clorinados	µg/l	5
Cloruro de vinilo		30
1,1 dicloroetano		50
1,2 dicloroetano		70
tricloroetano		40
Tetracloroetano		
Hidrocarburos Aromáticos	µg/l	10
Benceno		170
Tolueno		500
Xileno		200
Etilbenceno		20
Estireno		
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	µg/l	0.3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	µg/l	0,01
benzo (a)pireno		0,03
benzo (a)fluoranteno		0,03
benzo (k)Fluoranteno		0,03
benzo (ghi)pirileno		
indeno (1,2,3-cd)pireno		
Bencenos clorinados	µg/l	300
monoclorobenceno		1 000
1,2-diclorobenceno		300
1,3-diclorobenceno		20
1,4-diclorobenceno		
triclorobenceno (total)		
di(2-etilhexil)adipato	µg/l	80
di(2-etilhexil) ftalato	µg/l	8
acrylamida	µg/l	0,5
epiclorohidrin	µg/l	0,4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA	µg/l	200
Ácido nitrotriácético	µg/l	200
Dialquil	µg/l	

Oxido tributiltin	µg/l	2
-------------------	------	---

Pesticidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Alaclor	µg/l	20
Aldicarb	µg/l	10
Aldrin/dieldrin	µg/l	0,03
Atrazina	µg/l	2
Bentazona	µg/l	30
Carbofuran	µg/l	5
Clordano	µg/l	0,2
Clorotoluron	µg/l	30
Diclorodifeniltricloroetano DDT	µg/l	2
1,2-dibromo-3-cloropropano	µg/l	1
2,4-ácido diclorofenoxiacético 2,4-D	µg/l	30
1,2- dicloropropano	µg/l	20
1,3-dicloropropeno	µg/l	20
Heptacloro y heptacloro epoxi de etilendibromide	µg/l	0,03
Hexaclorobenceno	µg/l	1
Isoproturon	µg/l	9
Lindano	µg/l	2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	µg/l	2
Metoxycloro	µg/l	10
Molinato	µg/l	6
Pendimetalin	µg/l	20
Pentaclorofenol	µg/l	9
Permetrin	µg/l	20
Propanil	µg/l	20
Piridato	µg/l	100
Simazina	µg/l	2
Trifluralin	µg/l	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPa 2,4-DB	µg/l	90
Dicloroprop	µg/l	100
Fenoprop	µg/l	9
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	µg/l	2
Mecoprop	µg/l	10
2,4,5-T	µg/l	9

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina, di y tricloramina	µg/l	3
Cloro	µg/l	5

Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Bromato	µg/l	25
Clorito	µg/l	200
Clorofenoles		
2,4,6-triclorofenol	µg/l	200
Formaldehído	µg/l	900
Trihalometanos		
Bromoformo	µg/l	100
diclorometano		100
bromodichlorometano		60
cloroformo		200
Ácidos acéticos clorinados		
ácido dicloroacético	µg/l	50
ácido tricloroacético		100
Hidrato clorado		
Tricloroacetaldeido	µg/l	10
Acetonitrilos Halogenados		
Dicloroacetonitrilo		90
Dibromoacetonitrilo	µg/l	100
Tricloroacetonitrilo		1
Cianógeno clorado (como CN)	µg/l	70

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos:

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2*
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2*
Criptosporidium número de quistes//100 litros	Ausencia
Giardia Lamblia número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo	
(1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.	

6.INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo a lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los Métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods) especificados en su última edición.

ANEXO B

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108:2014. Quinta revisión



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito – Ecuador

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2014-01

Quinta Revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

ICS: 13.060.20

1.OBJETO

1.1. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2.CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3.REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 ufc/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

4.1.7 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

4.1.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

4.1.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

4.1.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

4.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN-	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 1)
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
-	mg/l	50
-	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<p>1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos</p> <p>* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu</p>		

TABLA 2. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo Permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s- triazína	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003

Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

TABLA 3. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

6.INSPECCION

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. METODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido

ANEXO C.

BOLETÍN TÉCNICO

PAC -08

BENEFICIOS:

- Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
- Solubilidad Total en agua.
- No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
- No afecta el pH del agua tratada.
- Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
- Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
- No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

CARACTERÍSTICAS TECNICAS:

Apariencia:	Líquido amarillo - marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.25 ± 0.1
PH puro:	2.7 ± 0.5
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0
% Cloruros:	25 ± 0.5
% Basicidad relativa:	40 ± 1.5
Viscosidad a 25°C:	30 ± 0.5 mPas

DOSIS:

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.
- Se recomienda revisar las hojas de seguridad del producto.

ALMACENAMIENTO:

- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

ANEXO D.

PRODUCTO NEUTRO

FLOCULANTE N-100

BENEFICIOS DEL PRODUCTO:

- Este producto es diseñado para facilitar y acelerar la aglomeración de floculo.
- Las reacciones son muy rapidas; el 85% del floculante se absorbe dentro de 10 segundos, en combinación con productos catiónicos o anionicos.
- No causa incrustaciones ni taponamiento de filtros.
- No son corrosivos en concentraciones de dosificación.
- No varia el pH del agua tratada.

CARACTERISTICAS FISICAS:

Producto presentación original:

Color: Blanco

Apariencia: Granular

Forma: Solido

Olor: Ninguno

El floculante neutro es una formulación de polímeros organicos No ionicos (Poliacrilamidas), usado en solución acuosa.

DOSIS

La dosis del floculante neutro generalmente esta en el rango de 0.5 a 5 ppm, para tratamiento de agua para consumo.

ALIMENTACION:

Debe aplicarse a la línea de agua en solución acuosa al 0.1%.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, fundas plásticas en un lugar cubierto y seco. Una vez abierta la funda evitar el contacto con agua a no ser que se vaya a realizar la mezcla a inyectarse.
- El producto en solución pasados los 30 días va perdiendo efectividad.
- No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACION:

- Fundas plásticas de 25 kg presentación en solido.
- Tanques de 220 kg, en solución 0.1%.

ANEXO E.

ARENA Y GRAVA SILISICA

FICHA TECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INFORMACION GENERAL:

- Producto utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- La grava silisica debido a su alta resistencia, ha sido ampliamente utilizada en sistemas de filtración para retener solidos suspendidos y disminuir la turbidez en el agua tratada.
- Existen variadas granulometrías dependiendo del uso final, para sistemas de presión y gravedad se recomienda el uso de la Malla N°16 (aproximadamente 0.6 a 1.2cm).

CARACTERISTICAS FISICAS:

COLOR: Plomo a Marron

MALLA N°: 16

FORMA: Solido

OLOR: Ninguno

SOLUBILIDAD: No aplicable

DENSIDAD APARENTE: 1.25 g/cc a 20°C

MANEJO Y APLICACIÓN

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, como soporte para otros materiales como arena o carbón.
- Para eliminación de solidos y turbidez en el agua, se recomienda las siguientes proporciones:
 - ✓ En sistemas de gravedad el 15%
 - ✓ El sistema de presión el 20-25%. En relación al volumen total del equipo o sistema a utilizar.

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación con ojos y piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos en un lugar seco.
- El producto no es perecible.
- No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACION:

Sacos de 50 kg presentación.

CONTROL DE CALIDAD:

PRODUCTO:	GRAVA SILISICA	STANDAR
Origen:	Rio/ Cando rodado	-----
Cantidad:		-----
Aspecto:		SOLIDO
Color:		PLOMO/ MARRON
Granulometría:		MALLA #16
Fecha de Elaboracion:		-----
N° Lote		-----
Fecha de Expiracion:		-----

ANEXO F.

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA PARA EL DISEÑO

Nº	AÑOS PROYECTADOS	POBLACIÓN FUTURA
0	2015	6498
1	2016	6624
2	2017	6753
3	2018	6885
4	2019	7019
5	2020	7156
6	2021	7296
7	2022	7438
8	2023	7583
9	2024	7731
10	2025	7882
11	2026	8035
12	2027	8192
13	2028	8352
14	2029	8515
15	2030	8681

Realizado por: Amado Rea


VALORES DE LA RELACIÓN PESO ESPECÍFICO Y VISCOSIDAD ABSOLUTA

Temperatura °C	$\sqrt{\gamma\mu}$
0	2336.940
4	2501.560
10	2736.530
15	2920.010
20	3114.640
25	3266.960

Fuente: Romero, Jairo. (2008).

ANEXO G.

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA CRUDA

 RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA SAN LORENZO									
PARAMETROS	UNIDAD	MONITOREADA CON VARIACIÓN DE CALIDAD							
		20-abr		30-abr		06-may		20-may	
COLOR	UTC	10.00	1.00	25.00	1.00	78.00	1.00	156.47	1.00
TURBIEDAD	NTU	30.00	0.42	50.00	0.55	90.00	0.63	245.00	0.61
pH	.....	6.98	7.00	7.16	7.15	7.12	7.10	7.46	7.50
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	105.37	95.64	114.28	89.06	73.42	72.36	94.32	89.54
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	56.83	38.54	46.24	37.62	45.62	41.67	45.60	37.42
TEMPERATURA	° C	18.80	17.35	14.86	15.23	13.58	14.05	13.57	13.24
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.20	1.06	1.15	1.18	1.08	1.12	0.92	1.08
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.009	0.008	0.009	0.006	0.008	0.009	0.005	0.007
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.64	0.62	0.76	0.59	0.52	0.46	0.57	0.64
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00
FLUORUROS (F)	mg/L	0.54	0.47	0.57	0.62	0.45	0.52	0.38	0.46
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.07	0.04	0.05	0.004	0.07	0.05	0.08	0.06
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.008	0.007	0.008	0.009	0.006	0.008	0.008	0.006
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.009	0.009	0.009	0.007	0.007	0.006	0.005	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	80.00	80.00	86.00	86.00	92.00	92.00	84.00	84.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.006	0.006	0.008	0.007	0.009	0.007	0.009	0.006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.97	0.85	0.72	0.65	0.74	0.70	0.76	0.72
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.009	0.008	0.006	0.008	0.008	0.006	0.007	0.008
COBALTO (Co)	mg/L	0.005	0.005	0.007	0.005	0.007	0.007	0.007	0.009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.31	0.33	0.36	0.43	0.32	0.46	0.14	0.21
BROMO (Br)	mg/L	1.13	1.10	1.57	1.50	1.34	1.42	1.95	2.04
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.65	0.60	0.31	0.41	0.35	0.37	0.26	0.34
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.009	0.007	0.007	0.008	0.009	0.007	0.008	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	12.00	8.00	11.00	10.00	12.00	8.00	14.00	12.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	82	< 1**	70	< 1**	82	< 1**	66	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	30	< 1**	56	< 1**	54	< 1**	32	< 1**

FUENTE: Laboratorio de control de calidad E.P - EMAPA -G

Ing. Qui Raul Allan

TÉCNICO LABORATORIO PLANTA E.P EMAPA-G



ANEXO H.

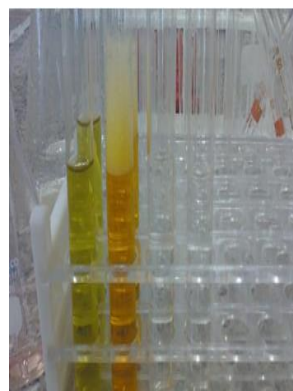
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	Lámina	Escala	Fecha
			1		2015/08/17

ANEXO I.

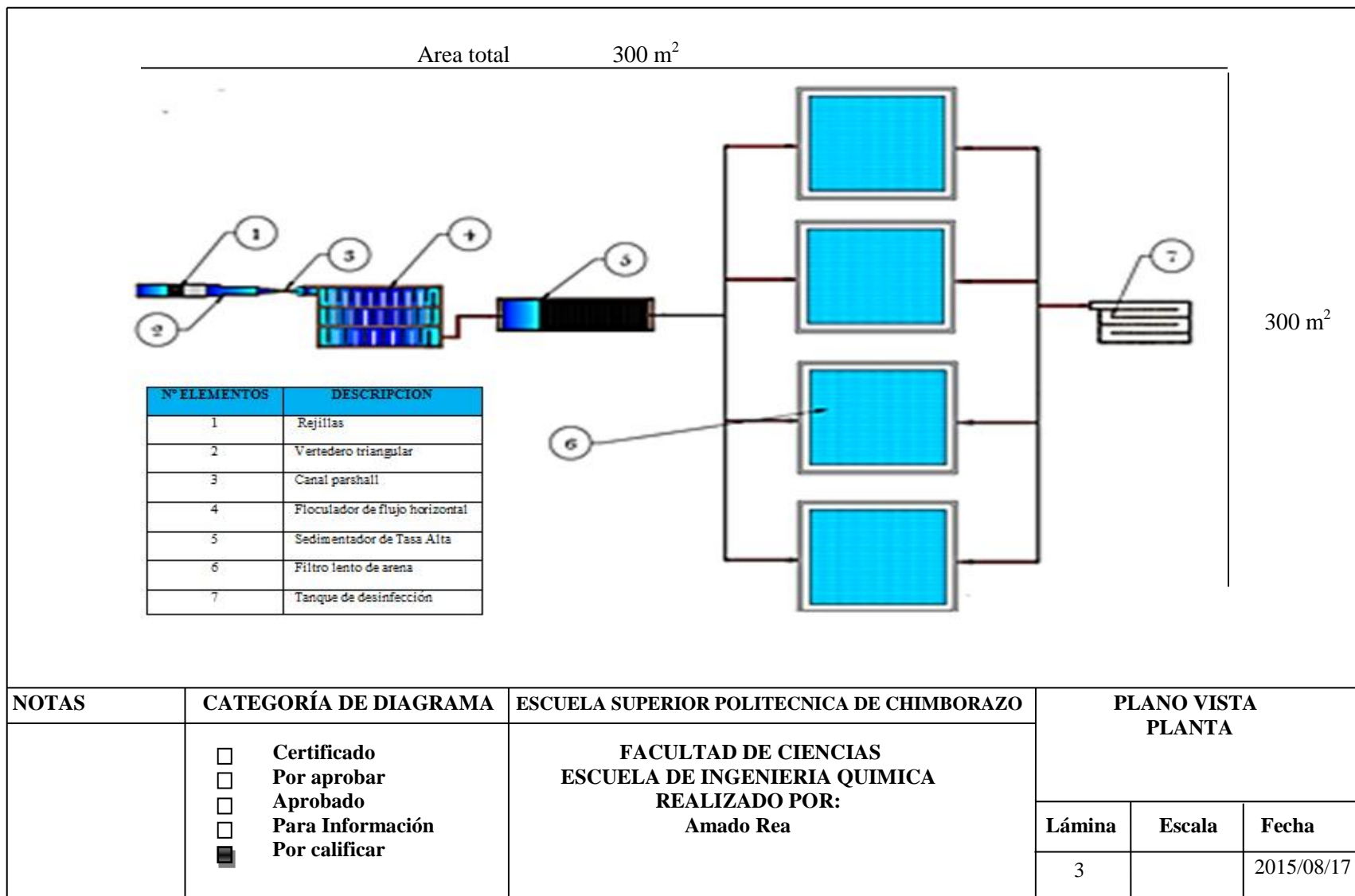
ANALISIS FISICOS-QUIMICOS



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ANALISIS FISICOS-QUIMICOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	Lámina	Escala	Fecha
			2		2015/08/17

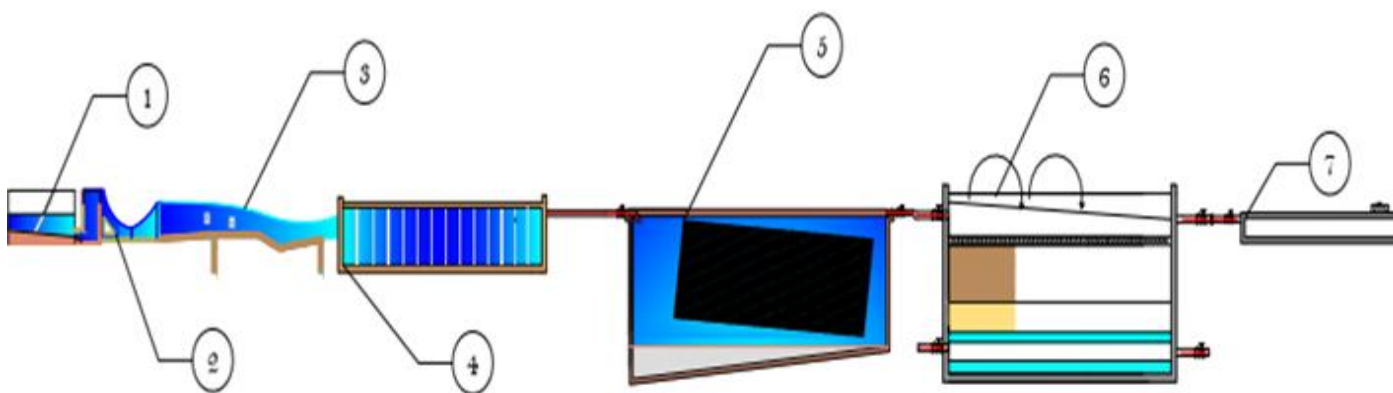
ANEXO J.

PLANO VISTA PLANTA



ANEXO K.

PLANO CORTE LONGITUDINAL

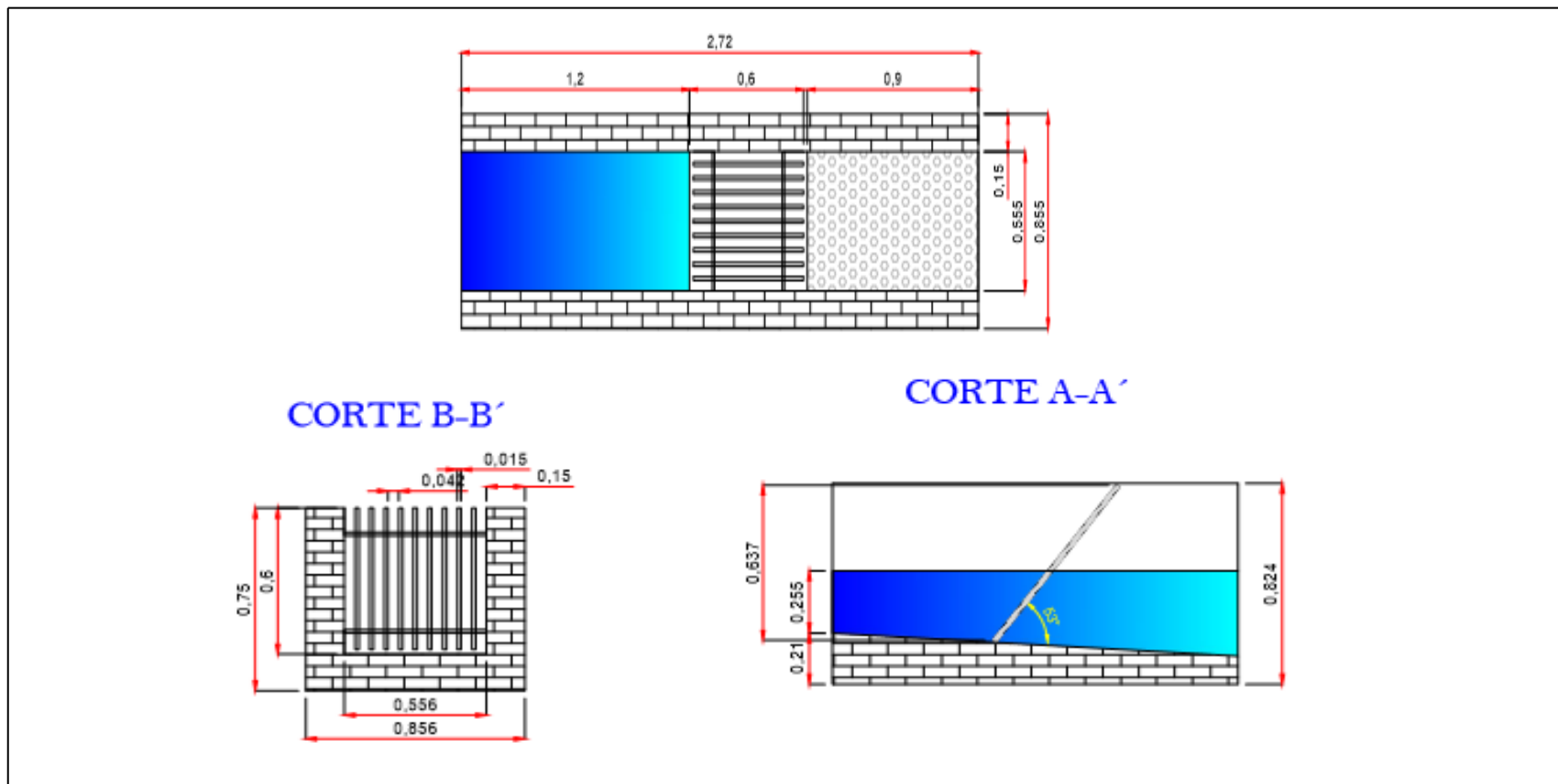


Nº ELEMENTOS	DESCRIPCION
1	Rejillas
2	Vertedero triangular
3	Canal parshall
4	Floculador de flujo horizontal
5	Sedimentador de Tasa Alta
6	Filtro lento de arena
7	Tanque de desinfección

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	PLANO CORTE LONGITUDINAL		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	Lámina	Escala	Fecha
			4		2015/08/17

ANEXO L.

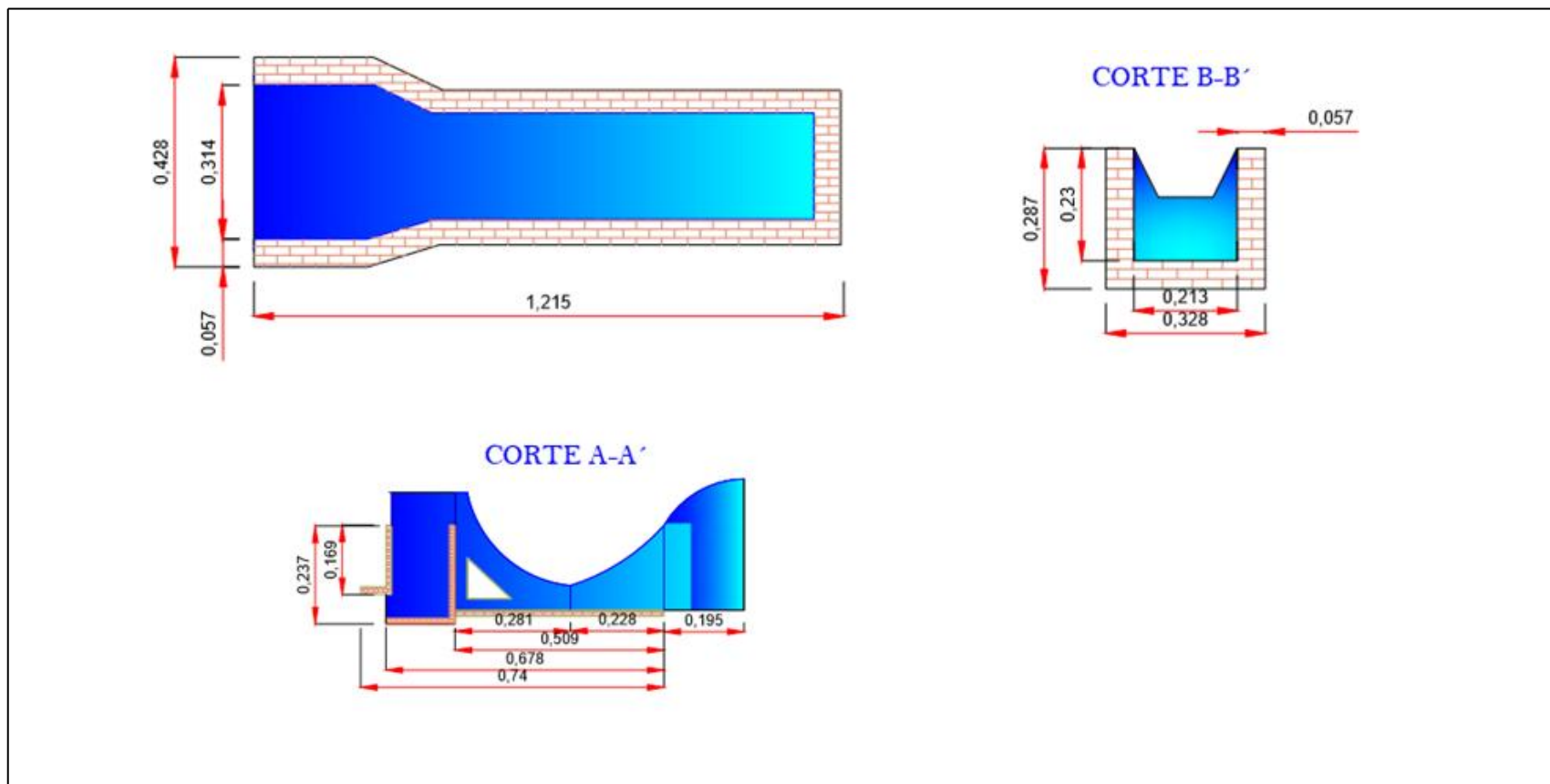
PLANO A DETALLE DE REJILLAS



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	PLANO A DETALLE DE REJILLAS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	Lámina	Escala	Fecha
			5		2015/08/17

ANEXO M.

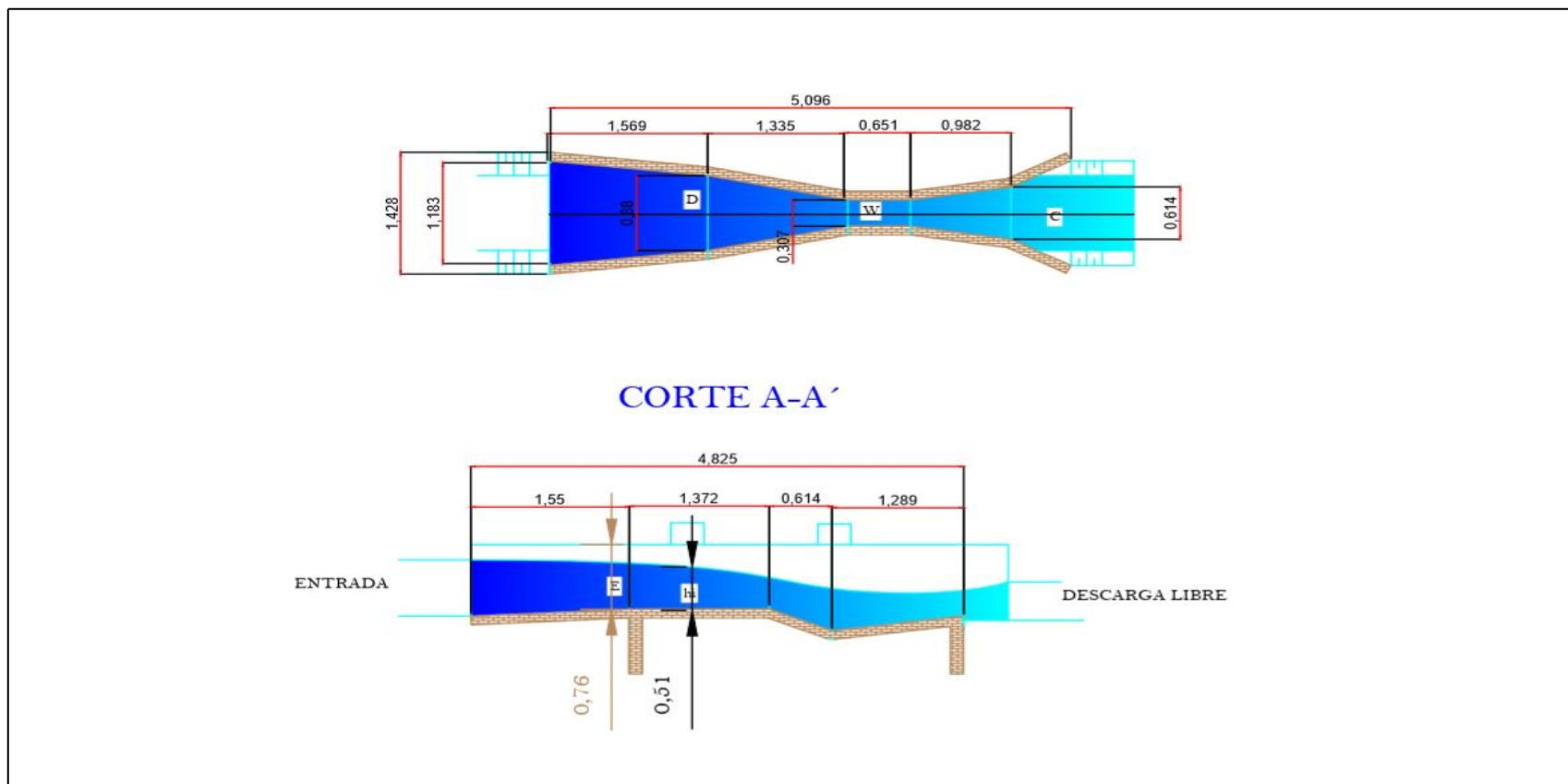
PLANO A DETALLE DEL VERTEDERO



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	PLANO A DETALLE DEL VERTEDERO		
			Lámina	Escala	Fecha
			6		2015/08/17

ANEXO N.

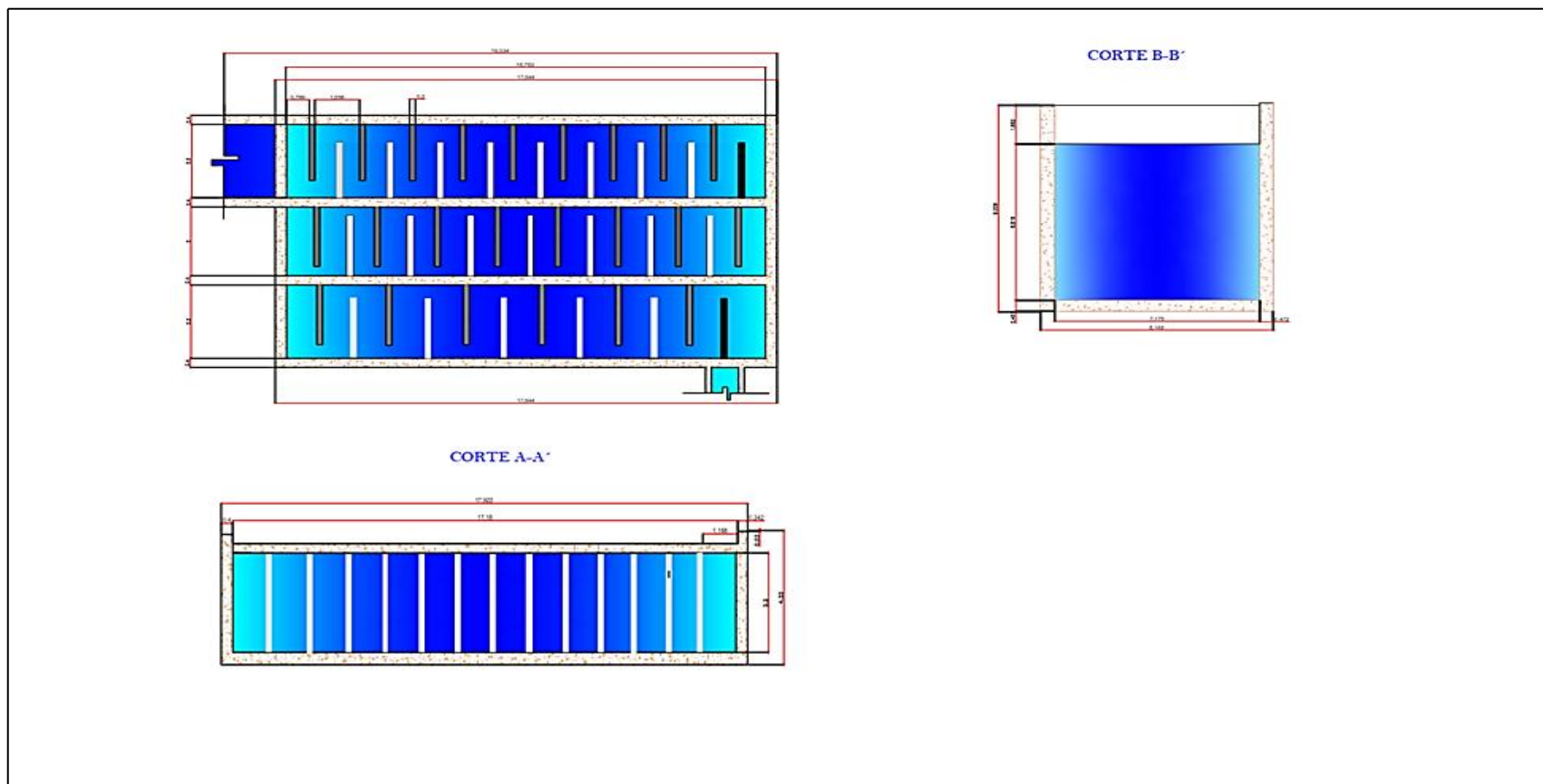
PLANO DEL CANAL PARSHAL



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	PLANO DEL CANAL PARSHALL		
			Lámina	Escala	Fecha
			7		2015/08/17

ANEXO O.

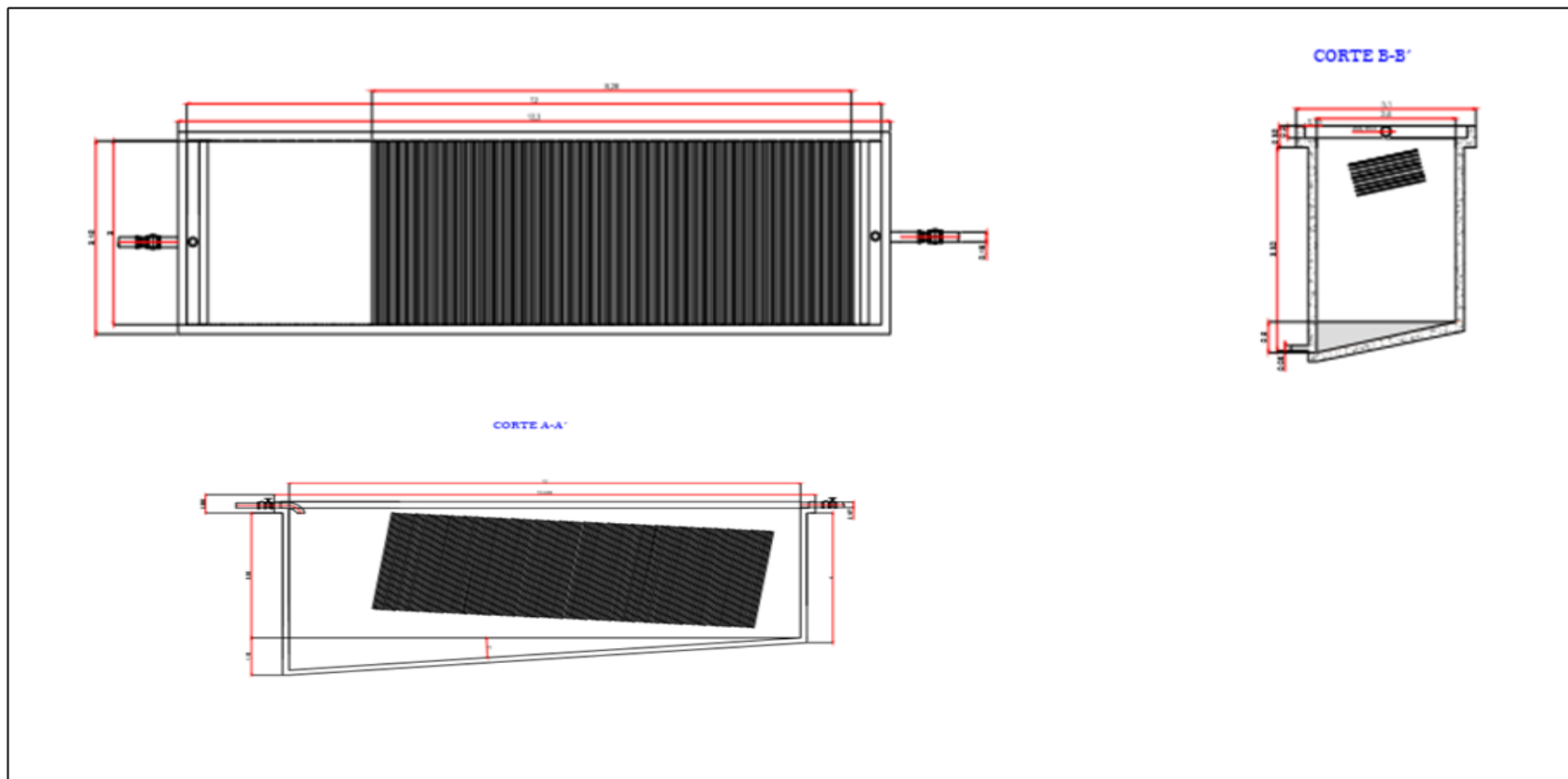
PLANO DEL FLOCULADOR HORIZONTAL



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	PLANO DEL FLOCULADOR HORIZONTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
			8		2015/08/17

ANEXO P.

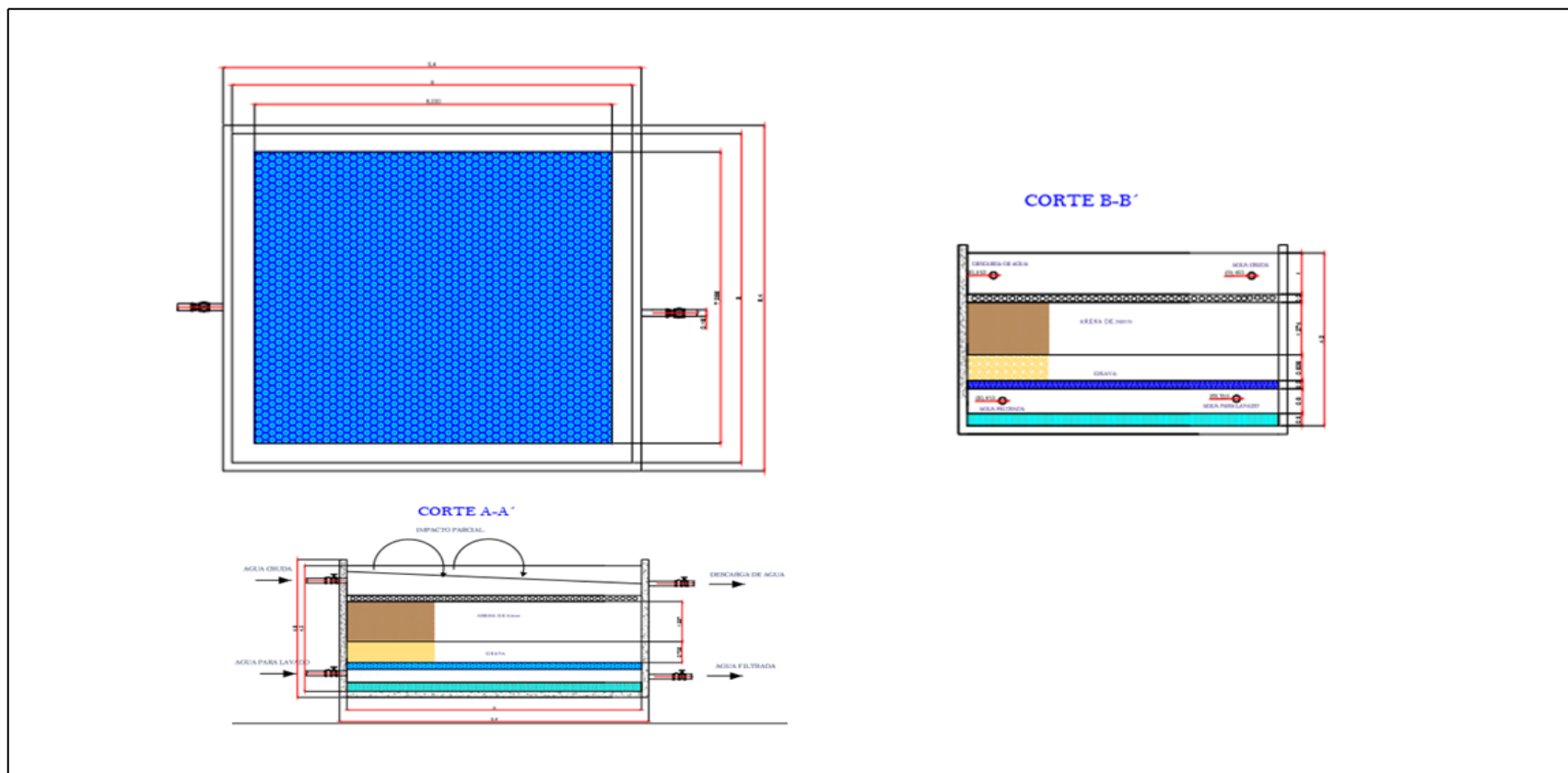
PLANO DEL SEDIMENTADOR DE TASA ALTA



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea	PLANO DEL SEDIMENTADOR DE TASA ALTA		
			Lámina	Escala	Fecha
			9		2015/08/17

ANEXO Q.

PLANO FILTRO LENTO DE ARENA



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	PLANO FILTRO LENTO DE ARENA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Amado Rea				Lámina	Escala	Fecha
			10		2015/08/17