



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
SERVIDAS DE LOS POZOS DE CAPTACIÓN EN LA PARROQUIA  
RURAL MATUS DEL CANTÓN PENIPE”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: ULISES RIGOBERTO GUANGA INCA**

**TUTOR: ING. HUGO CALDERÓN**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

*Mi eterno e interminable agradecimiento a Dios nuestro creador, a mi Madre Dolorosa, a mi Virgencita del Quinche, y al Señor de la Justicia al ofrecerme su inmensa sabiduría acogiéndola para poder cumplir esas metas tan anheladas y saber superar esos obstáculos de nuestro diario trajinar.*

*En el seno familiar a mis padres y hermanos, tías/os y familiares los cuales con ese don de gente y su cariño, me supieron inculcar valores éticos y morales, para superarme cada día y procurar un presente, futuro con esa humildad que nos caracterizan como familia.*

*En el ente académico a mi asesor docente de tesis Ing. Hugo Calderón y a la colaboradora Ing. Mónica Andrade los mismos que con sus conocimientos y experiencias magistralmente supieron tutelar en este tema de investigación.*

*Al Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Rural Matus por auspiciarme con el proyecto de investigación.*

**ULISES RIGOBERTO GUANGA INCA**

*Con perenne agradecimiento y placidez dedico el presente trabajo de investigación en general a mi familia, en exclusiva a mis Padres: Riguito y Elvita, los mismos que son el sostén del hogar y por el apoyo ilimitado, a mi tía Rosita por ese sigue adelante en horas difíciles, a mi hermano Darío por estar ahí en las buenas y las malas, por todo eso y más, ustedes son el origen de esta superación, y el motor más magno que poseo para que cada día sea un nuevo renacer.*

**ULISES RIGOBERTO GUANGA INCA**

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

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “ **DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LOS POZOS DE CAPTACIÓN EN LA PARROQUIA RURAL MATUS DEL CANTÓN PENIPE**” de responsabilidad del señor Ulises Rigoberto Guanga Inca ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Nancy Veloz	-----	-----
<b>DECANA FACULTAD DE CIENCIAS</b>		
Dr. Juan Marcelo Ramos	-----	-----
<b>DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>		
Ing. Hugo Calderón	-----	-----
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>		
Ing. Mónica Andrade	-----	-----
<b>MIEMBRO - TRIBUNAL</b>		
<b>COORDINADOR SISBIB ESPOCH</b>	-----	-----
<b>NOTA DE TESIS</b> -----		

## HOJA DE RESPONSABILIDAD

*“Yo, **ULISES RIGOBERTO GUANGA INCA**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**”*

-----

ULISES RIGOBERTO GUANGA INCA

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>1.1. Captaciones de Aguas Servidas</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>1.1.1. Categorías de obras de captación</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>1.1.2. Pozo u obra de captación</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>1.1.3. Sistemas de captación de aguas servidas</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>1.1.4. Sistemas de transporte de aguas servidas</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>1.1.5. Problemas en los pozos de captación de aguas servidas</b> .....	<b>- 4 -</b>
<b>1.2. Aguas servidas</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>1.2.1. Clasificación de aguas servidas</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>1.2.1.1. Aguas Blancas.</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>1.2.1.2. Aguas Grises.</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>1.2.1.3. Aguas Negras.</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>1.2.1.4. Domésticas.</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>1.2.1.5. Industriales.</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>1.2.1.6. Infiltración y caudal adicionales.</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>1.2.1.7. Pluviales.</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>1.2.2. Características del agua servida</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>1.2.2.1. Características Físicas.</b> .....	<b>- 8 -</b>
<b>1.2.2.2. Características Químicas Inorgánicas.</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>1.2.2.3. Características Químicas de compuestos orgánicos agregados.</b> ...	<b>- 13 -</b>
<b>1.2.2.4. Características Biológicas.</b> .....	<b>- 14 -</b>
<b>1.3. Tratamiento de aguas servidas</b> .....	<b>- 15 -</b>
<b>1.3.1. Contaminantes considerados para el tratamiento de aguas servidas</b> -	<b>15 -</b>
<b>1.3.2. Clasificación de tipos de tratamiento</b> .....	<b>- 16 -</b>
<b>1.3.2.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar.</b> .....	<b>- 16 -</b>
<b>1.3.2.2. Tratamiento Primario</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>1.3.2.3. Tratamiento Secundario</b> .....	<b>- 17 -</b>

1.3.2.4.	Tratamiento Terciario. ....	- 17 -
1.4.	Definición de Diseño del sistema de aguas servidas .....	- 21 -
1.5.	Etapas del Sistema de Tratamiento de aguas servidas.....	- 22 -
1.5.1.	<i>Pretratamiento o tratamiento preliminar</i> .....	- 22 -
1.5.1.1.	Sistema de transporte de conducción .....	- 22 -
1.5.1.2.	Medición del caudal. ....	- 24 -
1.5.1.3.	Cribado. ....	- 25 -
1.5.2.	<i>Tratamiento Primario</i> .....	- 27 -
1.5.2.1.	Coagulación-Floculación.....	- 27 -
1.5.2.2.	Sedimentación. ....	- 29 -
1.5.3.	<i>Tratamiento Terciario</i> .....	- 32 -
1.5.3.1.	Desinfección. ....	- 32 -
1.5.4.	<i>Tratabilidad del agua servida en Laboratorio</i> .....	- 34 -
1.5.4.1.	Método de jarras. ....	- 34 -
1.6.	Diseño Ingenieril del Sistema de Tratamiento de aguas servidas ....	- 34 -
1.6.1.	<i>Población de diseño</i> .....	- 34 -
1.6.1.1.	Población actual.....	- 34 -
1.6.1.2.	Población futura. ....	- 35 -
1.6.2.	<i>Caudales</i> .....	- 35 -
1.6.2.1.	Caudal medio de aguas servidas. ....	- 36 -
1.6.2.2.	Dotación. ....	- 37 -
1.6.2.3.	Caudal máximo horario. ....	- 37 -
1.6.2.4.	Factor de mayoración.....	- 37 -
1.6.2.5.	Caudal de infiltración. ....	- 38 -
1.6.2.6.	Caudal de conexiones erradas. ....	- 38 -
1.6.2.7.	Caudal medio de diseño diario. ....	- 39 -
1.6.3.	Cribado. ....	- 39 -
1.6.3.1.	Diseño del canal del cribado .....	- 39 -
1.6.3.2.	Rejillas del Cribado .....	- 42 -
1.6.4.	Coagulador-Floculador .....	- 45 -
1.6.4.1.	Área del Coagulador-Floculador .....	- 45 -
1.6.4.2.	Cálculo del Diámetro ( $\phi$ ).....	- 45 -

1.6.4.3.	Volumen del coagulador-floculador.....	- 46 -
1.6.4.4.	Tiempo de retención Hidráulico .....	- 47 -
1.6.4.5.	Área de la sección transversal comprobación .....	- 47 -
1.6.4.6.	Velocidad de arrastre .....	- 48 -
1.6.4.7.	Remoción de la DBO y Sólidos Suspendedos.....	- 48 -
1.6.4.8.	Potencia para el coagulador-floculador .....	- 49 -
1.6.4.9.	Área requerida por las Paletas de agitación .....	- 50 -
1.6.4.10.	Longitud de la Paleta.....	- 50 -
1.6.5.	Sedimentador Rectangular .....	- 52 -
1.6.5.1.	Área del Sedimentador Rectangular .....	- 52 -
1.6.5.3.	Tiempo de retención Hidráulico .....	- 53 -
1.6.5.4.	Remoción de la DBO y Sólidos Suspendedos.....	- 54 -
1.6.6.	Lechos de secado .....	- 54 -
1.6.6.1.	Cálculo de la contribución per cápita .....	- 54 -
1.6.6.2.	Cálculo de la carga de sólidos que ingresan al sedimentador.....	- 55 -
1.6.6.3.	Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.....	- 55 -
1.6.6.4.	Cálculo del volumen diario de lodos digeridos .....	- 55 -
1.6.6.5.	Cálculo del volumen a extraer .....	- 55 -
1.6.6.6.	Área del lecho de secado.....	- 56 -
1.6.7.	Tanque de desinfección.....	- 56 -
1.6.7.1.	Volumen del tanque de desinfección(mezcla) .....	- 56 -
1.6.7.2.	Altura del tanque de desinfección para la mezcla de cloro .....	- 57 -
1.6.7.4.	Peso del cloro para diseñar el hipoclorador .....	- 58 -
1.7.	Muestreo .....	- 58 -
1.7.1.	<i>Muestra</i> .....	- 59 -
1.7.1.1.	Tipos de muestra. ....	- 59 -
1.7.1.2.	Tipos de recipiente para muestras.....	- 61 -
1.8.	Legislación Ambiental Vigente.....	- 63 -
1.8.1.	<i>Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua-</i>	<i>63 -</i>
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>- 67 -</b>
2.	<b>PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>- 67 -</b>
2.1.	<b>Muestreo .....</b>	<b>- 67 -</b>



2.1.1.	<i>Zona de la investigación</i> .....	- 67 -
2.1.1.1.	Localización. ....	- 67 -
2.1.1.2.	Límites. ....	- 68 -
2.1.1.3.	Topografía. ....	- 68 -
2.1.1.4.	Temperatura. ....	- 68 -
2.1.1.5.	Suelos .....	- 68 -
2.1.2.	<i>Tipo de muestreo</i> .....	- 68 -
2.1.3.	<i>Plan de muestreo</i> .....	- 69 -
2.1.4.	<i>Materiales de muestreo</i> .....	- 69 -
2.1.5.	<i>Transporte y manejo de muestras</i> .....	- 70 -
2.1.6.	<i>Caracterización del agua servida</i> .....	- 70 -
2.2.	Metodología .....	- 71 -
2.2.1.	<i>Metodología de trabajo</i> .....	- 71 -
2.2.2.	<i>Métodos y Técnicas</i> .....	- 72 -
2.2.2.1.	Métodos. ....	- 72 -
2.2.2.2.	Métodos del laboratorio de Análisis Técnicos. ....	- 73 -
2.2.2.3.	Técnicas .....	- 75 -
2.3.	Datos experimentales .....	- 80 -
2.3.1.	<i>Situación actual</i> .....	- 80 -
2.3.2.	<i>Situación inicial(diagnóstico – caracterización del agua servida)</i> ....	- 81 -
2.3.3.	<i>Parámetros fuera de la Normativa Vigente</i> .....	- 83 -
2.3.4.	<i>Datos</i> .....	- 85 -
2.3.4.1.	Datos del monitoreo del <i>Control de caudales</i> .....	- 85 -
2.3.5.	<i>Pruebas de Tratabilidad de las aguas servidas en Laboratorio</i> .....	- 86 -
2.3.5.1.	Método de jarras. ....	- 86 -
<b>CAPÍTULO III</b> .....		- 88 -
3.	<b>CÁLCULOS Y RESULTADOS</b> .....	- 88 -
3.1.	Cálculos .....	- 88 -
3.1.1.	<i>Población de diseño</i> .....	- 88 -
3.1.1.1.	Población actual.....	- 88 -
3.1.1.2.	Población futura. ....	- 90 -
3.1.2.	<i>Caudales</i> .....	- 92 -

3.1.2.1.	Caudal medio de aguas servidas. ....	- 92 -
3.1.2.2.	Factor de mayoración.....	- 93 -
3.1.2.3.	Caudal máximo horario. ....	- 93 -
3.1.2.4.	Caudal de infiltración. ....	- 94 -
3.1.2.5.	Caudal de conexiones erradas. ....	- 94 -
3.1.2.6.	Caudal medio de diseño diario. ....	- 95 -
3.1.3.	<i>Cálculos del diseño ingenieril del sistema de tratamiento de aguas servidas en la Parroquia Rural Matus</i> .....	- 95 -
3.1.3.1.	Cribado. ....	- 95 -
3.1.3.2.	Coagulador-floculador.....	- 102 -
3.1.3.3.	Sedimentador Rectangular .....	- 110 -
3.1.3.3.1.	Área del Sedimentador Rectangular .....	- 110 -
3.1.3.4.	Lechos de secado .....	- 114 -
3.1.3.5.	Tanque de desinfección.....	- 117 -
3.2.	Resultados .....	- 121 -
3.2.1.	<i>Población de diseño</i> .....	- 121 -
3.2.2.	<i>Caudales</i> .....	- 121 -
3.2.3.	<i>Situación final de los análisis físicos – químicos y microbiológicos del agua tratada de la Parroquia Rural Matus</i> .....	- 122 -
3.2.4.	<i>Rendimiento del sistema de tratamiento de aguas servidas en la Parroquia Rural Matus formulado</i> .....	- 124 -
3.2.5.	<i>Cálculos de Diseño Ingenieril</i> .....	- 125 -
3.2.5.1.	Cribado .....	- 125 -
3.2.5.2.	Coagulador-floculador.....	- 126 -
3.2.5.3.	Sedimentador Rectangular. ....	- 126 -
3.2.5.4.	Lechos de secado. ....	- 127 -
3.2.5.5.	Tanque de desinfección.....	- 127 -
3.3.	Propuesta .....	- 128 -
3.4.	Análisis y discusión de resultados .....	- 129 -
3.5.	Análisis presupuestario .....	- 130 -
4.	CONCLUSIONES.....	- 137 -
5.	RECOMENDACIONES .....	- 139 -
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	- 141 -

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

$\emptyset$	Ángulo de inclinación de rejillas
$\beta$	Factor dependiente de la forma de las barras
Ab	Área entre barras
Ac	Área del canal
A <sub>CF</sub>	Área del coagulador-floculador
A <sub>f</sub>	Área transversal del flujo
A <sub>ls</sub>	Área del lecho de secado
A <sub>p</sub>	Área de la paleta
A <sub>SD</sub>	Área del sedimentador
A <sub>T</sub>	Área de la sección transversal
B	Base o ancho del canal
C	Carga de sólidos
°C	Grados Celsius
CF	Coliformes fecales
C <sub>per</sub>	Contribución per cápita
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno (cinco días)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
D <sub>t</sub>	Dotación básica
D <sub>max</sub>	Nivel máximo de agua
E	Separación entre barras
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
F	Factor de mayoración

G	Aceleración de la gravedad
Hcna	Altura del canal hasta el nivel del agua
H	Tirante del agua
Hab	Habitantes
H	Altura del canal
H <sub>F</sub>	Pérdidas de carga
H <sub>S</sub>	Altura de seguridad
HCl	Ácido clorhídrico
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
L	Longitud de la paleta
L	Litros
L <sub>BA</sub>	Longitud de las barras
L <sub>G</sub>	Longitud sumergida de las barras
L <sub>gcf</sub>	Largo del coagulador-floculador
L <sub>gs</sub>	Largo del sedimentador
M <sub>1</sub>	Muestra 1
M <sub>2</sub>	Muestra 2
M <sub>P</sub>	Muestra Promedio
m	Metros
Mc	Coefficiente de manning
mL	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
Msd	Masa de sólidos
n	Periodo estimado de diseño o tiempo

N	Nitrógeno
$N_m$	Número de medición
$P_a$	Población actual
PAC	Policloruro de Aluminio
$P_d$	Población de diseño
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
$P_e$	Población del CENSO PDOT
$P_f$	Población futura
$P_F$	Peso del floculante necesario
$P_i$	Población institucional
$P_h$	Potencial Hidrógeno
$Q_c$	Caudal de conexiones erradas
$Q_m$	Caudal medio
$Q_{max \text{ día}}$	Caudal máximo
$Q_{INF}$	Caudal de infiltración
$Q_{mh}$	Caudal máximo horario
$Q_{MD}$	Caudal medio de diseño diario
R	Tasa de crecimiento
R	Coefficiente de retorno
$R_e$	Porcentaje de remoción
$R_h$	Radio hidráulico del canal
S	Espesor de las barras
S	Segundos
SDT	Sólidos totales disueltos

Sg	Gradiente hidráulico
Sm	Sólidos a verter en el lecho
SST	Sólidos totales suspendidos
SS	Sólidos Suspendidos
SSV	Sólidos totales volátiles
ST	Sólidos totales
T	Temperatura
T	Tiempo
T <sub>Ha</sub>	Hectáreas
T <sub>R</sub>	Tiempo de Retención Hidráulico
TULSMA	Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente
UNACH	Universidad Nacional de Chimborazo
UV	Ultra violeta
V <sub>a</sub>	Velocidad de aproximación
V <sub>CF</sub>	Velocidad terminal del coagulador-floculador
V <sub>ed</sub>	Volumen de lodos extraídos
V <sub>h</sub>	Velocidad de arrastre
V <sub>ld</sub>	Volumen de lodos digeridos
V <sub>SD</sub>	Volumen del sedimentador
V <sub>SDT</sub>	Velocidad terminal del sedimentador rectangular
V <sub>TM</sub>	Volumen del tanque para mezcla de cloro
V <sub>m</sub>	Velocidad del flujo

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Composición de Aguas Servidas .....	- 5 -
Tabla 1.2.	Contaminantes de importancia en aguas servidas .....	- 16 -
Tabla 1.3.	Etapas de tratamiento de aguas residuales o servidas.....	- 18 -
Tabla 1.4.	Consideraciones del diseño de rejillas del cribado .....	- 26 -
Tabla 1.5.	Coagulantes más utilizados.....	- 28 -
Tabla 1.6.	Criterios de diseño para los lechos de secado.....	- 32 -
Tabla 1.7.	Ventajas y desventajas de la cloración .....	- 33 -
Tabla 1.8.	Complejidad del sistema .....	- 36 -
Tabla 1.9.	Valores recomendados de la velocidad terminal .....	- 45 -
Tabla 1.10.	Valores de las constantes empíricas, a y b.....	- 49 -
Tabla 1.11.	Parámetros de Diseño de Paletas .....	- 51 -
Tabla 1.12.	Valores de CD.....	- 51 -
Tabla 1.13.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	- 64 -
Tabla 2.14.	Límites de la Parroquia Rural Matus .....	- 68 -
Tabla 2.15.	Materiales empleados en la investigación .....	- 69 -
Tabla 2.16.	Parámetros de análisis del agua servida según la normativa vigente. ..	- 70 -
Tabla 2.17.	Métodos de Análisis de Aguas .....	- 73 -
Tabla 2.18.	Técnicas empleadas en el laboratorio .....	- 75 -
Tabla 2.19.	Análisis Físicos .....	- 82 -
Tabla 2.20.	Análisis Físicos-Químicos .....	- 82 -
Tabla 2.21.	Análisis Microbiológico .....	- 83 -
Tabla 2.22.	Parámetros Físicos– Químicos fuera del límite máximo permisible ....	- 83 -
Tabla 2.23.	Parámetros Físicos – Químicos fuera del límite máximo permisible ...	- 84 -
Tabla 2.24.	Caudal semanal.....	- 85 -
Tabla 2.25.	Método de Jarras, parámetros analizados 1 semana. ....	- 87 -
Tabla 2.26.	Método de Jarras, parámetros analizados 2 semana. ....	- 87 -
Tabla 3.27.	Población institucional en el área de análisis .....	- 88 -
Tabla 3.28.	Población por zonas. ....	- 89 -
Tabla 3.29.	Parámetros para la Población futura .....	- 89 -
Tabla 3.30.	Población futura para cada año.....	- 90 -

Tabla 3.31.	Población de diseño al año 2039 .....	- 121 -
Tabla 3.32.	Caudales de diseño .....	- 121 -
Tabla 3.33.	Análisis final físicos - químicos y microbiológicas del agua tratada .	- 122 -
Tabla 3.34.	Rendimiento del sistema de tratamiento de aguas servidas .....	- 124 -
Tabla 3.35.	Diseño del canal del cribado .....	- 125 -
Tabla 3.36.	Diseño de las rejillas del cribado .....	- 125 -
Tabla 3.37.	Diseño del coagulador-floculador.....	- 126 -
Tabla 3.38.	Diseño del sedimentador rectangular.....	- 127 -
Tabla 3.39.	Lechos de secado .....	- 127 -
Tabla 3.40.	Diseño del Tanque de desinfección .....	- 128 -
Tabla 3.41.	Metros de construcción del canal .....	- 130 -
Tabla 3.42.	Metros de construcción de las rejillas.....	- 131 -
Tabla 3.43.	Metros de construcción del coagulador-floculador .....	- 131 -
Tabla 3.44.	Metros de construcción del sedimentador rectangular .....	- 131 -
Tabla 3.45.	Metros de construcción del lecho de secado.....	- 132 -
Tabla 3.46.	Metros de construcción del tanque de desinfección .....	- 132 -
Tabla 3.47.	Costo total de inversión de equipos y accesorios .....	- 133 -
Tabla 3.48.	Costo total de instalación y mano de obra .....	- 134 -
Tabla 3.49.	Costo total de inversión .....	- 135 -
Tabla 3.50.	Costos de operación al día .....	- 136 -



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Tipos de materiales de tuberías .....	- 23 -
Figura 1.2.	Cribado .....	- 26 -
Figura 1.3.	Sedimentador circular.....	- 30 -
Figura 1.4.	Sedimentador rectangular.....	- 30 -
Figura 1.5.	Lechos de secado.....	- 31 -
Figura 1.6.	Factor de forma de barras para rejillas .....	- 44 -
Figura 2.7.	Ubicación geográfica de la Parroquia Matus .....	- 67 -
Figura 3.8.	Situación actual .....	- 81 -
Figura 3.9.	Dimensiones del canal vista sur este .....	- 98 -
Figura 3.10.	Dimensiones de las rejillas vista sur este .....	- 102 -
Figura 3.11.	Dimensiones del coagulador-floculador vista sur este .....	- 110 -
Figura 3.12.	Dimensiones del sedimentados rectangular vista sur este.....	- 114 -
Figura 3.13.	Dimensiones del lecho de secado vista sur este .....	- 117 -
Figura 3.14.	Dimensiones del tanque de desinfección vista sur este .....	- 119 -
Figura 3.15.	Dimensiones del hipoclorador vista sur este .....	- 121 -
Figura 3.16.	Propuesta .....	- 128 -

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1.	Parámetros Físicos – Químicos fuera del límite máximo permisible..	- 84 -
Gráfico 2.2.	Parámetros Microbiológicos fuera del límite máximo permisible .....	- 85 -
Gráfico 3.3.	Caracterización final físico- química del agua tratada .....	- 123 -
Gráfico 3.4.	Caracterización final microbiológica del agua tratada .....	- 123 -
Gráfico 3.5.	Inversión total .....	- 135 -

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. (1.1).....	- 25 -
Ecuación. (1.2).....	- 34 -
Ecuación. (1.3).....	- 35 -
Ecuación. (1.4).....	- 36 -
Ecuación. (1.5).....	- 37 -
Ecuación. (1.6).....	- 37 -
Ecuación. (1.7).....	- 38 -
Ecuación. (1.8).....	- 38 -
Ecuación. (1.9).....	- 39 -
Ecuación. (1.10).....	- 39 -
Ecuación. (1.11).....	- 39 -
Ecuación. (1.12).....	- 40 -
Ecuación. (1.13).....	- 40 -
Ecuación. (1.14).....	- 40 -
Ecuación. (1.15).....	- 41 -
Ecuación. (1.16).....	- 41 -
Ecuación. (1.17).....	- 42 -
Ecuación. (1.18).....	- 42 -
Ecuación. (1.19).....	- 42 -
Ecuación. (1.20).....	- 42 -
Ecuación. (1.21).....	- 43 -
Ecuación. (1.22).....	- 43 -
Ecuación. (1.23).....	- 44 -
Ecuación. (1.24).....	- 45 -
Ecuación. (1.25).....	- 45 -
Ecuación. (1.26).....	- 45 -
Ecuación. (1.27).....	- 46 -
Ecuación. (1.28).....	- 46 -
Ecuación. (1.29).....	- 46 -
Ecuación. (1.30).....	- 47 -

Ecuación. (1.31).....	- 47 -
Ecuación. (1.32).....	- 48 -
Ecuación. (1.33).....	- 48 -
Ecuación. (1.34).....	- 49 -
Ecuación. (1.35).....	- 49 -
Ecuación. (1.36).....	- 50 -
Ecuación. (1.37).....	- 50 -
Ecuación. (1.38).....	- 50 -
Ecuación. (1.39).....	- 50 -
Ecuación. (1.40).....	- 51 -
Ecuación. (1.41).....	- 52 -
Ecuación. (1.42).....	- 52 -
Ecuación. (1.43).....	- 53 -
Ecuación. (1.44).....	- 53 -
Ecuación. (1.45).....	- 53 -
Ecuación. (1.46).....	- 54 -
Ecuación. (1.47).....	- 54 -
Ecuación. (1.48).....	- 55 -
Ecuación. (1.49).....	- 55 -
Ecuación. (1.50).....	- 55 -
Ecuación. (1.51).....	- 56 -
Ecuación. (1.52).....	- 56 -
Ecuación. (1.53).....	- 56 -
Ecuación. (1.54).....	- 57 -
Ecuación. (1.55).....	- 57 -
Ecuación. (1.56).....	- 58 -
Ecuación. (1.57).....	- 58 -

## ÍNDICE DE REACCIONES

Reacción. (1.1).....	- 14 -
Reacción. (1.2).....	- 33 -

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1:.....	- 144 -
ANEXO N° 2:.....	- 145 -
ANEXO N° 3:.....	- 146 -
ANEXO N° 4:.....	- 147 -
ANEXO N° 5:.....	- 148 -
ANEXO N° 6:.....	- 149 -
ANEXO N° 7:.....	- 150 -
ANEXO N° 8:.....	- 151 -
ANEXO N° 9:.....	- 152 -
ANEXO N° 10:.....	- 153 -
ANEXO N° 11:.....	- 154 -
ANEXO N° 12:.....	- 155 -
ANEXO N° 13:.....	- 156 -
ANEXO N° 14:.....	- 157 -
ANEXO N° 15:.....	- 158 -
ANEXO N° 16:.....	- 159 -
ANEXO N° 17:.....	- 160 -
ANEXO N° 18:.....	- 161 -
ANEXO N° 19:.....	- 162 -
ANEXO N° 20:.....	- 163 -

## RESUMEN

En la presente investigación se ejecutó el diseño del Sistema de Tratamiento de aguas servidas de los pozos de captación en la Parroquia Rural Matus del cantón Penipe provenientes del sistema de alcantarillado minimizando así los impactos ambientales producidos al río Matus. Con el fin de realizar esta investigación se empleó el método experimental, se realizó muestras de aguas compuestas para su caracterización físico – química y microbiológicos, los que se analizaron en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos Microbiológicos (SAQMIC), Análisis Técnicos de la ESPOCH y de Servicios Ambientales de la UNACH, determinando las variables que se encuentran fuera de los límites permisibles en base al TULSMA.

En los estudios de caracterización del agua servida se manipularon Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPCF 17 - 21 ed. y HACH, los mismos que identificaron cinco parámetros físico-químicos-microbiológicos fuera de los límites permisibles, siendo éstos: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno en cinco días ( $DBO_5$ ), fosfatos, sólidos sedimentables, coliformes fecales las variables de investigación para el diseño del sistema de tratamiento.

Para mermar las variables fuera del límite permisible se efectuó el dimensionamiento por medio de cálculos de ingeniería del sistema de tratamiento de aguas servidas, cuyo diseño y área constituye de: cribado (canal con rejillas) con  $0,77 \text{ m}^2$ , coagulador-floculador con agitación con  $28,33 \text{ m}^2$ , sedimentador rectangular con  $31,47 \text{ m}^2$ , lecho de secado de lodos con  $3,33 \text{ m}^2$  y tanque de desinfección con  $10,5 \text{ m}^2$ .

El sistema de tratamiento propuesto para aguas servidas en la Parroquia Matus, garantizará la no contaminación del Río Matus y cumplirá con la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) del Ecuador. Sería importante la implementación de este sistema de tratamiento de aguas servidas con su técnico capacitado para que no se observe estos focos de contaminación.

Palabras claves: <AMBIENTE> <PARROQUIA MATUS> <TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS> <PARÁMETROS QUÍMICOS> <SEDIMENTADOR RECTANGULAR> <CRIBADO> <COAGULADOR-FLOCULADOR> <PARÁMETROS FÍSICOS>

## SUMMARY

In this research the design of waste water treatment system of collection wells was carried out in the Rural Parish Matus of canton Penipe comes from sewage system thus minimizing environmental impacts produced to the river Matus. In order to perform this research it was used the experimental method, and water samples were realized for their physical- chemical and microbiological characterization, which were analyzed in the analytical chemical microbiological service laboratory (SAQMIC), Technical Analysis of ESPOCH and Environmental Services of UNACH determining the variables that are outside the permissible limits based on Unified Text of the Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULAS).

Standardized Methods APHA, AWWA, WPCF 17-21 ed. and HACH, were employed in studies of characterization of waste water, the same that identify five physical-chemical-microbiological parameters outside the permissible limits, being the following: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand in five days (BOD<sub>5</sub>), phosphates, settleable solids, fecal coliforms, the research variables for the design of the treatment system.

To diminish the variables outside the permissible limit, the sizing was performed by engineering calculation of waste water treatment system, whose design and area constitute: screening (channel with grids) with 0,77 m<sup>2</sup>, coagulator-flocculator with stirring with 28,33 m<sup>2</sup>, rectangular sedimentation tank with 31,47 m<sup>2</sup>, sludge drying bed with 3,33 m<sup>2</sup> and disinfection tank with 10,5 m<sup>2</sup>.

The proposed waste water treatment system in Parish Matus will ensure no contamination of the river Matus and comply the rules of the Unified Text of the Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULAS) of Ecuador. It would be important to implement this system of wastewater treatment system with a trained technician to prevent sources of pollution.

**KEYWORDS:** <ENVIRONMENT> <PARISH MATUS> <WASTE WATER TREATMENT> <CHEMICAL PARAMETERS> <RECTANGULAR SEDIMENTATION TANK> <SCREENING> <COAGULATOR-FLOCCULATOR> <PHYSICAL PARAMETERS>

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, el ambiente del Ecuador está siendo afectado especialmente los cuerpos hídricos de agua dulce, como son los ríos por medio de distintas actividades que genera el ser humano y aun no se autoevalúan cuan contamina, existe en la actualidad varios ríos contaminados en todo el país pero ya hay organismos controladores para las empresas públicas y privadas.

En el país las descargas de aguas servidas o residuales antes no era muy crítico como en la actualidad por razones como el aumento de la población y el excesivo consumo de contaminantes tanto orgánicos o inorgánicos hacia el recurso agua, los cuales está siendo un foco de contaminación severo al ambiente y la salud pública, aún más si estos son vertidos directamente al alcantarillado o algún río colindante, provocaran varios daños irremediables a la flora y fauna, por ende perdidas de especies nativas del sector y algunas en peligros de extinción.

La Parroquia Rural de Matus considera la falta de un sistema de tratamiento de aguas servidas pues toda el agua consumida por los habitantes se descarga al alcantarillado del sector para luego ser liberado en los pozos de captación de dicha localidad los cuales emiten olores desagradables e infiltraciones que posteriormente desembocan en el río Matus.

Por consecuencia el diseño de una sistema de tratamiento para esta contaminación es evidente y una gran alternativa para aguas servidas o residuales domésticas mediante la cual se observará una minimización de los focos de contaminación aledaños a los pozos de captación, y permitir que sea apta para la descarga en los cuerpos de agua dulce bajo los límites permisibles mencionados en el TULSMA Libro VI-Titulo IV-Anexo 1-Tabla 12, y así alcanzar una agua óptima para el vertido al río Matus atesorando el bioma propia de la parroquia.



## **ANTECEDENTES**

La localización de la Parroquia Rural Matus se halla a 7 km del cantón Penipe y a 25 km de distancia de la ciudad de Riobamba en la parte nor-oriental de la provincia de Chimborazo, en el centro y sur-este del Cantón Penipe, en un valle atravesado por tres ríos: el Matus, Azacucho y el Calshi. La Parroquia Matus geográficamente se encuentra en la zona 17 Sur con sus coordenadas (referencia el datum WGS 84): X: 777442 Y: 9827675.

En los rangos altitudinales de la Parroquia Matus va desde los 2720 hasta los 2900 msnm, con su superficie total de 7424 hectáreas, en consideración la temperatura promedio anual de 11 a 14 grados centígrados, con micro climas que van del templado frío al páramo, precipitación anual de 500 a 1000 mm. Mediante los datos recabados por el equipo técnico del gobierno parroquial tiene un 30% de población que son profesionales, asentados en varias urbes del país realizando diversas profesiones como la medicina, arquitectura, ingeniería, derecho, los cuales constan en el padrón electoral de la parroquia, y el otro 70 % de la población ven a la agricultura, ganadería y a la construcción como fuente de empleo y superación.

La Parroquia afronta varios problemas ambientales siendo una de los más importantes el mal manejo de residuos sólidos puesto que, es quemada o es arrojada a las calles, terrenos baldíos y ríos, mal estado de los pozos de captación de las aguas servidas fundamentalmente, por el motivo que no posee un sistema de tratamiento de las mismas pues toda el agua que se utiliza en la Parroquia Rural Matus se lleva por el alcantarillado hasta pozos de captación los mismos que generan contaminación ambiental.

Al realizar un análisis exhaustivo consecutivamente emitimos un diagnóstico de los parámetros de contaminación que tiene el agua servida generada en la Parroquia Rural Matus y se compara con los parámetros establecidos en la Normativa Ambiental Ecuatoriana Tulsma Libro VI-Título IV-Anexo 1-Tabla 12 para así tener una visión de cuan contaminada está el agua y si es factible verterla al río Matus.

## **JUSTIFICACIÓN**

El sistema de tratamiento de las aguas servidas es una gran alternativa de solución para mitigar la contaminación de las fuentes receptoras en este caso de cuerpos hídricos de agua dulce(ríos), lo que contribuye a la protección de la salud pública y la conservación del ambiente; respetando de esta manera lo que se establece en el Título II, Capítulo Segundo, Sección Segunda; Art. 14 de la Constitución Ecuatoriana, en mostrarse de acuerdo que la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

La Parroquia Matus no posee un sistema de tratamiento de aguas servidas, lo cual afecta a todos sus habitantes perturbando la calidad de vida que tiene cada uno de ellos, también en las zonas productivas del sector se ven afectadas porque en gran medida ha disminuido la fertilidad agrícola y la ganadera, ya que los habitantes de la parroquia usan el agua para regar sus tierras (pastizales).

La Parroquia Matus requiere de este sistema de tratamiento de aguas servidas para mejorar los índices de contaminación del agua que se ve afectado al río Matus, circunstancias que hoy en día son más severas, vale meditar que las acciones relacionadas con la preservación del ambiente no son un gasto, sino son medidas que comprometidas a una gran responsabilidad y constancia de manera objetiva siempre procurando alcanzar un medio sano para el desarrollo de todos los sistemas que nos rodean y así lograr una buena calidad de vida.

El GAD Parroquial Matus en miras al cumplimiento del Decreto Ejecutivo 1053, Art. 5, Lit. b del Reglamento del Fondo para el Ecodesarrollo Regional Amazónico al que pertenece siendo el 58 % del fondo recibido para proyectos de saneamiento ambiental, se justifica construir un Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y de minimizar los impactos ambientales que ocurren principalmente a los periferias de los pozos de captación, por tal razón para la Parroquia Rural Matus se ve en la necesidad de realizar estudios que contribuyan a este fin.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas servidas de los pozos de captación para la parroquia rural Matus del cantón Penipe.

### **ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar físico-química y microbiológicamente el agua servida de la Parroquia Rural Matus del cantón Penipe en base a los límites de descarga del TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12.
- Identificar las variables del proceso fuera de límite de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización.
- Realizar el diseño del Sistema de tratamiento de aguas servidas.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico – química y microbiológicamente del agua después de su tratamiento, en base a los límites de descarga del TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Captaciones de Aguas Servidas

Las obras hidráulicas de captación conviene diseñarse para certificar la derivación a partir de la partida de las cantidades de aguas previstas y su entrega ininterrumpida a los usuarios y el resguardo del sistema de abastecimiento hacia la entrada de sedimentos gruesos, cuerpos flotantes, basuras, etc. Las obras de captación se clasifican:

De acuerdo a la garantía del abastecimiento por lo general tenemos:

- Por su capacidad tenemos: muy pequeñas que contiene caudales menores a 100 L/s, pequeñas se considera a caudales menores de 1000 L/s, medianas se efectúa para caudales entre 1000-3000 L/s y grandes se genera para caudales mayores a 3 000 L/s.
- Por su ubicación se derivan en tomas por derivación directa, tomas con azudes de derivación, tomas desde embalses, etc.

Como la categoría de dificultad transmitida por las circunstancias naturales, por el sitio de captación se razona dividir en:

- Fácil: Cuando las orillas como el cauce sean estables, el contenido de sedimentos en suspensión no sobrepasa promedialmente los  $0,5 \text{ kg/m}^3$  se considera que no posean algas ni elementos en el agua que ocasionen incrustaciones, por tanto la cantidad de flotantes, basuras sean muy pequeñas.
- De condiciones medias: El contenido de sedimentos en suspensión en altas no sobrepase en promedio los  $1,5 \text{ kg/m}^3$  teniendo las orillas y el cauce en condiciones

estables, la transferencia de sedimentos en la extensión de las orillas no ocasione deformaciones, la cantidad de flotantes y basuras no establezca un obstáculo para la puesta en marcha de la captación.

- **Difícil:** Se considera al tener el contenido de sedimentos en suspensión que no supere promedialmente los  $5 \text{ kg/m}^3$ , sus orillas tanto el cauce se tornen inestables como el transporte de sedimentos a la extensión de las orillas originen deformaciones, el contenido de algas y otros elementos que producen incrustaciones.
- **Muy difícil:** Cuando el contenido de sedimentos en suspensión sea mayor a los  $5 \text{ kg/m}^3$  promedio, el cauce sea totalmente inestable y existan procesos de reconformación verificada de las orillas.

#### ***1.1.1. Categorías de obras de captación***

- **Categoría I:**

Considerando a obras de captación de categoría I en circunstancias medias de la zona, a todas las tipologías de tomas directas no sumergidas, que se ubican en las orillas de los ríos a los orificios de captación encontrándose servibles para su subsistencia y donde la limpieza de las rejillas sea mecanizada para lo cual deben disponer de todos los accesorios precisos protegiendo la toma como sus estructuras.

- **Categoría II:**

Obras de captación de categoría II en condiciones medias del lugar a todos los tipos de tomas directas sumergidas localizadas en reservorios, ahuyentadas de las orillas no asequibles en situaciones de crecientes, tormentas, etc.

#### ***1.1.2. Pozo u obra de captación***

Se considera a cualquier obra, sistema, proceso, artefacto o combinación, cimentados antropológicamente con el resultado primordial de captar agua esta puede ser potable de consumo humano o servidas.

### ***1.1.3. Sistemas de captación de aguas servidas***

Los sistemas de captación de aguas residuales es el mecanismo por el cual el agua servida o residual se transporta hacia un pozo de captación, entre ellos se encuentra:

- **Sistemas de captación individuales**

Los de captación individual radica en sistemas con arrastre hídrico como en pozos negros, tanque séptico, tanques Imhof y sin arrastre hídrico son las letrinas sanitarias en el sector rural se considera un gran número para lugares o casas muy lejanas al sistema público.

- **Sistemas de captación públicos**

En consideración a los sistemas públicos su uso es indispensable al conformarse comunidades formadas por diversas casas o una parroquia en sí, conceptúe la premura de una red que almacene las aguas residuales o servidas (alcantarillado) y las trasladen a una zona para inmediatamente ser tratadas para su vertido correcto y respetuoso con el ambiente.

### ***1.1.4. Sistemas de transporte de aguas servidas***

Los sistemas de transporte de aguas servidas se determina como:

- **Sistemas convencionales**

Se determina a los alcantarillados convencionales como sistemas habituales manipulados para la recolección y transporte de aguas servidas o lluvias hasta los sitios de disposición concluyente. Los tipos de sistemas convencionales son el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado, primeramente tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes por tanto hay un alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.

- **Sistemas no convencionales**

Los alcantarillados convencionales prácticamente son sistemas de depuración de costos elevados, fundamentalmente para parajes con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han formulado sistemas de menor costo, alternos al alcantarillado convencional sanitario, fundados en miramientos de diseño adicionales con mejor tecnología utilizable operacionalmente como para su mantenimiento preventivo y correctivo.

Constituyendo los sistemas alternativos están los llamados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

- **Sistemas in situ**

En otro fragmento, preexisten sistemas establecidos en la disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas, tanques, pozos sépticos y campos de riego, los mismos son sistemas de muy bajo costo los cuales se podría establecer y ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con apropiadas tipologías del terreno. Con el tiempo estos sistemas deben razonarse como sistemas transitorios a sistemas no convencionales o convencionales de recolección, transporte y disposición.

#### ***1.1.5. Problemas en los pozos de captación de aguas servidas***

En los pozos de captación los principales problemas en consideración son los siguientes:

- Se considera problemas de infiltración por las paredes del mismo.
- Puntos focales que originan olores desagradables.
- Acumulación de lodos en el fondo del pozo y por ende contaminación ambiental a sus alrededores.
- Creación de quebradas menores por el agua de infiltración.
- Propensos a que no se de abasto y produzca derrames.
- Propensos a q se colapsen por los vertidos en exceso como las lluvias.

## 1.2. Aguas servidas

Son aquellas aguas cuyas particularidades originales han sido modificadas por actividades humanas es decir antropológicamente y que por su calidad demanden un tratamiento previo, antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo natural de agua tanto dulce como salina o descargadas al sistema de alcantarillado sanitario.

“Esta agua servida se produce en todas las operaciones que conlleven el uso sanitario del agua, constituyen una mixtura de efluentes de cocinas, cuartos de baño y lavanderías, su caracterización depende de dos aspectos esenciales de su composición y caudal.” (CORBITT, Robert A. 2003.)

“La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana, para su tratamiento y disposición final apropiada de las aguas residuales o servidas supone la noción de las características físicas, químicas y microbiológicas de dichas aguas, de su significado y de sus efectos transcendentales sobre la fuerza receptora.” (ROMERO, J. 2002.)

**Tabla 1.1. Composición de Aguas Servidas**

PARÁMETRO	RANGO HABITUAL
Sólidos en Suspensión (mg/L)	150 – 300
DBO5 (mg/ L)	200 – 300
DQO (mg/ L)	300 – 600
Nitrógeno (mg N/ L)	50 – 75
Fósforo (mg P/ L)	15 – 20
Grasas (mg/ L)	50 – 100
Coliformes Totales (UFC/100 m L)	$10^6 - 10^7$
Coliformes fecales (NMP)	$10^3 - 10^7$
Cloruros(mg/L)	30-100
Grasas y aceites(mg/ L)	50-150
Carbono orgánico total(mg/L)	80-290
Solidos disueltos totales(mg/L)	280-850

FUENTE: MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.  
<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>



### ***1.2.1. Clasificación de aguas servidas***

Las aguas servidas se fragmentan de acuerdo a su procedencia y composición en: aguas blancas, grises y negras.

#### **1.2.1.1. Aguas Blancas.**

Composición que posee aguas pluviales que son causantes de magnas contribuciones y que son intermitentes. Las aguas de drenaje (subterráneas) se han constituido en una importante aportación especialmente debido a su contaminación producida por las fugas en las redes del alcantarillado.

Los componentes de la suciedad de las aguas blancas son: elementos de contaminación atmosférica, deposición húmeda de la lluvia ácida, restos de actividad humana, papeles, colillas, excrementos de animales y basura, residuos del tráfico, aceites, grasas, hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo, arenas, residuos vegetales y biocidas (insecticidas, herbicidas, abonos), contaminación aportada por las aguas de drenaje: fugas de alcantarillado, etc.

#### **1.2.1.2. Aguas Grises.**

Aquellas que son generadas de nuestra higiene corporal o antropológicamente y sus utensilios. Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables, se considera importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto.

El tratamiento es sencillo si contamos con el espacio verde suficiente, aprovechando la capacidad de oxigenación y asimilación de las plantas del jardín o el huerto mediante un sistema de drenaje de enramado. En caso de no contar con el espacio suficiente, las aguas grises deben ser sometidas a un tratamiento previo que reduzca el contenido de grasas y de materia orgánica en suspensión, para posteriormente ser mezclada con las aguas negras y pasar a un tren de tratamiento.

#### **1.2.1.3. Aguas Negras.**

En las aguas negras o urbanas, los compuestos químicos que se pueden presentar son muchos; entre los que se pueden citar: microorganismos, urea, albúmina, proteínas, ácido acético, ácido láctico, bases jabonosas y almidones, aceites, animales, vegetales y minerales, hidrocarburos, gases: sulfhídrico, metano, etc., sales: bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos y nitratos, etc. Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado con sistemas de biorreactores.

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

#### **1.2.1.4. Domésticas.**

Aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

#### **1.2.1.5. Industriales.**

Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

#### **1.2.1.6. Infiltración y caudal adicionales.**

Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de agua de lluvia.

#### **1.2.1.7. Pluviales.**

Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

### ***1.2.2. Características del agua servida***

“Los constituyentes encontrados en las aguas residuales o servidas pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos.

- **Físicos:** Sólidos, turbidez, temperatura, color, olor, densidad, conductividad.
- **Químicos:** Proteínas, carbohidratos, grasas de animales, aceites, cloruros, nitrógeno, fósforo, ph, DBO<sub>5</sub>, DQO, azufre, oxígeno, sulfuro de hidrogeno y metano por la descomposición de las aguas residuales domésticas.
- **Biológicos:** Seres vivos de pequeño tamaño por residuos domésticos, virus, organismos Coliformes.

#### **1.2.2.1. Características Físicas.**

##### **1.2.2.1.1. Sólidos**

El agua residual contiene una variedad en material sólido que va desde hilachas hasta material coloidales.

- **Sólidos totales (ST):** Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103-105 °C), estos sólidos es el total de los sólidos suspendidos y disueltos.
- **Sólidos volátiles totales (SVT):** Son a los que se les volatiliza e incinera cuando los sólidos totales son calcinados.
- **Sólidos fijos totales (SFT):** Son aquellos que permanecen después de incinerar los ST.
- **Sólidos suspendidos totales (SST):** Son aquellos que tiene un tamaño nominal de poros de un aproximado de 1.58 µm.
- **Sólidos suspendidos volátiles (SSV):** Son los que se volatilizan e incinera cuando los sólidos suspendidos totales son calcinados.

- **Sólidos suspendidos fijos (SSF):** Residuo remanente después de calcinar SST.
- **Sólidos disueltos totales (SDT) (ST- SST):** Los SDT comprende coloides que son de tamaño 0.001 a 1µm y sólidos disueltos.
- **Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT – SST):** Son aquellos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los SDT con calcinados.
- **Sólidos disueltos fijos (SDF):** Es el resto que queda una vez calcinado los SDT.
- **Sólidos sedimentables:** Sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litro, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un periodo de tiempo específico.

#### 1.2.2.1.2. Turbiedad

Es una medida de la dispersión de la luz de las aguas servidas en relación al material residual en suspensión coloidal. El material coloidal impide la transmisión de la luz, ya que la absorbe o dispersa, la medida de turbiedad se da por comparaciones de intensidad de luz entre patrones primarios de referencia con una muestra de aguas servidas.

#### 1.2.2.1.3. Color

El color en aguas residuales se ve causado por sólidos suspendidos, material coloidal y por sustancias en solución, es así que se diferencia en color aparente y verdadero, el primero se debe a los sólidos suspendidos y el segundo se debe a las sustancias disueltas y coloidales.

#### 1.2.2.1.4. Olor

El olor de un agua residual fresca es inofensiva, pero cuando hay una degradación biológica bajo condiciones anaerobias se desprenden compuestos malolientes como es el sulfuro de hidrógeno, indol(compuesto orgánico), eskatol(C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>N-materia fecal) y mercaptanos. Debido al olor que desprende el agua residual se exige un cuidado especial

en el diseño de instalaciones de tratamiento, a fin de evitar condiciones que generen la aparición de malos olores.

#### **1.2.2.1.5. Temperatura del agua servida**

Este parámetro es muy importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento incluyen procesos biológicos, afectando directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la temperatura varía según la región, región fría de 7 a 18 °C y en regiones cálidas de 13 a 30 °C. La temperatura tomada en las aguas servidas para el desarrollo bacteriano es rangos de 25 a 35 °C, esto servirá para que actúen sobre la materia orgánica.

#### **1.2.2.1.6. Densidad, gravedad específica.**

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, es importante a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento, en algunas ocasiones se emplea la gravedad específica en lugar de la densidad y esto se debe a que ambas dependen de la temperatura y de la concentración de los sólidos totales.

#### **1.2.2.1.7. Conductividad**

La conductividad es la capacidad de una solución para conducir corriente eléctrica. Por lo tanto el valor de la medida de la conductividad es usada como parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales. La unidad de la conductividad en el sistema internacional milisiemens por metro (mS/m).

#### **1.2.2.2. Características Químicas Inorgánicas.**

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases.

##### **1.2.2.2.1. pH**

Se refiere a la concentración del ion hidrógeno en una solución y se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertida, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales deben ser descargados dentro del límite específico de pH.

#### **1.2.2.2.2. Nitrógeno**

El nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, junto con el fósforo son nutrientes o bioestimulantes para el crecimiento biológico, conocer la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos es necesario, ya que si su concentración es insuficiente obliga adicionar para lograr que el agua sea tratable. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico.

#### **1.2.2.2.3. Fósforo**

El fósforo es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, pero su exceso puede ser un problema, por tal razón se controla en las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escurrientías industriales. En el agua servida el fosforo se halla como ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos, fosfatos orgánicos, en conclusión la acumulación de estas tres formas o composiciones químicas presentes nos dará el fosforo total contenido en una agua servida.

#### **1.2.2.2.4. Alcalinidad**

Es la capacidad para neutralizar ácidos. La alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular los cambios de pH causados por la adición de ácidos y se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos de calcio, magnesio, sodio, potasio o ion amonio.

#### **1.2.2.2.5. Cloruros**

La reutilización del agua residual depende de la presencia de cloruros, llegan al agua residual por consecuencia del uso, debido a que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan cloruros en cantidades significativas, concentraciones superiores a las normales puede tomarse como un indicio de que la fuente de agua está siendo usada para el vertido de aguas residuales.

#### **1.2.2.2.6. Azufre**

En el agua residual se encuentra como ion sulfato. El azufre sintetiza proteínas y por eso se libera cuando ocurre la degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen biológicamente a sulfuros en condiciones anaerobias y pueden formar sulfuros de hidrógeno al combinarse con el hidrógeno, los sulfatos se reducen a sulfuros en los digestores de lodos, pero pueden alterar su desarrollo biológico si hay un exceso.

#### **1.2.2.2.7. Otros constituyentes inorgánicos no metálicos**

Constituyentes inorgánicos no metálicos como boro, cloro y sílice son importantes en el tratamiento, reciclaje y vertimiento de aguas residuales. Los principales compuestos inorgánicos no metálicos que se determinan en el agua servida son: Fósforo, Nitrógeno, Cianuro, Fluoruro, Sílice, Azufre y Oxígeno.

#### **1.2.2.2.8. Metales**

Todos los organismos vivos requieren de elementos como hierro, cromo, cobre, cinc, cobalto en cantidad aceptable, pero si se excede puede resultar un problema al momento del tratamiento, reutilización, vertimiento de efluentes y lodos tratados. La determinación de metales se puede realizar por absorción atómica, plasma acoplado por inducción o colorimétricamente. Como constituyentes importantes de muchas aguas, también se encuentran cantidades, a nivel de traza, de muchos metales.

Entre ellos podemos destacar el níquel (Ni), el manganeso (Mn), el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el mercurio (Hg). Muchos de estos metales también están catalogados como contaminantes. Algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el

crecimiento de las algas. Debido a su toxicidad, la presencia de cualquiera de ellos en cantidades excesivas interferirá con gran número de los usos del agua.

#### **1.2.2.2.9. Gases**

La medición de oxígeno disuelto y amoníaco se realiza para controlar y monitorear los procesos de tratamiento biológico aerobio. La presencia de sulfuro de hidrógeno se determina no solo por ser una gas tóxico y de mal olor, sino porque su formación puede causar corrosión en alcantarillados de concreto.

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno ( $N_2$ ), el oxígeno ( $O_2$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), el amoníaco ( $NH_3$ ), y el metano ( $CH_4$ ). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma.

Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. El sulfuro de hidrógeno se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al de huevos podridos.

#### **1.2.2.3. Características Químicas de compuestos orgánicos agregados.**

La materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas, carbohidratos y grasas y aceites. La urea, es un constituyente orgánico de la orina y además es parte del agua residual fresca.

##### **1.2.2.3.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Hace referencia a la cantidad de oxígeno disponible en la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico, hasta que el desecho se haya consumido. La DBO<sub>5</sub> es



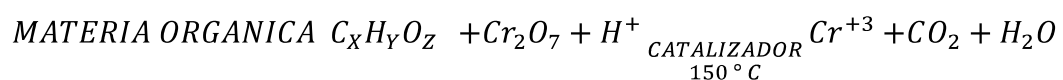
el método más utilizado a la hora de tratar el agua residual. Aquí se da tres casos que se diferencia más o menos: Primero, algo del desecho se oxida a producto final y así los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular.

Simultáneamente, otra fracción de desecho cambia en tejido celular nuevo debido al empleo de la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando las células nuevas consumen toda la materia orgánica, comienzan a consumir su propio tejido celular para obtener energía; este caso se llama respiración endógena.

#### **1.2.2.3.2. Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO representa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente el material orgánico, el principio del DQO el material orgánico biodegradable y no biodegradable totalitario se oxida por medio químico por el dicromato de potasio en medio ácido en la presencia de un catalizador. Se usa una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato de potasio con iones plata como catalizador en base a estos parámetros el tiempo de reacción es de 2 horas de digestión a una temperatura de 150°C, el Cromo (VI) pasa al estado de oxidación Cromo (III) oxidando la materia orgánica.

#### **Reacción. (1.1)**



El DQO del agua servida determinadamente se considera la medida del material orgánico presente en las aguas residuales su reacción es exotérmica porque al momento de mezcla se libera energía en forma de calor, para luego ser medida mediante un espectrofotómetro denominado HACH.

#### **1.2.2.4. Características Biológicas.**

Las características biológicas en aguas residuales son importantes en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales. La clasificación

general de los organismos que se encuentra en las aguas residuales son: bacterias, hongos, algas, protozoos, plantas animales y virus. ” (CRITES, Ron. TCHOBANOGLOUS, George. 2000.)

#### **1.2.2.4.1. Coliformes fecales**

Los coliformes fecales y E. coli en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras. Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales.

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación está ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior.

### **1.3. Tratamiento de aguas servidas**

“El tratamiento de las aguas servidas es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores. De un modo general, el tratamiento tiene el objetivo de evitar:

- Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua.
- Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento.
- Daños a las actividades piscícolas.
- Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra.
- Impacto al entorno ecológico.” (ROJAS, R. 2002.)

#### **1.3.1. Contaminantes considerados para el tratamiento de aguas servidas**

Los contaminantes se detallan a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 1.2. Contaminantes de importancia en aguas servidas**

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>
Materia orgánica Biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Materiales tóxicos	Como cada material tóxico específico.	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrógeno	Ph	Riesgo potencial organismos acuáticos.

FUENTE: ROMERO. J. Tratamiento de aguas residuales.2002.

### **1.3.2. Clasificación de tipos de tratamiento**

En el tratamiento de aguas residuales o servidas se pueden aplicar varias etapas como son: Pretratamiento, Tratamiento Primario, Secundario y Terciario.

#### **1.3.2.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar.**

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento, que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen

por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

El correcto diseño y posterior mantenimiento de la etapa de pretratamiento son aspectos de gran importancia, pues cualquier deficiencia en los mismos repercutirá negativamente en el resto de las instalaciones originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc.

#### **1.3.2.2. Tratamiento Primario.**

Se define al tratamiento primario como el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%.

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica.

#### **1.3.2.3. Tratamiento Secundario.**

Se define tratamiento secundario como el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso en el que se consiga la eliminación de materia orgánica.

El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos especialmente con bacterias, que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

#### **1.3.2.4. Tratamiento Terciario.**

Los tratamientos terciarios llamados también como tratamientos avanzados, más rigurosos, complementarios permiten obtener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados.

Para la eliminación biológica del fósforo se combinan reactores operando bajo condiciones anaerobias, óxicas y anóxicas, quedando el fósforo almacenado en los microorganismos, que posteriormente se extraen como lodos en exceso. Combinando los procesos anteriores también es posible la eliminación conjunta de ambos nutrientes.

Con relación a la desinfección de los efluentes depurados, si bien el cloro ha sido, y continua siendo, el desinfectante típico en el campo de las aguas residuales, al incrementarse el número de requisitos para lograr bajas o indetectables cantidades de cloro residual en los efluentes tratados, se hace precisa la implantación de procesos posteriores de dechloración, o bien, la sustitución de los sistemas de cloración por sistemas de desinfección alternativos, tales como la radiación UV, el empleo de ozono o el empleo de membranas.

**Tabla 1.3. Etapas de tratamiento de aguas residuales o servidas**

<b>ETAPA</b>	<b>PROCESO</b>	<b>OBJETIVO</b>
<b>PRETRATAMIENTO</b>	<b>Desbaste</b>	El desbaste es la eliminación de los sólidos de pequeño y mediano tamaño (trozos de madera, trapos, raíces, etc.) que de otro modo podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso de la corriente de agua.
	<b>Tamizado</b>	Proceso para la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas

		residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso.
	<b>Desangrasado</b>	En esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua.
	<b>Preaeración</b>	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico.
	<b>Medición de caudal</b>	Aunque los dispositivos que se emplean para la medición de los caudales no ejercen ningún efecto de depuración sobre las aguas residuales, juegan un papel muy importante en el global del proceso pues permiten la determinación de los caudales de aguas a tratar y los realmente tratados.
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	<b>Sedimentación o Decantación primaria</b>	Eliminación de la mayor parte posible los sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la gravedad.
	<b>Filtración</b>	Eliminación de los sólidos en suspensión residuales presentes después del tratamiento químicos o biológico.
	<b>Flotación</b>	Eliminación de sólidos en

		suspensión finamente divididos y de partículas con densidades cercanas a la del agua.
	<b>Lodos activos</b>	Eliminación de compuestos orgánicos.
	<b>Lagunas aireadas</b>	Las lagunas aireadas son estanques artificiales excavados en el terreno, es aerobia se da la mezcla es completa.
	<b>Coagulación</b>	Se basa en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado.
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>	<b>Tratamiento Biológico</b>	Con ayuda de microorganismos con condiciones aerobias, la materia orgánica se oxida en flora bacteriana.
	<b>Lagunas anaerobias</b>	Extrae los sedimentos y flotantes acumulados, se debe realizar la retirada de fangos.
	<b>Lagunas facultativas</b>	Con la presencia de arquetas se retira sedimentos y flotantes acumulados en las mismas.
	<b>Eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo)</b>	Se recurre cada vez más al empleo de procesos biológicos. No obstante, el caso del de fósforo, los

<b>TRATAMIENTO TERCIARIO</b>		procesos de precipitación química, empleado sales de hierro y de aluminio.
	<b>Eliminación biológica de nitrógeno</b>	Se opera de forma secuencial, bajo condiciones óxicas y anóxicas, que dan como resultado final su liberación a la atmósfera.
	<b>Eliminación biológica del fósforo</b>	Se combinan reactores operando bajo condiciones anaerobias, óxicas y anóxicas.
	<b>Desinfección(cloración)</b>	Fuerte capacidad de oxidación por lo que destruye o inhibe el crecimiento de bacterias y algas.

**FUENTE:** MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>. y RAMALHO, R. Tratamiento de Aguas Residuales., 2a ed. Canadá. Reverté S.A. 1983. Pp. 91-118, 199, 253, 412, 437,636-648.

#### **1.4. Definición de Diseño del sistema de aguas servidas**

El diseño es un proceso de creación visual con un propósito, además cubre exigencias prácticas, encontrando soluciones apropiadas en un trabajo de manera intuitiva, pero explorando e investigando todas las situaciones visuales posibles, se llegará a una solución profesional del sistema de aguas servidas.

En este lugar para mermar los impactos emanados por las aguas servidas que llegan a los pozos de captación, se determina que al analizar los distintos tratamientos tantos físicos, químicos y biológicos se obtiene un excelente diseño para la depuración del efluente para así descargarlo en el cuerpo hídrico de agua dulce.



## **1.5. Etapas del Sistema de Tratamiento de aguas servidas**

Tomando en cuenta las alternativas de tratamiento, el espacio físico y económico, se consigue una selección adecuada de los procesos y el diseño de los equipos requeridos. Las etapas del tratamiento de aguas servidas a considerar se basan en: pre-tratamiento o tratamiento preliminar (medición del caudal-cribado), tratamiento primario (sedimentación) y tratamiento terciario (desinfección).

### ***1.5.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar***

#### **1.5.1.1. Sistema de transporte de conducción**

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua -en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión- desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será distribuida. La pérdida de presión es la principal consideración en el diseño de cualquier tubería.

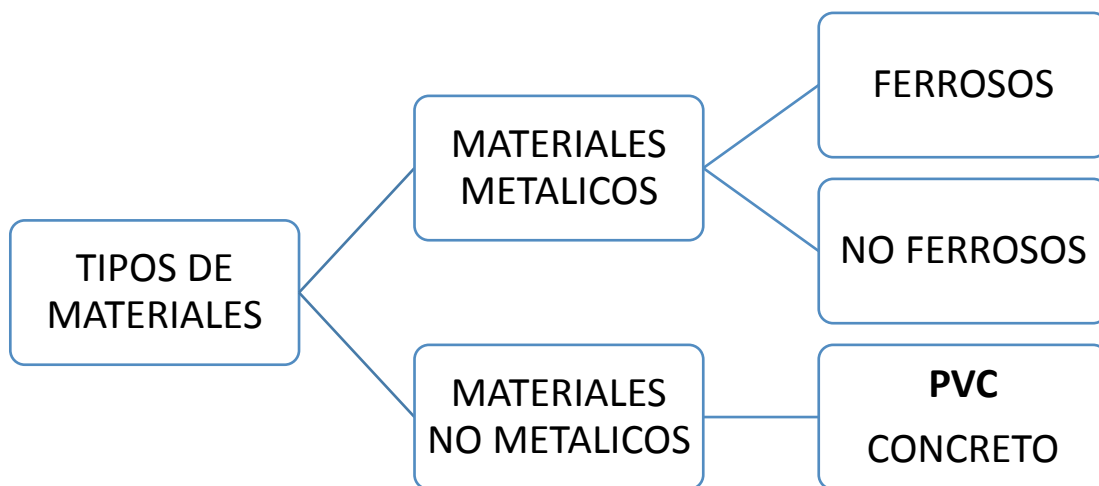
Aunque existen innumerables fuentes de pérdida de presión a lo largo de las tuberías, éstas se pueden dividir para su estudio en pérdidas mayores o de fricción y en pérdidas menores o localizadas. Las líneas de conducción de agua se calculan siguiendo varios procedimientos existentes. Su diseño en general consiste en definir el diámetro en función de las pérdidas de carga, a partir del gasto que se conducirá y el material de la tubería.

En el caso de tuberías sujetas a la presión de la gravedad se pueden presentar dos situaciones:

Donde la diferencia de alturas apenas es suficiente, para proporcionar una presión adecuada para el funcionamiento, el problema consiste en conservar la energía usando tubos de diámetros grandes para tener mínimas pérdidas de carga por fricción y evitar bombeo de auxilio.

Cuando la diferencia de altura entre la fuente de abastecimiento y la ubicación del sitio a abastecer, es tal que la presión proporcionada es mayor a la requerida, el problema radica en reducir las ganancias de presión, lo cual se logra seleccionando tuberías de diámetros más pequeños.

**Figura 1.1. Tipos de materiales de tuberías**



FUENTE: Guanga, Ulises.

#### **1.5.1.1.1. Policloruro de vinilo (PVC)**

Estas especificaciones contemplan a tubos de policloruro de vinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, sus uniones y accesorios para instalarse en sistemas de alcantarillado y comprenden los siguientes tipos.

- TIPO A2: Tubo de doble pared liso en sus superficies interiores y exteriores, formadas por un elemento o banda con nervios entre sus paredes, que se ensambla en circunferencia o en espiral.
- TIPO B: Tubo de extrusión simultánea de doble pared, interior lisa y exterior corrugada.

Los requisitos de las tuberías cumplirán las normas internacionales ISO y ASTM u otra norma internacional equivalente que cumpla los requisitos mínimos mencionados en estas especificaciones. Las tuberías fabricadas en Ecuador deberán cumplir la norma INEN 2059:2004 Tercera Revisión. En el material su especificación incluye los requisitos, métodos de ensayo, uniones y accesorios para garantizar el funcionamiento del sistema.

Los tubos servirán para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y soportarán rellenos con densidad no menor de 1.700 kg/cm<sup>2</sup> y compactación entre el 85 y 95% de la máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Standard. Sus dimensiones y Tolerancias en los tubos, diámetros y espesores mínimos, deben satisfacer los requisitos indicados en la NTE 2059 vigente y podrán seleccionarse de acuerdo con lo señalado en las tablas de espesores, rigidez anular y diámetros de esta norma.

#### **1.5.1.1.2. Longitud**

- Tubos tipo A2: Se suministrarán en longitudes variables de acuerdo con los requerimientos del proyecto.
- Tubos tipo B: Se suministrarán en longitud de 6 m.

La selección de materiales de tubería para cualquier aplicación, debe estar basada en las recomendaciones de códigos aplicables, estándares dimensionales y especificaciones de material establecidas. Sin embargo, el ingeniero de diseño debe considerar también los requerimientos de servicio y parámetros tales como: resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, costo y vida útil. El criterio económico estará determinado por el tipo de tubería, su diámetro y el espesor.

#### **1.5.1.2. Medición del caudal.**

En la mayoría de sistemas de tratamiento de aguas servidas se hallan varios métodos para determinar el caudal de agua, los más utilizados en los planes de sistema de tratamientos son los métodos volumétricos y de velocidad-área, por lo que se optó por usar el de método volumétrico.

### **1.5.1.2.1. Método Volumétrico**

Para aplicar este método es necesario encauzar el agua generando una corriente de fluido de tal manera que pueda provocar un chorro.

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal con:

**Ecuación. (1.1)**

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

**Donde:**

**Q** =Caudal, L/s

**V** =Volumen del recipiente, L

**T** =Tiempo que tarda en llenarse el recipiente, s

Para definir el tiempo promedio se recomienda realizar, como mínimo, cinco mediciones.

### **1.5.1.3. Cribado.**

“El cribado, también llamado desbrozo, se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, y su limpieza se hace bien manualmente o mecánicamente. Los productos recogidos se destruyen bien por incineración o se tratan por procesos de digestión anaerobia. Las materias solidas se suelen clasificar en finos y gruesos.

Las rejillas de finos generalmente se fabrican en mallas metálicas de acero, o en base de placas o chapas de acero perforado. Se consigue eliminar entre un 5% a 20 % de sólidos en suspensión, de un 40% a un 60% se eliminan por sedimentación.

**Figura 1.2. Cribado**



FUENTE: Rejillas. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_8\\_desbaste.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html)

El problema de estas rejillas es el atascamiento de material sólido de grandes dimensiones que evitan el daño de bombas y otros equipos mecánicos.” (RAMALHO, R. 1983.)

**Tabla 1.4. Consideraciones del diseño de rejillas del cribado**

CONCEPTO	LIMPIEZA MANUAL	CONSIDERACION SELECCIONADA
ESPESOR(cm)	0,6-15	1,1
SEPARACIÓN(cm)	2,5-5	2,5
INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL(°)	30-45	45
VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN (m/s)	0,3-0,6	0,45
ANCHO DEL CANAL(m)	-	0,7 (propuesto)
ALTURA DEL CANAL HASTA EL NIVEL DE AGUA(m)	-	0,8(propuesto)

LONGITUD DEL CANAL(M)	-	1,10(propuesto)
ALTURA DE SEGURIDAD(m)	0,75	0,75

FUENTE: CRITES, Ron; TCHOBANOGLOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw-Hill Interamericana.2000. Pp. 249.

### ***1.5.2. Tratamiento Primario***

#### **1.5.2.1. Coagulación-Floculación**

##### **1.5.2.1.1. Coagulación**

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

##### **1.5.2.1.2. Floculación**

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos

recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso.

- **Adición de coagulantes químicos:** “Es una manera efectiva de mejorar la características de los sólidos en suspensión con vistas a su retirada mediante un proceso de sedimentación, se puede emplear una amplia variedad de polímeros y otros productos químicos para conseguir la coagulación o formación de flóculos en el agua servida, algunos los detallamos en la siguiente tabla:

**Tabla 1.5. Coagulantes más utilizados**

COAGULANTE	VENTAJA E INCOVENIENTES
Alum(policloruro de aluminio)	Fácil de manejar y aplicar; el más usado produce menos lodo que el carbonato. Efectivo en un rango limitado de pH.
Sulfato férrico	Efectivo entre pH 4-6 y 8,8-9,2. Ayuda que se disuelvan los sólidos salinos en el agua.
Cloruro férrico	Proceso del deshidratado sea más sencillo. Ayuda que se disuelvan los sólidos salinos en el agua.
Carbonato	Muy usado, muy efectivo, el lodo se deshidrata de forma sencilla. Muy dependiente del pH.
Polímeros	Requiere pequeñas dosis, fáciles de manejar y añadir. Una dosificación inadecuada se traduce en una pobre formación de flóculos.

FUENTE: CORBITT Robert A. Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental. España. McGraw-Hill Interamericana. 2003. Pp. 6.95

Los coagulantes se añaden al agua servida en forma líquida o sólida, a menudo el coagulante líquido se alimenta directamente.” (CORBITT, Robert A. 2003.)

### **1.5.2.2. Sedimentación.**

“Los procesos de sedimentación para la retirada de sólidos particulados y coloidales, así como suspensiones son parte integral de casi todas las plantas de tratamiento de aguas servidas, su eficiencia del proceso de sedimentación vendrá afectado por la característica de los sólidos en suspensión que contenga el agua a tratar, las variaciones de caudal y las condiciones generales de mantenimiento-operación.

Los procesos de sedimentación se dividen en cuatro tipos:

- **CLASE I**, se aplica a partículas discretas en suspensión que no presentan tendencia a flocular.
- **CLASE II**, se aplica a partículas y suspensiones en su mayoría las aguas servidas contienen un amplio rango de partículas con diferentes características de tamaño y propiedades superficiales.
- **CLASE III**, se aplica a suspensiones es zonal corresponde a suspensiones de sólidos a concentraciones relativamente altas.
- **CLASE IV**, se aplica al espesamiento, se emplea para distinguir el proceso de espesamiento o compresión de los lodos de los otros tipos de sedimentación.

#### **1.5.2.2.1. Sedimentador**

El sedimentador debe procurar:

- Que la eliminación de sólidos contenidos en el agua servida sea efectiva.
- Colección y retirada de los sólidos sedimentados en el sedimentador.

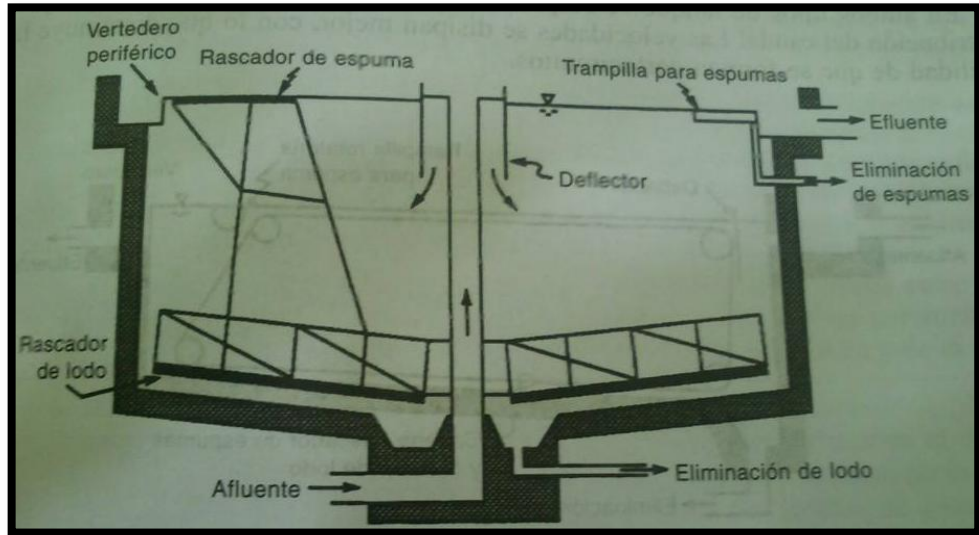
En general los sedimentadores se clasifican en dos tipos básicos: de flujo horizontal y vertical. Los de flujo horizontal hay tantos circulares como rectangulares.

- **Sedimentador Circular:** Las unidades circulares se emplean para un amplio rango



de concentraciones de sólidos en suspensión, así como para el espesamiento de lodos.

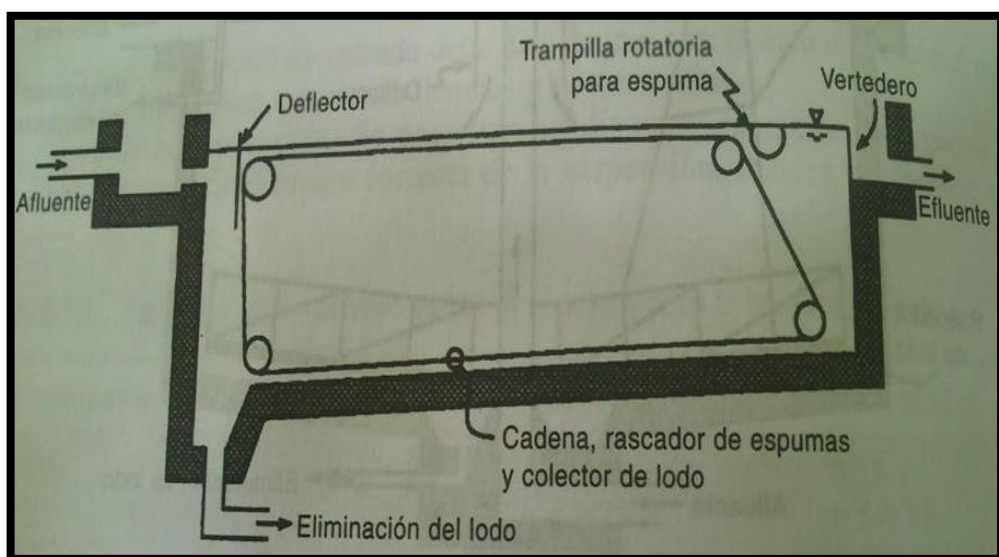
**Figura 1.3. Sedimentador circular**



FUENTE: CORBITT, Robert A. 2003.

- **Sedimentador Rectangular:** Su uso es muy extendido, sin embargo existen limitaciones para la retirada de lodos según aumenta su longitud o su carga de sólidos.

**Figura 1.4. Sedimentador rectangular**



FUENTE: CORBITT, Robert A. 2003.

Las dimensiones del sedimentador resultan consideraciones importantes para asegurar el diseño adecuado para la entrada y salida del agua a tratar para que las condiciones de sedimentación sean efectivas.” (CORBITT, Robert A. 2003.)

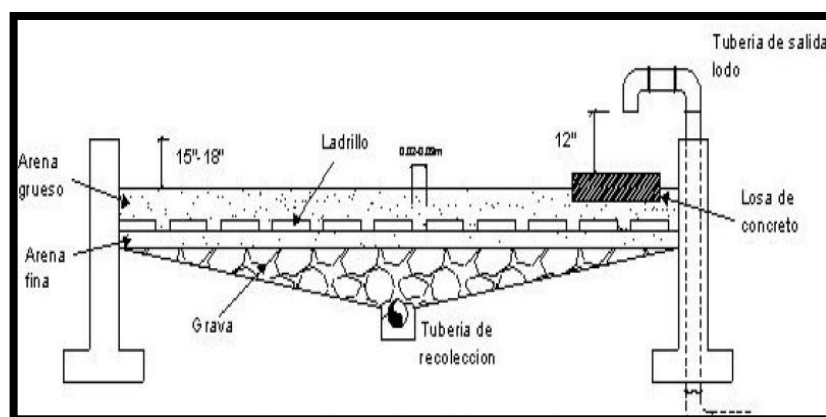
### 1.5.2.3. Lechos de secado

“Las eras o lechos de secado son el método más empleado mundialmente, se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos, una vez seco el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.

Las principales ventajas de las eras de secado son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final. Los lechos de secado o simplemente eras de secado son los depósitos de los lodos recogidos del coagulador-floculador y sedimentador rectangular, para estabilizarlos antes de ser evacuados.

- Pueden ser hechos de concreto o tierra y con profundidades de 40 a 60 cm.
- Su ancho puede variar de 3 a 6 m, aunque para instalaciones grandes puede ser de 10 m.
- El medio de drenaje generalmente es de 0.30 m de espesor.
- La grava, también servirá como medio filtrante y tendrá un tamaño entre 1.6 y 51 mm, con un espesor de 0.20 m.

**Figura 1.5. Lechos de secado**



FUENTE: OPS/CEPIS/06.168.

Los muros deberán ser impermeables, extendiéndose verticalmente desde un nivel de 6” bajo la superficie de arena hasta 15” o 18” por encima. Para cada lecho se deberá proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho.”(CHANGO, G. 2014.)

**Tabla 1.6. Criterios de diseño para los lechos de secado**

PARÁMETROS	DATOS	UNIDADES
Densidad de lodos	1,04	Kg/L
% de solidos contenidos en el lodo	12	%
Sólidos suspendidos	85	mg/L
Tiempo de digestión	55	Días
Profundidad de aplicación	0,4	M

FUENTE: OPS/CEPIS/06.168.

### **1.5.3. Tratamiento Terciario**

#### **1.5.3.1. Desinfección.**

“La destrucción de bacterias patógenas en el agua siempre ha sido una de las preocupaciones primordiales en el tratamiento, hay una variedad de métodos eficaces para la desinfección entre los cuales se incluyen a uso de cloro, dióxido de cloro, ozono y permanganato potásico, la técnica tradicional es la cloración.

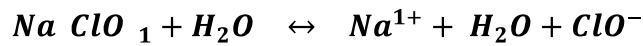
- **Dióxido de cloro:** Puede obtenerse del clorito sódico y ácido, después de su obtención se conduce a través de una tubería usando una bomba de diafragma.
- **Ozono:** El sistema de ozonización se divide en cuatro partes, la primera un sistema de preparación del gas, la segunda un suministro de energía, la tercera un equipo de generación de energía, y la cuarta un equipo de contacto.
- **Permanganato potásico:** Se usa en forma más limitada no es tan efectivo como los

compuestos de cloro necesita un sistema de alimentación química resistente.

### 1.5.3.1.1. Cloración

El cloro se usa en forma de cloro libre o como hipocloritos, actúa como un potente agente oxidante y a menudo se disipa en reacciones secundarias, los hipocloritos más usados en su mayoría son el hipoclorito de calcio y sodio. A continuación su reacción:

#### Reacción. (1.2)



Resulta una escasa desinfección a no ser que hayan añadido cantidades en exceso de la demanda del cloro.” (CORBITT, Robert A. 2003.)

**Tabla 1.7. Ventajas y desventajas de la cloración**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La cloración es una tecnología bien establecida.	El cloro residual aún en bajas concentraciones es tóxico a los organismos acuáticos.
En la actualidad es más eficiente en términos de costo.	Todas las formas de cloro son muy corrosivas y tóxicas.
El cloro residual permanece en el efluente del agua servida puede prolongar el efecto de desinfección.	Es inestable en presencia de altas concentraciones de demanda.
Permite el control flexible de la dosificación.	Algunas resistencias parásitas han demostrado resistencia a dosis bajas.
Puede eliminar ciertos olores molestos.	Se desconocen los efectos a largo plazo en las descargas.

**FUENTE:** FOLLETO INFORMATIVO DE TECNOLOGÍA DE AGUAS RESIDUALES.  
[http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004\\_07\\_07\\_septics\\_cs-99-062.pdf](http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf)

#### ***1.5.4. Tratabilidad del agua servida en Laboratorio***

##### **1.5.4.1. Método de jarras.**

Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad deferentes.

Determina las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción.

#### **1.6. Diseño Ingenieril del Sistema de Tratamiento de aguas servidas**

##### ***1.6.1. Población de diseño***

La cuantificación de la población de diseño es en base a las aguas servidas y su caudal donde existen variaciones, el caudal está estrechamente relacionado con la población y el consumo de agua que luego los individuos provocan, según las normas de diseño para el sistema de tratamiento de agua servida o residual se toma como datos adicionales también las escuelas e instituciones pertenecientes al lugar.

##### **1.6.1.1. Población actual.**

Los datos tomados del Plan de Desarrollo del Ordenamiento Territorial dato del CENSO PARROQUIAL efectuado en la parroquia, por tanto la población actual es:

##### **Ecuación. (1.2)**

$$Pa = Pe + Pi$$

Donde:

Pa = población actual (hab)

Pe = población obtenida en el CENSO del PDOT (hab)

Pi = población institucional (hab)

### **1.6.1.2. Población futura.**

La población futura se calcula por el método geométrico recomendable para localidades de población a analizar, la población futura se deduce de esta fórmula para la determinación:

#### **Ecuación. (1.3)**

$$Pf = Pa \times \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

Donde:

Pf = población futura (hab)

Pa = población actual (hab)

r = tasa de crecimiento (%)

n = intervalo de tiempo (años)

La población futura con un período de 25 años de proyección con un índice de crecimiento, entonces se considera que es la determinante llamada POBLACIÓN DE DISEÑO para el respectivo cálculo de los caudales.

### **1.6.2. Caudales**

Para el cálculo de caudales se considera muy importante el periodo de planeamiento o de diseño, debe fijar las condiciones básicas del proyecto como la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, se determina la calidad de la construcción, operación y mantenimiento.

El periodo de planeamiento también depende de la demanda del servicio, la factibilidad de ampliaciones y las tasas de crecimiento de la población, de la incorporación de casas

que no están unidos al sistema de alcantarillado por ende de la variación del caudal.

**Tabla 1.8. Complejidad del sistema**

Nivel de complejidad	Periodo de diseño (años)
Bajo y medio	15
Medio alto	20
<b>Alto</b>	<b>25</b>

FUENTE: REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

[http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/6.\\_Sistemas\\_de\\_recoleccion\\_de\\_aguas.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/6._Sistemas_de_recoleccion_de_aguas.pdf)

Para el diseño de sistema de tratamiento de aguas servidas el periodo mínimo debe ser de 25 años que es lo planteado en este proyecto por el motivo de que un sistema de tratamiento la vida útil a considerar en relación a varios factores determinantes sería denominado de complejidad alto.

#### **1.6.2.1. Caudal medio de aguas servidas.**

Para la deducción de este caudal medio se relaciona la estimación de parámetros para su posterior tratamiento por cual su ecuación es:

#### **Ecuación. (1.4)**

$$Q_m = \frac{Pd \times Dt \times R}{86400}$$

Donde:

Q m= caudal medio de agua diaria servida (L/s)

Pd= población de diseño o futura (hab)

R= Coeficiente de retorno (entre el 0,8-0,85 pero se toma como base al 0,825)

86400 = factor conversor de unidades

### **1.6.2.2. Dotación.**

La dotación de agua que emplea cada habitante en el transcurso de un día, que fue medido in situ y se representa en Tabla 3.2 viene dado por:

#### **Ecuación. (1.5)**

$$Dt = \frac{Q_{\text{max dia}}}{Pa}$$

Donde:

$Q_{\text{max día}}$  = caudal máximo obtenido en el día (L/d)

$Pa$  = población actual (hab)

### **1.6.2.3. Caudal máximo horario.**

El caudal máximo horario es el caudal medio por un factor de mayoracion según la población, es la base para establecer el caudal de diseño de un sistema de tratamiento de aguas servidas.

#### **Ecuación. (1.6)**

$$Q_{mh} = Q_m \times F$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario de agua servida (L/s)

### **1.6.2.4. Factor de mayoración.**

El factor de mayoración es para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos.



En cuanto a no ser factible en varios casos es importante usar la relación aproximada de Harmon válida para poblaciones de 1000 a 1000000 habitantes, en el cual está localizada la población de diseño para la cual se aplica la ecuación próxima:

**Ecuación. (1.7)**

$$F = 1 + \frac{14}{4 \frac{Pd}{1000}}$$

Donde:

Pd= población de diseño o futura (hab)

F = Factor de mayoración (L/s)

**1.6.2.5. Caudal de infiltración.**

El caudal de infiltración es el agua incorporada por medio de infiltraciones al sistema de alcantarillado sanitario, para conseguir el caudal de infiltración se utiliza los datos para un sistema de complejidad alto, con infiltración media por las condiciones de precipitación y topografía es:  $0,1-0,3 \frac{L}{s Ha}$ , para la cual la siguiente ecuación será:

**Ecuación. (1.8)**

$$Q_{INF} = 0,1 \frac{L}{sHa} \times T_{Ha}$$

Donde:

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración, L/s

$T_{Ha}$  = Hectáreas para la zona de estudio es de 20 Ha.

**1.6.2.6. Caudal de conexiones erradas.**

Son las aportaciones de las aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, se debe tener muy presente por medio del control de las conexiones de agua potable, riego. El  $Q_C$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación. (1.9)**

$$Q_C = 0,10 Q_{mh} + Q_{INF}$$

Donde:

$Q_C$  = Caudal de conexiones erradas (L/s)

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

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración (L/s)

**1.6.2.7. Caudal medio de diseño diario.**

El caudal medio de diseño es el caudal promedio a considerar en el diseño ingenieril de las diferentes etapas del sistema, tenemos por medio de la fórmula siguiente:

**Ecuación. (1.10)**

$$Q_{MD} = \frac{Q_{mh} + Q_{INF} + Q_C}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

$Q_C$  = Caudal de conexiones erradas ( L/s)

$Q_{mh}$  = Caudal medio de aguas residuales ( L/s)

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración (L/s)

**1.6.3. Cribado.**

**1.6.3.1. Diseño del canal del cribado**

**1.6.3.1.1. Área del canal**

El área del canal viene dado por la siguiente ecuación:

**Ecuación. (1.11)**

$$A_c = b \times hcna$$

Donde:

Ac= Área del canal (m<sup>2</sup>)

b= Base del canal (m)

hcna = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

#### **1.6.3.1.2. Radio hidráulico del canal**

El radio hidráulico del canal viene dado por:

**Ecuación. (1.12)**

$$Rh = \frac{b \times hcna}{b + 2hcna}$$

#### **1.6.3.1.3. Velocidad Mínima**

Es necesario calcular la velocidad mínima a la que se transporta el agua servida hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

**Ecuación. (1.13)**

$$Vm = \frac{1}{mc} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times Sg^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Vm= Velocidad de flujo (m/s)

mc= Coeficiente de Manning (0,013 para canales de concreto simple según Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

Rh = Radio hidráulico (m)

Sg = Gradiente hidráulico (0,0085 m/m=0,5 ° propuesta)

#### **1.6.3.1.4. Área entre barras**

**Ecuación. (1.14)**

$$Ab = \frac{Q_{MD}}{Va}$$

Donde:

Ab = Área entre barras (m<sup>2</sup>)

Va = Velocidad de aproximación (m/s)

#### **1.6.3.1.5. Área transversal del flujo**

**Ecuación. (1.15)**

$$Af = \frac{Ab e + S}{e}$$

Donde:

Af = Área transversal del flujo

Ab = Área entre barras (m<sup>2</sup>)

e = Separación entre barras (m)

S = Espesor de las barras (m)

#### **1.6.3.1.6. Tirante de agua en el canal**

El tirante del agua en el canal (h) es:

**Ecuación. (1.16)**

$$h = \frac{Ab}{b}$$

Donde:

b = ancho del canal (m)

#### **1.6.3.1.7. Altura del canal**

El cálculo de la altura del canal (H) es:

**Ecuación. (1.17)**

$$H = h + H_s$$

Donde:

h = tirante del agua en el canal (m)

Hs = altura de seguridad (m)

**1.6.3.2. Rejillas del Cribado**

**1.6.3.2.1. Longitud de las barras ( $L_{BA}$ )**

**Ecuación. (1.18)**

$$L_{BA} = \frac{H}{\sin \emptyset}$$

Donde:

H = altura del canal (m)

$\emptyset$  = ángulo de inclinación (°)

**1.6.3.2.2. Longitud sumergida de las barras( $L_G$ )**

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente ecuación:

**Ecuación. (1.19)**

$$D_{MAX} = \frac{Q_{MD}}{V_a \times b}$$

Para la longitud tenemos:

**Ecuación. (1.20)**

$$L_G = \frac{D_{MAX}}{\sin \emptyset}$$

Donde:

Dmax = Nivel máximo de agua (m)

Va = Velocidad de aproximación(m/s)

b = Ancho del canal (m)

$\emptyset$  = ángulo de inclinación (°)

#### 1.6.3.2.3. Número de barras (Nb)

**Ecuación. (1.21)**

$$Nb = \frac{b - e}{e + S}$$

Donde:

b = ancho del canal en mm

e = separación entre barras en mm

S = espesor de las barras en mm

#### 1.6.3.2.4. Pérdida de carga (H<sub>F</sub>)

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla sin conocer la forma de la misma se estiman por medio de la siguiente ecuación:

**Ecuación. (1.22)**

$$H_F = \frac{1}{0,7} \times \frac{Vm - Va}{2g}$$

Donde:

$V_m$  = velocidad mínima de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

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

0,7 = coeficiente empírico que incluye que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos.

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

### 1.6.3.2.5. Pérdida de carga propuesto por Kirschmer

Las pérdidas de carga a través de una rejilla conociendo su forma se puede determinar a través de la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer (1926):

**Ecuación. (1.23)**

$$H_{FK} = \beta \frac{S^{\frac{4}{3}}}{e} \times \frac{Va^2}{2g} \times \sin \phi$$

Donde:

$H_{FK}$  = Pérdida de carga propuesta por Kirschmer (m)

$e$  = Separación entre barras (m)

$S$  = Espesor máximo de las barras (m)

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

$\phi$  = Ángulo de inclinación de las barras.

$\beta$  = Factor dependiente de la forma de las barras.

**Figura 1.6. Factor de forma de barras para rejás**



FUENTE: VALDEZ, E. 2003.

## 1.6.4. Coagulador-Floculador

### 1.6.4.1. Área del Coagulador-Floculador

Para determinar el área superficial del coagulador-floculador se obtiene utilizando la siguiente expresión:

**Ecuación. (1.24)**

$$A_{CF} = \frac{Q_{MD}}{V_{CF}}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área del coagulador-floculador (m<sup>2</sup>)

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario (m<sup>3</sup>/h)

$V_{CF}$  = Velocidad terminal (m/h)

**Tabla 1.9. Valores recomendados de la velocidad terminal**

COAGULADOR-FLOCULADOR	Velocidad a caudal medio (m/h)		NORMA RAS 2000	
	Valor mínimo	Valor máximo	Ancho	Largo
Circular	1	2	1	2
Rectangular	0,8	1,8		

FUENTE: HERNANDEZ A. Manual de depuración Urbana.

### 1.6.4.2. Cálculo del Diámetro ( $\phi$ )

Para calcular el diámetro del coagulador-floculador se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación. (1.25)**

$$A_{CF} = \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

**Ecuación. (1.26)**

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A_{CF}}{\pi}}$$



Para el radio del coagulador-floculador tenemos:

**Ecuación. (1.27)**

$$R_{CF} = \frac{A_{CF}}{\pi}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área (m<sup>2</sup>)

$R_{CF}$  = radio (m)

$\phi$  = diámetro (m)

$\pi$  = Número irracional (3,14159)

#### 1.6.4.3. Volumen del coagulador-floculador

El volumen es la magnitud física que expresa:

**Ecuación. (1.28)**

$$V_{CF} = \text{Lgcf} \times A_{CF}$$

Donde:

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador (m<sup>3</sup>)

$A_{CF}$  = Área del coagulador-floculador (m<sup>2</sup>)

Lgcf = Largo del coagulador-floculador (m)

Para poder determinar el volumen del coagulador-floculador se utiliza la siguiente ecuación del área:

**Ecuación. (1.29)**

$$A_{CF} = \text{Lgcf} \times a_{CF}$$

Se usa una relación 1/2 de ancho/largo (NORMA RAS 2000) para el cálculo de las medidas interiores del coagulador-floculador, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Lgcf} = 2 a_{CF}$$

Entonces:

$$A_{CF} = 2 a_{CF} \times a_{CF}$$

$$A_{CF} = 2 a_{CF}^2$$

**Ecuación. (1.30)**

$$a_{CF} = \frac{A_{CF}}{2}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área del coagulador-floculador ( $m^2$ )

L<sub>gcf</sub> = largo del coagulador-floculador (m)

$a_{CF}$  = ancho del coagulador-floculador (m)

#### **1.6.4.4. Tiempo de retención Hidráulico**

El tiempo de retención hidráulica se calcula por medio de la siguiente deducción:

**Ecuación. (1.31)**

$$T_R = \frac{V_{CF}}{Q_{MD}}$$

Donde:

$T_R$  = tiempo de retención (h)

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador ( $m^3$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/h$ )

#### **1.6.4.5. Área de la sección transversal comprobación**

Para su cálculo se usa el volumen y el largo del coagulador-floculador:

**Ecuación. (1.32)**

$$A_{TCF} = \frac{V_{CF}}{L_{gcf}}$$

Donde:

$A_{TCF}$  = Área de la sección transversal (m)

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador (m<sup>3</sup>)

$L_{gcf}$  = Largo del coagulador-floculador (m)

**1.6.4.6. Velocidad de arrastre**

La velocidad de arrastre es de gran factor ponderante en los procesos de coagulador-floculador por medio de unas fuerzas que actúan sobre las partículas de sedimentación son provocadas por la fricción del agua que fluye sobre ellas, la velocidad crítica viene dada por la ecuación desarrollada por Camp por medio de:

**Ecuación. (1.33)**

$$V_h = \frac{8K \text{ de} - 1 \text{ gd}^{\frac{1}{2}}}{f}$$

Donde:

$V_h$  = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

$K$  = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena uní granular y 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

$\text{de}$  = densidad relativa de las partículas para el cálculo usaremos el valor 1,2

$g$  = aceleración de la gravedad 9,8 m/s<sup>2</sup>

$d$  = diámetro de las partículas 0,0002 m

$f$  = los valores más utilizados para  $f$  factor de fricción de Darcy-Weisbach van desde 0,02 hasta 0,03 se usara 0,025.

**1.6.4.7. Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos**

La eficiencia de la remoción de la DBO y los SST, en el coagulador-floculador como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención mediante una modelación matemática se obtuvo la siguiente expresión:

**Ecuación. (1.34)**

$$Re = \frac{T_R}{a + bT_R}$$

Donde:

Re= Porcentaje de remoción esperado, %

$T_R$  = Tiempo nominal de retención, h

a y b = Constantes empíricas.

**Tabla 1.10. Valores de las constantes empíricas, a y b**

VARIABLE	a, h	b
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

FUENTE: CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. 2000.

**1.6.4.8. Potencia para el coagulador-floculador**

Al tratarse de un floculador mecánico se necesita conocer la potencia de las paletas para lo cual se aplica la siguiente formula:

**Ecuación. (1.35)**

$$P = G^2 \times \mu \times V_{CF}$$

Donde:

P= Potencia disipada (W)

G= Gradiente medio de velocidad ( $s^{-1}$ ) de 15 a 75 según Norma Ras 2000.

$\mu$ = Viscosidad dinámica ( $Ns/m^2$ ) para una temperatura de 20 ° de 0,001102 según Metcalf&Eddy.

$V_{CF}$ = Volumen del floculador ( $m^3$ )

#### 1.6.4.9. Área requerida por las Paletas de agitación

Con la finalidad de una agitación adecuada del floculante con el agua a tratar en el coagulador-floculador, se calcula el área de la paleta:

**Ecuación. (1.36)**

$$P = \frac{C_D \times A_p \times \gamma \times V^3}{2}$$

Donde:

$A_p$  = área de la sección transversal de las paletas ( $m^2$ )

$P$  = potencia necesaria (HP)

$V$  = velocidad relativa de las paletas (0,3 – 0,75 m/s) según Norma Ras 2000.

$C_d$  = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

$\gamma$  = densidad del fluido (g/mL)

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas:

**Ecuación. (1.37)**

$$A_p = \frac{2P}{C_D \times \gamma \times V^3}$$

#### 1.6.4.10. Longitud de la Paleta

Se calcula la longitud de la paleta que representa el área transversal de la misma:

**Ecuación. (1.38)**

$$A_p = l \times b_p$$

**Ecuación. (1.39)**

$$l = \frac{A}{b_p}$$

Donde:

$l$  = longitud de la paleta (m)

$b_p$  = ancho de la paleta (m)

**Tabla 1.11. Parámetros de Diseño de Paletas**

CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	Intervalo	Escogido
Tiempo de retención (h)	2 - 6	3,77
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de la velocidad hasta el 30% de la velocidad máxima (m/s).	0,45 – 1,00	0,70
Ancho de la paleta (m)	0,50 - 2	2

FUENTE: Metcalf& Eddy. 1995

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas se estima:

**Tabla 1.12. Valores de CD**

Cantidad	CD
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

FUENTE:ROUSE, 2003

#### 1.6.4.11. Peso del PAC necesario ( $P_F$ )

El peso de cloro necesario para tratar el agua viene dado por la ecuación:

**Ecuación. (1.40)**

$$P_F = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400}{1000000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal de diseño (L/s)

D = Dosis de PAC necesario (mg/L) obtenido en laboratorio 50.

$P_F$  = Peso del floculador necesario (kg/d)

### **1.6.5. Sedimentador Rectangular**

#### **1.6.5.1. Área del Sedimentador Rectangular**

“Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión:

**Ecuación. (1.41)**

$$A_{SD} = \frac{Q_{MD}}{V_{SD}}$$

Donde:

$A_{SD}$  = área del sedimentador ( $m^2$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/h$ )

$V_{SD}$  = Velocidad terminal (m/h) es de 1,8 según Hernández, A.

#### **1.6.5.2. Volumen del sedimentador ( $V_{SDT}$ )**

El volumen es la magnitud física que expresa:

**Ecuación. (1.42)**

$$V_{SDT} = Lgs \times A_{SD}$$

Donde:

$V_{SDT}$  = volumen del sedimentador ( $m^3$ )

$A_{SD}$  = Área del sedimentador ( $m^2$ )

Lgs = Largo del sedimentador (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación del área:

**Ecuación. (1.43)**

$$A_{SD} = Lgs \times a_{SD}$$

Se usa una relación 1/2 de ancho/largo (NORMA RAS 2000) para el cálculo de las medidas interiores del sedimentador, mediante la siguiente ecuación:

$$Lgs = 2 a_{SD}$$

Entonces:

$$A_{SD} = 2 a_{SD} \times a_{SD}$$

$$A_{SD} = 2 a_{SD}^2$$

**Ecuación. (1.44)**

$$a_{SD} = \frac{A_{SD}}{2}$$

Donde:

$A_{SD}$  = área del sedimentador (m<sup>2</sup>)

Lgs = largo del sedimentador (m)

$a_{SD}$  = ancho del sedimentador (m)

**1.6.5.3. Tiempo de retención Hidráulico**

El tiempo de retención hidráulica se calcula por medio de la siguiente deducción:

**Ecuación. (1.45)**

$$T_R = \frac{V_{SD}}{Q_{MD}}$$

Donde:

$T_R$  = tiempo de retención (h)



$V_{SD}$  = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario (m<sup>3</sup>/h)

#### 1.6.5.4. Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos

La eficiencia de la remoción de la DBO y los SST, en sedimentadores como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención mediante una modelación matemática se obtuvo la siguiente expresión:

**Ecuación. (1.46)**

$$Re = \frac{T_R}{a + bT_R}$$

Donde:

Re= Porcentaje de remoción esperado, %

$T_R$  = Tiempo nominal de retención, h

a y b = Constantes empíricas.

#### 1.6.6. Lechos de secado

“Para el diseñar los lechos de secado se toma en consideración lo siguiente, de acuerdo a OPS/CEPIS/05.164:

##### 1.6.6.1. Cálculo de la contribución per cápita

**Ecuación. (1.47)**

$$cper = Sm \times \frac{1}{Pa} \times Q_{max \text{ dia}}$$

Donde:

$Q_{max \text{ día}}$  = caudal máximo al día (L/día)

$Pa$  = población actual (habitantes)

$Sm$  = sólidos a verter en el lecho (mg/L)

$cper$  = contribución per cápita (gss/kg)

### 1.6.6.2. Cálculo de la carga de sólidos que ingresan al sedimentador

#### Ecuación. (1.48)

$$C = \frac{Pd \times cper}{1000}$$

Donde:

C = Carga de sólidos (KgSS/hab×día)

Pd= población diseño (habitantes)

cper= contribución per cápita (gss/kg)

### 1.6.6.3. Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos

#### Ecuación. (1.49)

$$Msd = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C) + (0,5 \times 0,3 \times C)$$

Donde:

Msd = masa de sólidos (KgSS/hab×día)

### 1.6.6.4. Cálculo del volumen diario de lodos digeridos

#### Ecuación. (1.50)

$$Vld = \frac{Msd}{Dlodo \times \frac{\%sólidos}{100}}$$

Donde:

Vld = volumen de lodos dirigidos (L/día)

Msd = masa de sólidos (KgSS/hab×día)

Dlodo = densidad del lodo (kg/L)

% sólidos= sólidos contenidos en el lodo

### 1.6.6.5. Cálculo del volumen a extraer

### **Ecuación. (1.51)**

$$V_{ed} = \frac{V_{ld} \times T_d}{1000}$$

Donde:

$T_d$  = tiempo de digestión de lodos (día)

$V_{ld}$  = volumen de lodos dirigidos (L/día)

$V_{ed}$  = volumen de lodos extraídos ( $m^3$ )

### **1.6.6.6. Área del lecho de secado**

### **Ecuación. (1.52)**

$$A_{ls} = \frac{V_{ed}}{H_{al}}$$

Donde:

$A_{ls}$  = Área del lecho de secado ( $m^2$ )

$V_{ed}$  = volumen de lodos extraídos ( $m^3$ )

$H_{al}$  = Profundidad del lecho de secado (m)" (CHANGO, G. 2014.)

### **1.6.7. Tanque de desinfección.**

En conclusión la desinfección es la última etapa en este sistema de tratamiento de aguas servidas, en esta fase se elimina todos los microorganismos patógenos para garantizar la vida en el cuerpo hídrico de agua dulce y así el cumplimiento de todos los parámetros para que el agua este considerada apta para su posterior vertido.

#### **1.6.7.1. Volumen del tanque de desinfección(mezcla)**

El volumen o capacidad del tanque de la mezcla de cloro puede darse por:

### **Ecuación. (1.53)**

$$V_{TM} = Q_{MD} \times t_{or} \times f_s$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$t_{or}$  = Tiempo óptimo de retención o contacto (s) el valor es de 1800.

$f_s$  = Factor de seguridad (adimensional) se propone un valor de 1,10

$V_{TM}$  = Volumen del tanque para la mezcla de cloro, ( $m^3$ )

### 1.6.7.2. Altura del tanque de desinfección para la mezcla de cloro

La altura del tanque para la mezcla de cloro se da por:

**Ecuación. (1.54)**

$$H_{TC} = \frac{V_{TM}}{A_{TC}}$$

Donde:

$V_{TC}$  = Volumen del tanque para la mezcla de cloro, ( $m^3$ )

$A_{TC}$  = Área del tanque para la mezcla de cloro ( $m^2$ ) Se propone un valor de 10,5.

$H_{TC}$  = Altura del tanque para la mezcla de cloro (m)

### 1.6.7.3. Peso de cloro necesario para suministrar al sistema ( $P_{Cl}$ )

El peso de cloro necesario para tratar el agua servida viene dado por la ecuación:

**Ecuación. (1.55)**

$$P_{Cl} = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400 \times Dhs}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

$D$  = Dosis de cloro necesario (mL/L) obtenido en laboratorio 0,075.

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario (kg/d)

$Dhs$  = Densidad del hipoclorito de sodio al 2,5 % es de 1040 mg/mL

1000 Y 86400 = Factor de conversión

#### 1.6.7.4. Peso del cloro para diseñar el hipoclorador

El peso de cloro para el hipoclorador para tratar el agua servida viene dado por la ecuación:

**Ecuación. (1.56)**

$$P_{Cl} = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

D = Dosis de cloro necesario obtenido en laboratorio

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario (kg/d)

86400 y 1000 = Factor de conversión

#### 1.6.7.5. Volumen del hipoclorador ( $V_H$ )

El volumen del hipoclorador se determina por:

**Ecuación. (1.57)**

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5C}$$

Donde:

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario para el hipoclorador, (Kg/d)

C = Concentración de la solución ( 2,5%)

$V_H$  = Volumen del hipoclorador ( $m^3$ )

### 1.7. Muestreo

Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas. Entre los tipos de muestreo está: varias situaciones de muestreo, algunas de las cuales pueden ser satisfechas tomando una

simple muestra puntual, en cambio otras pueden requerir de un equipo de muestreo sofisticado.

### ***1.7.1. Muestra***

En el caso de una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población a ser estudiada.

#### **1.7.1.1. Tipos de muestra.**

Los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular son necesarios para indicar la calidad del agua.

##### **1.7.1.1.1. Muestras puntuales**

Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo. Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada.

El muestreo automático equivale a una serie de muestras tomadas en un tiempo preestablecido o en base a los intervalos de flujo. Se recomienda tomar muestras puntuales si: el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras.

También se puede tomar muestras puntuales para establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad. La toma de muestras puntuales se recomienda para la determinación de parámetros inestables como: la concentración de gases disueltos,

cloro residual y sulfitos solubles.

#### **1.7.1.1.2. Muestras periódicas**

Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos (dependientes del tiempo), estas muestras se toman usando un mecanismo cronometrado para iniciar y finalizar la recolección del agua durante un intervalo de tiempo específico. Un procedimiento común es bombear la muestra dentro de uno o más recipientes durante un período fijo, el volumen está determinado para cada recipiente.

Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del volumen), estas muestras son tomadas cuando el criterio de la calidad del agua y el volumen del efluente no están relacionados. Para cada unidad de volumen de flujo, se toma una muestra controlada independientemente del tiempo.

Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del flujo), estas muestras se toman cuando las variaciones en el criterio de calidad del agua y la variación del flujo del efluente no están relacionados. Se toman volúmenes diferentes de muestra a intervalos constantes de tiempo. El volumen depende del flujo.

#### **1.7.1.1.3. Muestras continuas.**

Muestras continuas tomadas a flujos fijos, las muestras tomadas por esta técnica contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el período de muestreo.

#### **1.7.1.1.4. Muestras en serie**

Muestras para establecer perfiles en profundidad, es una serie de muestras de agua tomadas a varias profundidades en el cuerpo de agua y en un punto específico. Muestras para establecer perfiles de áreas, es una serie de muestras de agua tomadas a una

profundidad específica del cuerpo de agua en varios puntos.

#### **1.7.1.1.5. Muestras compuestas**

Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo. (Dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas. Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio.

Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo. Las muestras compuestas son recomendables cuando la conformidad con un límite está basado en la calidad promedio del agua.

#### **1.7.1.1.6. Muestras de grandes volúmenes**

Algunos métodos de análisis para ciertas determinaciones requieren del muestreo de grandes volúmenes, desde 50 litros a varios metros cúbicos. Estas muestras son necesarias cuando se analizan pesticidas o microorganismos que no pueden ser cultivados.

La muestra se recolecta de la manera convencional, tomando precauciones para asegurar la limpieza total del recipiente o del contenedor de la muestra, o pasando un volumen medido a través de un cartucho absorbente o filtro dependiendo de la determinación. Un cartucho intercambiador de iones o de carbón activado se usa en muestras que se someten al análisis de pesticidas; mientras que un filtro con cartucho de polipropileno de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro se recomienda cuando se analiza *criptosporidium*.

#### **1.7.1.2. Tipos de recipiente para muestras.**

Los tipos de recipientes para muestras son de diferentes tipos como normales, especiales, para contaminantes orgánicos y para análisis microbiológico, a continuación se detalla cada uno:



#### **1.7.1.2.1. Recipientes normales**

Son adecuadas las botellas de polietileno y las de vidrio borosilicatado para la toma de muestras en las que se realizará el análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas naturales. Otros materiales químicamente más inertes, por ejemplo: politetrafluoroetileno (PTFE), son preferidos pero su uso no está muy extendido en los análisis de rutina.

La tapa de tornillo, en las botellas de boca angosta y ancha se debe acoplar con tapas y tapones de plástico inerte o tapones de vidrio esmerilado (propenso a trabarse con las soluciones alcalinas). Si las muestras son transportadas en caja al laboratorio para los análisis, la tapa de la caja debe ser construida para prevenir el aflojamiento de los tapones, lo que puede producir derramamientos y/o contaminación de la muestra.

#### **1.7.1.2.2. Recipientes especiales**

A las consideraciones ya mencionadas se suma el almacenamiento de muestras que contienen materiales foto sensitivos, incluidas las algas, que requieren ser protegidas de la exposición a la luz.

En estos casos, se recomiendan los recipientes de materiales opacos o de vidrio no actínico, y deben ser colocados en cajas a prueba de luz durante el almacenamiento por largos períodos. La recolección y el análisis de las muestras que contengan gases disueltos o constituyentes que puedan alterarse por aireación plantean un problema específico. Las botellas de boca angosta para análisis de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) deben tener tapones de vidrio esmerilado para minimizar la inclusión de aire, y se requiere de un sellante especial durante el transporte.

#### **1.7.1.2.3. Recipientes para el análisis de contaminantes orgánicos, en trazas**

Las botellas para muestras en las que se analizarán contaminantes orgánicos en trazas, deben ser de vidrio, debido a que los recipientes plásticos interfieren con la alta sensibilidad del análisis. La tapa debe ser de vidrio o de politetrafluoroetileno (PTFE).

#### **1.7.1.2.4. Recipientes para el análisis microbiológico**

Los recipientes para las muestras en las que se realizará el análisis microbiológico deben resistir las altas temperaturas de esterilización. Durante la esterilización o en el almacenamiento de muestras los materiales no deben producir o liberar químicos que puedan inhibir la viabilidad microbiológica, liberar químicos tóxicos o químicos que aceleren el crecimiento. Las muestras deben permanecer selladas hasta que sean abiertas en el laboratorio y deben estar tapadas para prevenir la contaminación.

### **1.8. Legislación Ambiental Vigente**

#### ***1.8.1. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua***

Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen. En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- Las cabeceras de las fuentes de agua.
- Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:

**Tabla 1.13. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Aldehídos		mg/L	2,0
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/L	100

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Oxígeno (5 días)			
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/L	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos Sedimentables		mL/L	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	100
Sólidos totales		mg/L	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/L	2,0
Sulfuros	S	mg/L	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0
Vanadio		mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	5,0

\* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

FUENTE: TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12.

## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

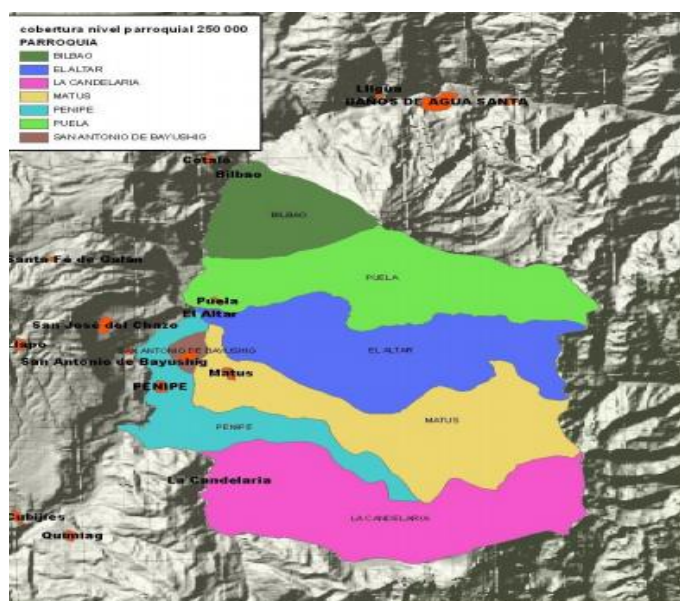
#### 2.1. Muestreo

##### 2.1.1. Zona de la investigación

###### 2.1.1.1. Localización.

La ejecución del proyecto será en la Parroquia Rural Matus del Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo, situada a 25 km de distancia de la ciudad de Riobamba; en la parte nororiental de la provincia de Chimborazo, en el centro y sur-este del Cantón Penipe con una extensión de 7424 hectáreas y su altitud de 2700 a 2800 msnm, con una u mostrada en la figura siguiente:

**Figura 2.7. Ubicación geográfica de la Parroquia Matus**



FUENTE: PDOT Matus, 2014.

### **2.1.1.2.Límites.**

Sus límites son los siguientes:

**Tabla 2.14. Límites de la Parroquia Rural Matus**

<b>PUNTOS CARDINALES</b>	<b>LÍMITE</b>
NORTE	EL ALTAR
SUR	PARROQUIA CANDELARIA
ESTE	MORONA SANTIAGO
OESTE	BAYUSHIG Y PENIPE

FUENTE: PDOT Matus, 2014.

### **2.1.1.3.Topografía.**

La totalidad de la topografía localizada en la investigación es irregular con declives pequeños, por conclusión es plana en un 70 % e irregular en un 30 %.

### **2.1.1.4. Temperatura.**

La Temperatura de la zona oscila entre 8 y 20 grados y durante el año se presentan las dos estaciones climáticas invierno y verano.

### **2.1.1.5. Suelos**

En la parroquia Rural Matus posee suelos profundos de condiciones variables tomando en cuenta su textura variable, la zona de estudio tiene suelos de textura franca-arenosa. La parte donde se localiza el proyecto es de tendencia poco inclinada con zonas planas.

### **2.1.2. Tipo de muestreo**

En las aguas servidas de la parroquia Rural Matus se realizó un muestreo compuesto que es de conformación por varias mezclas de muestras de aguas individuales efectuados en distintos puntos y tiempos del agua servida, debido que sosteniendo esa fundamentación simbolizará una optimización de recursos humanos como materiales, a diferencia si se efectuaría el análisis por aislado de una variedad de muestras in situ y

su calidad promedial, posteriormente se desarrolló el análisis inicial teniendo como punto sobresaliente el factor costo-beneficio.

### **2.1.3. Plan de muestreo**

Al momento inicial en la Parroquia Rural Matus para obtener un muestreo representativo con la medición del caudal diario se considera que se realizó por dos semanas, en la primera los días lunes, martes, miércoles, y la siguiente jueves, viernes, sábado, domingo con el objetivo de observar si existe alguna variación del caudal entre semana, día y cada media hora.

Al realizar la medición del caudal se distinguió que en días lluviosos su caudal aumenta significativamente con relación a días secos en las aguas servidas del lugar.

En el ámbito de la caracterización del agua servida se efectuó la toma primera el día 30 de octubre del 2014 y la posterior el 31 de Octubre del 2014 tomando presente todas las precauciones del recipiente donde se va ubicar.

Para las muestras individuales que conforman la compuesta se tomó un volumen de 500 mL por cada 25 minutos en el lapso de 300 minutos, por tanto el volumen que se posee es de 6000 mL lo que fue requerido para cada uno de los dos análisis iniciales, se realiza el mismo proceso para tener muestra compuesta para el tratamiento, demandando 18000 mL para efectuarlo en el laboratorio, adquiriendo una calidad promedio apta y representativa para su investigación.

### **2.1.4. Materiales de muestreo**

**Tabla 2.15. Materiales empleados en la investigación**

<b>UNIDADES</b>	<b>MATERIALES</b>
1	Cubeta de 10000 mL
1	Probeta de 250 mL
5	Envase de plástico estéril de 6000 mL
3	Frasco estéril de 100 mL
1	Termómetro 360 °C
1	Cámara fotográfica
1 caja	Guantes de látex



1	Mandil
1	Mascarilla
1	Celular(cronómetro)

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 2.1.5. Transporte y manejo de muestras

En el transporte de la muestra los frascos y recipientes se llenaron con un margen de seguridad del volumen total de los mismos, disminuyendo los riesgos de pérdida y derrames de la muestra por tal razón que el lugar de muestreo queda a unos 60 minutos del laboratorio.

Para cada toma de muestra se inspeccionó minuciosamente: la temperatura, el clima, y se etiquetó respectivamente con el tipo de muestra que es agua servida, el lugar, la fecha y hora, para su respectiva caracterización inicial.

### 2.1.6. Caracterización del agua servida

En el agua servida los parámetros a considerar para el análisis fueron fundamentados en la normativa vigente del país que este caso es del Ministerio del Ambiente del Ecuador los cuales son:

**Tabla 2.16. Parámetros de análisis del agua servida según la normativa vigente.**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Fosfatos	P	mg/L	10
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Nitratos	Expresado como	mg/L	10,0

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
	Nitrógeno (N)		
Potencial de hidrógeno	Ph		5-9
Sólidos Sedimentables		mL/L	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	100
Sólidos totales		mg/L	1 600
Temperatura	°C		< 35

FUENTE: TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12.

## 2.2. Metodología

### 2.2.1. Metodología de trabajo

La actual investigación se comenzó con un análisis in situ de la medición del caudal del sistema de alcantarillado de la Parroquia Rural Matus que se inició el día lunes 13 hasta el domingo 26 de Octubre del 2014, por tal razón su duración es de dos semanas, durante el día se tomó desde las 07h00 hasta las 19h00 con un intervalo de media hora para cada aforo.

Al realizar la medición del caudal se optó por el método volumétrico al realizar el llenado de un recipiente de 10000 mL en un determinado lapso de tiempo, el sistema de alcantarillado conduce las aguas servidas por gravedad hacia el lugar de los pozos de captación, a considerar que para caudales pequeños el método escogido el más adecuado.

Por medio de estas mediciones diarias del caudal se desarrolla gráficas de la curva de caudal vs. Tiempo(hora), claramente se puede notar que día hubo más aforo y determinar que la razón fue el clima.

## **2.2.2. Métodos y Técnicas**

### **2.2.2.1. Métodos.**

Para este proyecto de estudio se utilizara el denominado método experimental, utilizando como métodos lógicos la inducción y la deducción mediante el cual podemos identificar los hechos más relevantes que se llevan a cabo en el agua servida de la Parroquia Rural Matus, en si las variables que se muestran en el análisis del problema de estudio para obtener un adecuado diseño de sistema de tratamiento del agua servida.

- **Inductivo**

En este método se logra conocer los focos de contaminación que implicara implantar conclusiones generales, concretas procedentes esencialmente de la observación del lugar a implantar el sistema de tratamiento, luego de una análisis se ejecutara perennemente para el diagnóstico técnico de las descarga de agua servida al cuerpo hídrico de agua dulce.

La experimentación se ha de cumplir a nivel de laboratorio para producir la caracterización de las aguas servidas.

- **Deductivo**

El presente estudio será realizada en las descarga del agua servida en los pozos de captación para diseñar un sistema de tratamiento adecuado, sus efectos que da al no realizar una minimización de impactos ambientales al punto crítico y sus alrededores.

La comprensión del tema es evidente para localizar las fases adecuadas del proceso donde se pueda centralizar al estudio del diseño del sistema de tratamiento para determinar las posibles soluciones al problema.

- **Experimental**

Método donde se descubre pasos establecidos para que con herramientas confiables sean realizables considerar aceptables, en el laboratorio por medio de determinados equipos y materiales especializados, se obtendrá datos con una confianza aceptable que consecutivamente se programa alternativas de mejora del agua servida, para su vertido posterior en un cuerpo hídrico de agua dulce que llegará a la validación de la sobresaliente alternativa del proyecto.

### 2.2.2.2. Métodos del laboratorio de Análisis Técnicos.

**Tabla 2.17. Métodos de Análisis de Aguas**

MEDIDA	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Conductividad	Electrométrico	Se usa el conductímetro para el análisis respectivo. Esperar hasta un valor de conductividad estable, luego registrar el valor obtenido.
Coliformes Fecales	Sembrado	Se esteriliza el equipo microbiológico de filtración por membranas, luego se siembra y toma la lectura a las 24 horas a partir de la siembra, posterior se realiza y realizar el conteo de las colonias desarrolladas.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Respirométrico	Se toma 100 mL de muestra en una botella oscura, se ubica una barra magnética luego se añade el sobre buffer nutritivo o el cultivo(2 mL), coloque una pastilla Li OH y colocar en la incubadora, tomar las mediciones respectivas.
Demanda Química de Oxígeno	Espectrofotométrico	Se precalienta a 150 ° c en el digestor DQO con la solución digestora, luego dejarlo enfriar y medir en el espectrofotómetro HACH.
Fosfatos	Espectrofotométrico	Se selecciona en el espectrofotómetro

CONTINUARÁ

		HACH el test 490 P react. PV, llenar una cubeta con la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de PhosVer 3 en polvo, agitar, seleccionar el temporizador y esperar 2 minutos de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerar, colocar la muestra y registrar el valor obtenido, si esta fuera de rango es necesario hacer diluciones.
Materia flotante	Físico	Observación de la muestra si posee algún material extraño.
Nitratos	Espectrofotométrico	Se selecciona en el espectrofotómetro HACH el test 355 N Nitrato RA PP, llenar una cubeta con la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de nitrato NitraVer 5 en polvo, agitar, esperar 5 min de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerar, colocar la muestra y registrar el valor obtenido, si esta fuera de rango es necesario hacer diluciones.
<b>Potencial de hidrógeno</b>	Potenciométrico	Se determina con el uso del pH-metro y es una medición directa.
<b>Sólidos Sedimentables</b>	Volumétrico	Se llena un icono Imhoff hasta la marca con la muestra de 1000 mL se deja sedimentar durante 45 minutos y se registra el resultado.
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	Gravimétrico	Se realiza mediante un medio filtrante y una bomba de vacío con 50 mL de muestra, la diferencia de pesos de medio filtrante multiplicado por 20000 nos dará

		su respectivo resultado.
<b>Sólidos totales</b>	Gravimétrico	Se pesa una caja petri, colocar 25 ml de muestra, someter a baño María hasta sequedad, introducir la caja en la estufa, colocarla en el desecador por 15 min y pesarla para registrar el resultado..
<b>Turbiedad</b>	Nefelométrico	Utilizar el turbidímetro para el análisis. A través de la celda de cristal del equipo, se ajusta el rango de lectura, se lee y registra el valor del resultado.

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 2.2.2.3. Técnicas

En la caracterización de las distintas muestras para análisis de agua servida se utiliza el STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 20 TH EDITION DE LA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF).

A continuación se indican las técnicas empleadas para cada uno de los análisis:

**Tabla 2.18. Técnicas empleadas en el laboratorio**

CONDUCTIVIDAD		
TÉCNICA	MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS	PROCEDIMIENTO
<b>STANDARD METHODS 2510-B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductímetro</li> <li>• Vaso de precipitado de 250ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el Conductímetro.</li> <li>• Tomar la lectura en el Conductímetro el cual trae tres diferentes escalas (0-1, 0-10, 0-1000) micro ohms*cm, la misma</li> </ul>

		que tenemos que regular de acuerdo a la escala que se requiera.
<b>COLIFORMES FECALES</b>		
<b>STANDARD METHODS 2550</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de agua</li> <li>• Agua Peptonada al 0,1%</li> <li>• Placas estériles</li> <li>• Equipo de filtración</li> <li>• Membranas filtrantes estériles.</li> <li>• Bombas de vacío</li> <li>• Pinzas estériles</li> <li>• Estufa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar una membrana filtrante estéril, bajo condiciones asépticas, sobre el centro del portafiltro, usando pinzas estériles, con la superficie cuadrículada hacia arriba.</li> <li>• Ensamblar el equipo, colocando el dispositivo de filtración y asegurando con una pinza.</li> <li>• Colocar 100 ml de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar.</li> <li>• Lavar el embudo con aproximadamente 100 ml de agua peptonada al 0,1%.</li> <li>• Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo.</li> <li>• Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.</li> <li>• Incubar las placas en forma invertida, a las diferentes temperaturas y tiempos, de acuerdo al microorganismo investigado; en este caso para la determinación de Coliformes se debe incubar a <math>35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}</math> en un tiempo de 24 a 48 h.</li> </ul>
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)</b>		
<b>STANDARD METHODS 5210-B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de DBO</li> <li>• Botellas de incubación</li> <li>• Grasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caliente o enfrié la muestra hasta <math>2^{\circ}\text{C}</math> de la T de incubación (<math>20^{\circ}</math>).</li> <li>• Usando una probeta graduada, vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tampones de Copa</li> <li>• Capsula magnética</li> <li>• Probeta graduada</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Embudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra.</li> <li>• Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo requieran.</li> <li>• Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa.</li> <li>• Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo.</li> <li>• Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a <math>20 \pm 2</math> °C.</li> <li>• Prenda el equipo.</li> <li>• Seleccione la duración de la prueba.</li> </ul>
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO</b>		
<b>MÉTODO 5220-C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactor de DQO</li> <li>• Probeta graduada</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Tubos de reactivos de digestión con tapa</li> <li>• Toallas de papel</li> <li>• Pipetas volumétricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precalentar a 150°C el digestor de DQO y tomar la muestra Homogeneizada.</li> <li>• Añadir la disolución digestora respectiva.</li> <li>• Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos.</li> <li>• Colocar los tubos en el digestor y dejar por 2h.</li> <li>• Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar.</li> <li>• Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado.</li> </ul>
<b>FOSFATOS</b>		



<b>HACH MODEL DR/4000 V. METODO HACH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro HACH.</li> <li>• 2 celdas de análisis en el espectrofotómetro HACH.</li> <li>• Pipeta de 10 mL.</li> <li>• Pera de succión</li> <li>• Reactivo PhosVer para fosfatos</li> <li>• Muestra de agua</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir y colocar 10 mL de agua destilada en la primera celda (blanco).</li> <li>• Medir y colocar 10 mL de la muestra de agua en la segunda celda (muestra a analizar)</li> <li>• Agregar el reactivo Phosver para fosfatos en la celda con la muestra a analizar y realizar una agitación.</li> <li>• Colocar en el espectrofotómetro HACH primero la celda con el blanco y posteriormente la celda con la muestra a analizar.</li> <li>• Realizar la lectura respectiva.</li> </ul>
<b>NITRATOS</b>		
<b>HACH MODEL DR/4000 V. METODO HACH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro HACH.</li> <li>• 2 celdas de análisis en el espectrofotómetro</li> <li>• HACH</li> <li>• Pipeta de 10 mL.</li> <li>• Pera de succión</li> <li>• Reactivo Nitramer 5 para nitratos</li> <li>• Muestra de agua</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar el espectrofotómetro HACH mediante el código 353 para nitratos.</li> <li>• En 2 erlenmeyer medir y colocar: 10 mL de muestra de agua sin nada más en el primero (blanco) y 10 mL de muestra de agua con el reactivo Nitramer 5 para nitratos en el segundo(muestra a analizar).</li> <li>• Colocamos tanto el blanco como la muestra a analizar en las celdas de análisis.</li> <li>• Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos el mismo.</li> <li>• Luego se pone la celda a analizar en el espectrofotómetro HACH y se realiza la lectura correspondiente a los nitratos presentes en la muestra analizada.</li> </ul>
<b>PONENCIAL HIDROGENO</b>		
<b>STANDARD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH-metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner agua destilada en el vaso de</li> </ul>

<b>METHODS</b> <b>2550</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vasos de precipitación de 250 mL.</li> <li>• Solución Buffer de pH 4, pH 7, pH 10.</li> <li>• Muestra de agua</li> <li>• Agua Destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• precipitación y enjuagar los electrodos.</li> <li>• Calibrar el pH-metro utilizando las soluciones Buffer en el siguiente orden (4, 7, 10)</li> <li>• Colocar la muestra de agua en otro vaso de precipitación, luego introducir el electrodo en la misma.</li> <li>• Esperar unos minutos hasta que se estabilice el valor y realizar la lectura correspondiente.</li> </ul>
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>		
<b>MÉTODO</b> <b>2540-F</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cono Imhoff</li> <li>• Muestra de análisis</li> <li>• Soporte de madera</li> <li>• Aguas destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumétrico: llénese un cono Imhoff hasta la marca con la muestra.</li> <li>• Deje sedimentar durante 45min. removiendo constantemente con una varilla.</li> <li>• Tomar la medición obtenida.</li> </ul>
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>		
<b>Norma</b> <b>13APHA</b> <b>2540D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo al vacío</li> <li>• Muestra de análisis</li> <li>• Filtro (papel filtro)</li> <li>• Aguas destilada</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar 50 mL de muestra.</li> <li>• Pesar el papel filtro sin filtrar.</li> <li>• Filtrar al vacío y luego pesar el papel filtrado.</li> <li>• Restar los pesos y multiplicar por 20000 para obtener el resultado.</li> </ul>
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>		
<b>STANDARD</b> <b>METHODS</b> <b>*2540</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vasos de precipitación de 250 mL.</li> <li>• Caja Petri</li> <li>• Estufa</li> <li>• Baño María</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza Analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coger una caja petri y colocarla en el desecador por 30 minutos.</li> <li>• Pesar la caja petri en la balanza analítica. Se tiene el valor de P1.</li> <li>• Colocar 25 mL. de muestra de agua en la caja petri. Se tiene el V muestra.</li> <li>• Someterla a baño María hasta que se evapore.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir en la estufa hasta que se evapore completamente, luego ponerla en el desecador por unos 15 minutos aproximadamente. Se tiene el valor de P2.</li> <li>• Pesarse y registrar el valor de la caja petri con la muestra evaporada y deshidratada.</li> </ul>
<b>TURBIEDAD</b>		
<b>MÉTODO HACH 46500-88</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidímetro HACH</li> <li>• Celda</li> <li>• Tela especial para limpieza</li> <li>• Muestra de agua</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la celda donde se va a realizar la lectura con la tela especial, de esta manera se evitará cualquier tipo de error.</li> <li>• Colocar la muestra de agua y agitar vigorosamente para una correcta homogenización de la misma.</li> <li>• Introducir la celda en el turbidímetro y esperar unos segundos hasta que se estabilice el valor de turbiedad.</li> <li>• Leer en la escala correspondiente el valor de la turbiedad, el mismo vendrá dado en UNT.</li> </ul>

FUENTE: STANDAR METHODS, 2550 Edición 17. y HACH MODEL DR/4000 V. METODO HACH.

## 2.3. Datos experimentales

### 2.3.1. Situación actual

**Figura 3.8. Situación actual**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### ***2.3.2. Situación inicial(diagnóstico – caracterización del agua servida)***

La Parroquia Rural Matus actualmente sus aguas servidas que produce la población a analizar desaloja al sistema de alcantarillado, el mismo que deposita en unos pozos de captación los mismos que generan contaminación ambiental y el peligro que estos colapsen, en el lugar no posee ningún tipo de tratamiento, generalmente en los pozos se halla infiltraciones de los mismos que su descarga se da al Río Matus.

Las aguas servidas resultantes de varios servicios cogen cuantías de desechos fecales, materia orgánica, sólidos de pequeño tamaño como arena, palos, piedras, fundas esto se incrementa en época de lluvia o invierno.

En el desarrollo de este tema de investigación se cumplió con la medición del caudal diario el cual varía cada día, pero no es en grandes cantidades sino mínima, esto se da por el trajinar de los pobladores de la Parroquia Rural Matus del Cantón Penipe.

El nivel de consumo aproximado de agua potable por habitante de la Parroquia Rural Matus fue de 271,10 L/hab\*d; el caudal de diseño más alto que se tomó fue de 8, 63 m<sup>3</sup>/h, el mismo que se estima para una proyección de 25 años.

En la caracterización inicial o antes del tratamiento del agua servida se tiene de dos análisis muy significativos tanto en: físico, físico-químico y microbiológico.

**Tabla 2.19. Análisis Físicos**

COLOR	Ligeramente verdoso-amarillento.
OLOR	Desagradable(no soportable)
ASPECTO	Presencia de material flotante y condiciones turbias.

FUENTE: SAQMIC y GUANGA, Ulises.

**Tabla 2.20. Análisis Físicos-Químicos**

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO		PROMEDIO	NORMATIVA TULSMA
			M1	M2	MP	LÍMITE MÁXIMO
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	404	437	421	.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B	162	150	<b>156</b>	<b>100</b>
Demanda Química de Fosfatos	mg/L	5220-C	287	260	<b>274</b>	<b>250</b>
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	16	15,47	<b>15,74</b>	<b>10</b>
Potencial de hidrógeno		4500-B	0,4	0,30	0,35	10
Sólidos Sedimentables		4500-B	6,56	7,35	6,96	5-9
Sólidos Suspendidos	mL/L	2540-B	6	5	<b>6</b>	<b>1</b>
Sólidos totales	mg/L	2540-C	90	80	85	-
Turbiedad	mg/L	2540-A	810	702	756	
	UTM	2130-B	43	31,40	37,2	-

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, ESPOCH; SAQMIC y de Servicios Ambientales, UNACH.

**Tabla 2.21. Análisis Microbiológico**

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO		PROMEDIO
			M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>P</sub>
Coliformes fecales	UFC/100 mL	Método estándar 9222B Filtración por membrana.	1,6 x10 <sup>4</sup>	900	8450

FUENTE: SAQMIC y de Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH.

La Parroquia Rural Matus al generar aguas servidas se determina los contaminantes en este caso los parámetros que se encuentran elevados principalmente se observa que Coliformes fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), Demanda Química de Oxígeno, sólidos sedimentables, Fosfatos, están fuera de la normativa vigente del país.

Los parámetros antes mencionados se determinan mediante análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua servida que fueron comparados con la normativa del Ministerio del Ambiente que es el TULSMA, Anexo I, Tabla 12 por tanto se halla resultados fuera de los límites permisibles que debe tener para descargar a efluentes de cuerpos hídricos de agua dulce.

### 2.3.3. Parámetros fuera de la Normativa Vigente

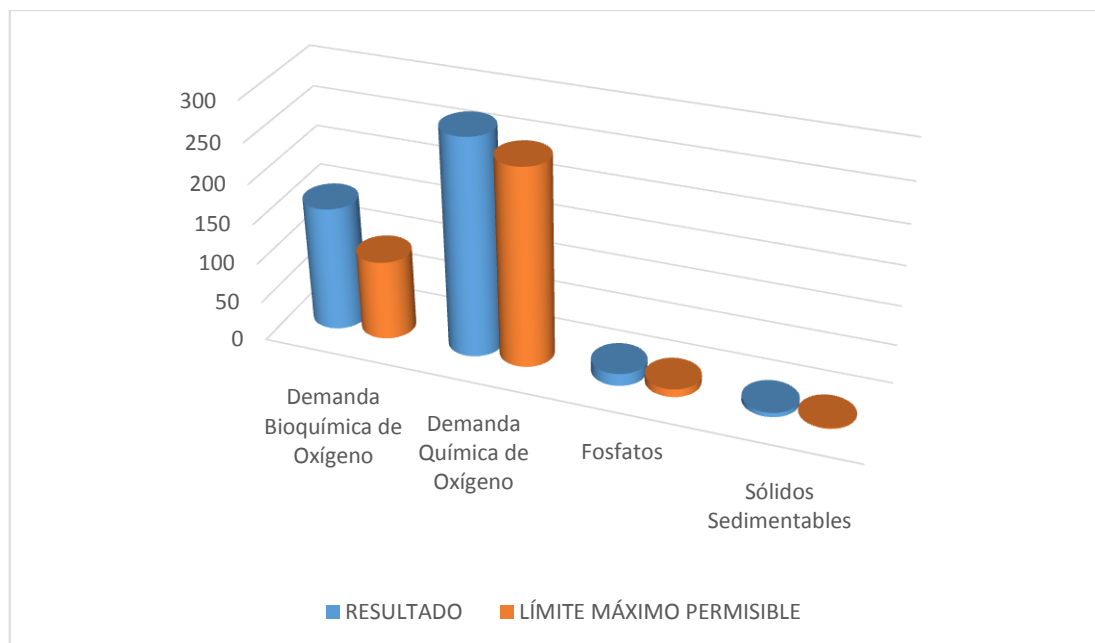
**Tabla 2.22. Parámetros Físicos– Químicos fuera del límite máximo permisible**

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CONDICIÓN
		M <sub>P</sub>		
Demanda Bioquímica de	mg/L	156	100	NO CUMPLE
Demanda Química de	mg/L	274	250	NO CUMPLE
Fosfatos	mg/L	15,74	10	NO CUMPLE

Sólidos	mL/L	5,5	1	NO CUMPLE
---------	------	-----	---	-----------

FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Gráfico 2.1. Parámetros Físicos – Químicos fuera del límite máximo permisible**



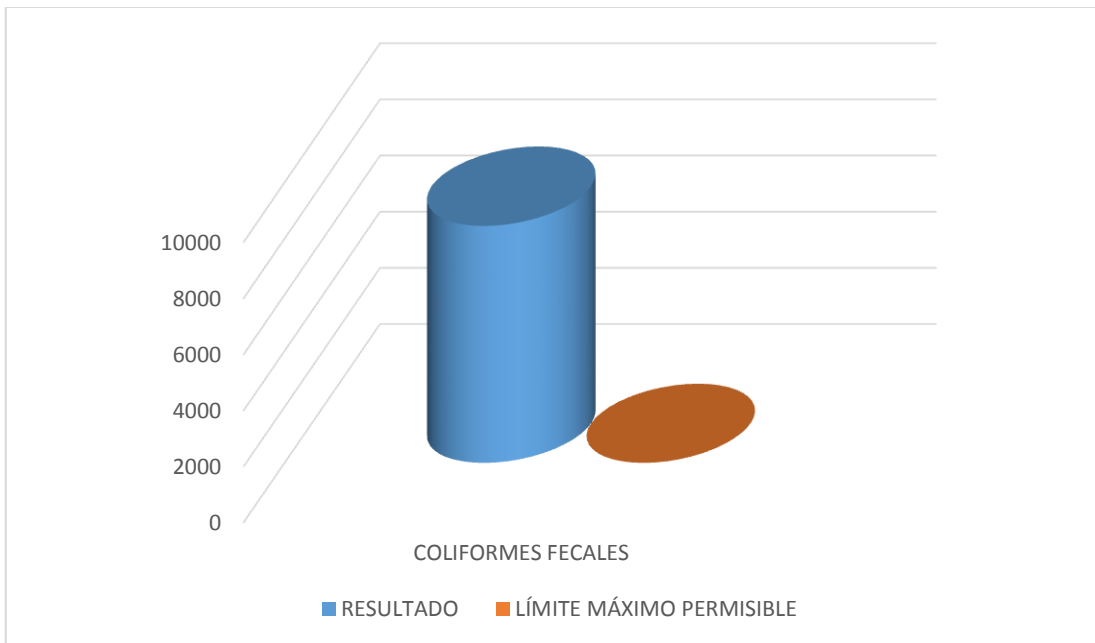
FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Tabla 2.23. Parámetros Físicos – Químicos fuera del límite máximo permisible**

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CONDICIÓN
		MP		
Coliformes fecales	UFC/100 mL	8450	Remoción > al 99,9 %	NO CUMPLE

FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Gráfico 2.2. Parámetros Microbiológicos fuera del límite máximo permisible**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 2.3.4. Datos

#### 2.3.4.1. Datos del monitoreo del *Control de caudales*

**Tabla 2.24. Caudal semanal**

HORA	CAUDAL (Q) (m <sup>3</sup> /h)						
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
<b>07H00</b>	8,10	7,36	7,25	8,40	7,34	9,58	8,02
<b>07H30</b>	10,85	8,11	6,63	8,30	8,18	7,49	7,07
<b>08H00</b>	6,80	6,71	7,03	7,55	7,73	6,28	6,97
<b>08H30</b>	8,36	7,24	6,28	8,33	6,60	6,92	5,17
<b>09H00</b>	8,32	7,56	6,54	8,34	7,42	7,55	5,41
<b>09H30</b>	7,71	8,25	6,36	7,79	7,58	7,76	5,36



<b>10H00</b>	9,28	7,36	6,94	7,78	8,29	7,49	6,72
<b>10H30</b>	7,27	7,79	6,40	7,54	8,57	6,67	6,66
<b>11H00</b>	14,55	6,88	5,70	8,17	7,96	6,49	5,84
<b>11H30</b>	6,69	9,91	6,50	9,65	8,38	6,79	7,92
<b>12H00</b>	7,05	9,89	7,13	8,64	7,35	7,54	7,41
<b>12H30</b>	10,14	8,02	6,85	10,76	7,30	9,03	7,29
<b>13H00</b>	6,58	7,69	6,87	8,32	8,77	7,59	6,53
<b>13H30</b>	8,88	9,84	7,35	7,28	7,66	9,41	8,24
<b>14H00</b>	7,32	7,17	5,69	8,34	7,91	8,78	8,57
<b>14H30</b>	6,88	7,95	4,95	8,74	9,59	8,56	8,20
<b>15H00</b>	7,88	7,27	6,05	8,12	7,44	9,17	6,71
<b>15H30</b>	8,72	6,95	6,17	8,43	7,89	10,65	6,37
<b>16H00</b>	17,69	7,06	5,57	8,78	6,47	5,93	5,76
<b>16H30</b>	13,21	8,69	5,77	9,76	6,47	9,54	5,67
<b>17H00</b>	6,03	7,79	13,83	11,50	8,18	7,93	9,82
<b>17H30</b>	6,44	8,58	15,99	9,88	6,98	7,26	9,17
<b>18H00</b>	5,79	9,37	9,63	9,29	7,23	7,98	7,58
<b>18H30</b>	7,28	7,91	8,63	7,24	8,32	8,22	8,02
<b>19H00</b>	6,88	8,18	9,63	8,72	6,72	8,20	6,78
<b>TOTAL</b>	214,68	199,55	185,72	215,65	192,33	198,80	177,26
<b>Q DIARIO</b>	8,59	7,98	7,43	<b>8,63</b>	7,69	7,95	7,09
<b>Q MÁXIMO</b>	17,69	9,91	15,99	11,50	9,59	10,65	9,82
<b>Q MÍNIMO</b>	5,79	6,71	4,95	7,24	7,69	5,93	5,17

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### ***2.3.5. Pruebas de Tratabilidad de las aguas servidas en Laboratorio***

#### **2.3.5.1. Método de jarras.**

El método de Jarras se ejecuta en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad Ciencias, donde se ubicaba varias opciones para clarificar el agua servida como el uso de Policloruro de Aluminio que mostraba un aspecto económico, eficacia de consideración factible en la relación costo-

beneficio a comparación con otros, con el objeto de disminuir el parámetro fosfato que se localizaba fuera de la norma y sedimentar algunos solidos sedimentables.

Entonces se localizó el Policloruro de Aluminio y se prepara al 10 %, por tanto es diluir de 10g de PAC en 100mL de agua destilada, al obtener esta solución se realiza pruebas con volúmenes de 1mL, 0,7mL, 0,6mL , 0,5mL 0,4mL y 0,3mL, siendo la muestra seleccionado para el sistema de tratamiento la de 0,5mL de la solución de policloruro de aluminio con la que se obtuvo satisfactorios resultados y físicamente se observó agua transparente. Se realizó este método para 2 análisis en el lapso de dos semanas.

**Tabla 2.25. Método de Jarras, parámetros analizados 1 semana.**

<b>Concentración de PAC (%)</b>	<b>Volumen PAC (mL)</b>	<b>pH (Unid.)</b>	<b>Fosfatos (mg/L)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>
10	1	6,78	0,35	0,92
10	0,7	6,83	0,83	1,58
10	0,6	6,85	1,20	2,2
10	0,5	7,14	1,24	2,56
10	0,4	6,81	1,84	2,98
10	0,3	6,79	1,95	3,22

FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Tabla 2.26. Método de Jarras, parámetros analizados 2 semana.**

<b>Concentración de PAC (%)</b>	<b>Volumen PAC (mL)</b>	<b>pH (Unid.)</b>	<b>Fosfatos (mg/L)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>
10	1	6,88	0,39	0,62
10	0,7	6,81	0,89	1,28
10	0,6	6,83	1,24	1,98
<b>10</b>	<b>0,5</b>	<b>7,05</b>	<b>1,16</b>	<b>2,52</b>
10	0,4	6,84	1,87	2,83
10	0,3	6,81	1,90	3,15

FUENTE: GUANGA, Ulises.

## CAPÍTULO III

### DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LOS POZOS DE CAPTACIÓN EN LA PARROQUIA RURAL MATUS DEL CANTÓN PENIPE

## 3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

### 3.1. Cálculos

#### 3.1.1. Población de diseño

La cuantificación de la población de diseño es en base a las aguas servidas y su caudal donde existen variaciones, el caudal está estrechamente relacionado con la población y el consumo de agua que luego los individuos provocan en el transcurso de dos semanas.

##### 3.1.1.1. Población actual.

Los datos tomados del PDOT dato del CENSO PARROQUIAL efectuado en la parroquia Rural Matus revelan que su población actual en habitantes del sitio a análisis del proyecto, son mostradas en la Tablas siguientes:

**Tabla 3.27. Población institucional en el área de análisis**

INSTITUCIÓN	HABITANTES
Escuela Carlos Montufar	29
Subcentro de Salud	3

CONTINUARÁ

Total	32
-------	----

FUENTE: PDOT MATUS, 2014.

**Tabla 3.28. Población por zonas.**

ZONA	HABITANTES
Matus alto	141
<b>Matus centro</b>	<b>732</b>
Calshi	241
Total	1114

FUENTE: PDOT MATUS, 2014.

**Tabla 3.29. Parámetros para la Población futura**

PARÁMETROS	UNIDAD	DATOS
r	%	1,44
N	Años	25

FUENTE: INEC Y PDOT MATUS, 2014.

Con todos estos datos podemos realizar el cálculo de la población actual con la Ecuación. (1.2), por tanto la población actual es:

$$Pa = Pe + Pi$$

Donde:

Pa = población actual (hab)

Pe = población obtenida en el CENSO del PDOT (hab)

Pi = población institucional (hab)

$$Pa = 732 + 32$$

$$Pa = 764 \text{ habitantes}$$

### 3.1.1.2. Población futura.

Para la población futura se calcula por el método geométrico y con los datos de la Tabla 3.29 Parámetros para la Población futura:

Se deduce el cálculo con la Ecuación. (1.3) por lo cual tenemos:

$$Pf = Pa \times \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

Donde:

Pf = población futura (hab)

Pa = población actual (hab)

r = tasa de crecimiento (%)

n = intervalo de tiempo (años)

$$Pf = 764 \times \left( 1 + \frac{1,44}{100} \right)^{25}$$

$$Pf = 1092 \text{ habitantes}$$

**Tabla 3.30. Población futura para cada año**

n	AÑO	POBLACIÓN(HABITANTES)
0	2014	764
1	2015	775
2	2016	786
3	2017	797
4	2018	809
5	2019	821

CONTINUARÁ

CONTINÚA

6	2020	832
7	2021	844
8	2022	857
9	2023	869
10	2024	881
11	2025	894
12	2026	907
13	2027	920
14	2028	933
15	2029	947
16	2030	960
17	2031	974
18	2032	988
19	2033	1002
20	2034	1017
21	2035	1032
22	2036	1046
23	2037	1061
24	2038	1077
<b>25</b>	<b>2039</b>	<b>1092</b>

FUENTE: GUANGA, Ulises.

La población futura con un período de 25 años de proyección con un índice de crecimiento indicado en la Tabla 3.29 se considera que es la determinante llamada POBLACIÓN DE DISEÑO que su resultado se da de 1092 habitantes para el año 2039.

### 3.1.2. Caudales

Para el cálculo de caudales se considera muy importante el periodo de planeamiento o de diseño, debe fijar las condiciones básicas del proyecto como la capacidad del sistema para atender la demanda futura, y su complejidad del diseño es alto para este nivel hay parámetros que se toma en los cálculos posteriores, el nivel es por el tiempo de diseño propuesto de 25 años.

#### 3.1.2.1. Caudal medio de aguas servidas.

Para la deducción de este caudal medio se relaciona primero la dotación de agua que emplea cada habitante de la Parroquia Rural Matus en el transcurso de un día, que fue medido in situ y se representa en Tabla 2.24. Caudal semanal, que es de 8,63 m<sup>3</sup>/h que representa el caudal máximo obtenido en el día, se calcula el caudal medio de agua servida con la Ecuación. (1.4) y Ecuación. (1.5):

$$Dt = \frac{Q_{\max \text{ dia}}}{Pa}$$

Donde:

Q<sub>max día</sub> = caudal máximo obtenido en el día (L/d)

Pa = población actual (hab)

$$Dt = \frac{8,63 \frac{m^3}{h} \times \frac{24 h}{1 d} \times \frac{1000 L}{1m^3}}{764 \text{ hab}}$$

$$Dt = 271,10 \frac{L}{d \text{ hab}}$$

$$Q_m = \frac{Pd \times Dt \times R}{86400}$$

Donde:

Q<sub>m</sub> = caudal medio de agua servida (L/d)

Pd = población de diseño o futura (hab)

R= Coeficiente de retorno para complejidad alto está entre el 0,8-0,85 según el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico pero se toma como base al 0,825 tenemos en la Tabla 1.28. Complejidad del sistema que se halla en alto.

86400 = factor conversor de unidades

$$Q_m = \frac{1092 \text{ hab} \times 271,10 \frac{L}{d \text{ hab}} \times 0,825}{86400}$$

$$Q_m = 2,83 \frac{L}{s}$$

### 3.1.2.2. Factor de mayoración.

Según Harmon válida para poblaciones de 1000 a 1000000 habitantes, en el cual está localizada la población de diseño para la cual se aplica la Ecuación. (1.7):

$$F = 1 + \frac{14}{4 \frac{Pd}{1000}}$$

Donde:

Pd= población de diseño o futura (hab)

F = Factor de mayoración (L/s)

$$F = 1 + \frac{14}{4 \frac{1092}{1000}}$$

$$F = 4,35$$

### 3.1.2.3. Caudal máximo horario.

El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir de la Ecuación. (1.6), con el uso del factor de mayoración.

$$Q_{mh} = Q_m \times F$$

Donde:

Q mh= caudal máximo horario de agua servida (L/s)



$$Q_{mh} = 2,83 \frac{L}{s} \times 4,35$$

$$Q_{mh} = 12,31 \frac{L}{s}$$

#### 3.1.2.4. Caudal de infiltración.

Para conseguir el caudal de infiltración se utiliza los datos para un sistema de complejidad alto, con infiltración media por las condiciones de precipitación y topografía es:  $0,1 - 0,3 \frac{L}{sHa}$  según el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, para la cual la Ecuación. (1.8) será:

$$Q_{INF} = 0,1 \frac{L}{sHa} \times T_{Ha}$$

Donde:

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración, L/s

$T_{Ha}$  = Hectáreas para la zona de estudio es de 20 Ha.

$$Q_{INF} = 0,1 \frac{L}{sHa} \times 20$$

$$Q_{INF} = 2 \frac{L}{s}$$

#### 3.1.2.5. Caudal de conexiones erradas.

El  $Q_C$  se obtiene mediante la Ecuación. (1.9):

$$Q_C = 0,10 Q_{mh} + Q_{INF}$$

Donde:

$Q_C$  = Caudal de conexiones erradas (L/s)

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

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración (L/s)

$$Q_C = 0,10 \cdot 12,31 \frac{L}{s} + 2 \frac{L}{s}$$

$$Q_C = 1,43 \frac{L}{s}$$

### 3.1.2.6. Caudal medio de diseño diario.

El caudal de diseño tenemos por medio de Ecuación. (1.10):

$$Q_{MD} = \frac{Q_{mh} + Q_{INF} + Q_C}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

$Q_C$  = Caudal de conexiones erradas ( L/s)

$Q_{mh}$  = Caudal medio de aguas residuales ( L/s)

$Q_{INF}$  = Caudal de infiltración (L/s)

$$Q_{MD} = \frac{12,31 \frac{L}{s} + 2 \frac{L}{s} + 1,43 \frac{L}{s}}{1000}$$

$$Q_{MD} = 0,01574 \frac{m^3}{s} = 15,74 \frac{L}{s} = 944,4 \frac{L}{h} = 56,66 \frac{m^3}{h} = 1359,94 \frac{m^3}{día}$$

### 3.1.3. Cálculos del diseño ingenieril del sistema de tratamiento de aguas servidas en la Parroquia Rural Matus

#### 3.1.3.1. Cribado.

##### 3.1.3.1.1. Canal del cribado

##### 3.1.3.1.1.1. Área del canal

El área del canal viene dado por la Ecuación. (1.11):

$$A_c = b \times hcna$$

Donde:

$A_c$  = Área del canal ( $m^2$ )

$b$  = Base del canal (m) es de 0,7 según la Tabla 1.4 Consideraciones del diseño de cribado (rejillas)

$hcna$  = Altura del canal hasta el nivel de agua (m) es de 0,8 propuesto de la Tabla 1.4

Lc = Longitud del canal es de 1,10 m propuesto de la Tabla 1.4

$$A_c = 0,7 \times 0,8$$

$$A_c = 0,56 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.1.1.2. Radio hidráulico del canal

El radio hidráulico del canal viene dado por la Ecuación. (1.12):

$$Rh = \frac{b \times hcna}{b + 2hcna}$$

Es necesario calcular la velocidad mínima con la Ecuación. (1.13):

$$Vm = \frac{1}{mc} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times Sg^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

Vm= Velocidad de flujo (m/s)

mc = Coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón o concreto simple según Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

Rh = Radio hidráulico (m)

Sg = Gradiente hidráulico (0,0085 m/m=0,5 ° propuesta)

$$Rh = \frac{0,7 \times 0,8 \text{ m}^2}{0,7 + 2 \times 0,8 \text{ m}}$$

$$Rh = 0,24 \text{ m}$$

$$Vm = \frac{1}{0,013} \times 0,24^{\frac{2}{3}} \times 0,0085^{\frac{1}{2}}$$

$$Vm = 2,73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.3.1.1.3. Área entre barras

El área entre barras se calcula con la Ecuación. (1.14):

$$Ab = \frac{Q_{MD}}{Va}$$

Donde:

$A_b$  = Área entre barras ( $m^2$ )

$V_a$  = Velocidad de aproximación (m/s) es de 0,45 según la Tabla 1.4.

$$A_b = \frac{0,01574 \frac{m^3}{s}}{0,45 \frac{m}{s}}$$

$$A_b = 0,035 m^2$$

#### 3.1.3.1.1.4. Área transversal del flujo

El área transversal del flujo se usa la Ecuación. (1.15):

$$A_f = \frac{A_b e + S}{e}$$

Donde:

$A_f$  = Área transversal del flujo

$A_b$  = Área entre barras ( $m^2$ )

$e$  = Separación entre barras (m) es de 0,025 según la Tabla 1.4.

$S$  = Espesor de las barras (m) es de 0,011 según la Tabla 1.4.

$$A_f = \frac{0,035 m^2 \cdot 0,025 + 0,011 m}{0,025 m}$$

$$A_f = 0,051 m^2$$

#### 3.1.3.1.1.5. Tirante de agua en el canal

El tirante del agua en el canal ( $h$ ) se usa la Ecuación. (1.16):

$$h = \frac{A_b}{b}$$

Donde:

$b$  = ancho del canal (m) es de 0,7 según la Tabla 1.4.

$$h = \frac{0,035 m^2}{0,7 m}$$

$$h = 0,05 \text{ m}$$

### 3.1.3.1.1.6. Altura del canal

El cálculo de la altura del canal (H) de efectúa con la Ecuación. (1.17):

$$H = h + H_s$$

Donde:

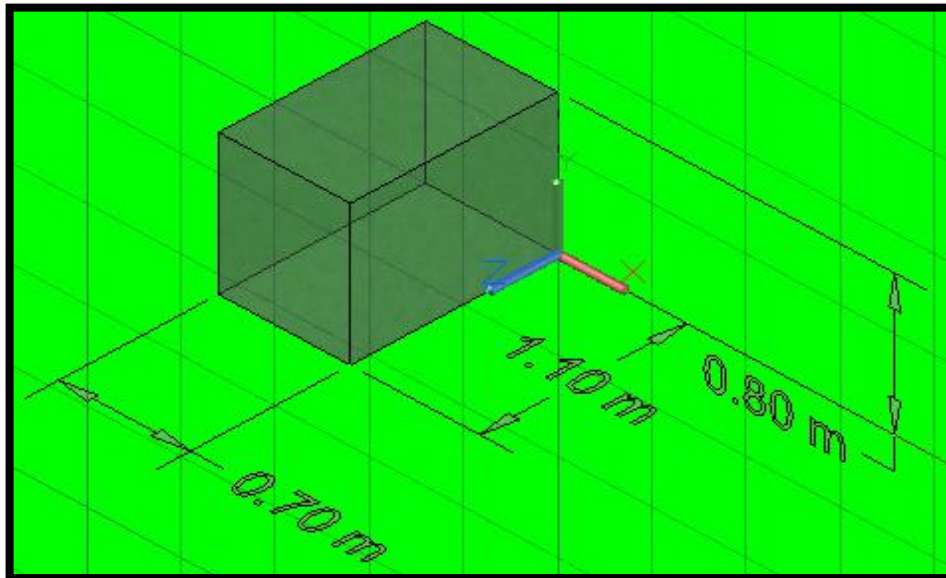
h = tirante del agua en el canal (m)

Hs = altura de seguridad (m) es de 0,75 según la Tabla 1.4.

$$H = 0,05 + 0,75$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

**Figura 3.9. Dimensiones del canal vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.1.3.1.2. Rejillas del cribado

#### 3.1.3.1.2.1. Longitud de las barras ( $L_{BA}$ )

Se efectúa con la Ecuación. (1.18):

$$L_{BA} = \frac{H}{\sin \emptyset}$$

Donde:

H = altura del canal (m)

$\emptyset$  = ángulo de inclinación (°) es de 45 según la Tabla 1.4.

$$L_{BA} = \frac{0,75 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L_{BA} = 1,06 \text{ m}$$

### 3.1.3.1.2.2. Longitud sumergida de las barras( $L_G$ )

Se requiere conocer el nivel máximo de agua y longitud sumergida, usando la Ecuación. (1.19) y Ecuación. (1.20):

$$D_{MAX} = \frac{Q_{MD}}{V_a \times b}$$

Para la longitud tenemos:

$$L_G = \frac{D_{MAX}}{\sin \emptyset}$$

Donde:

Dmax = Nivel máximo de agua (m)

Va = Velocidad de aproximación(m/s) es de 0,45 según la Tabla 1.4.

b = Ancho del canal (m) es de 0,7 según la Tabla 1.4.

$\emptyset$  = ángulo de inclinación (°) es de 45 según la Tabla 1.4.

$$D_{MAX} = \frac{Q_{MD}}{V_a \times b}$$

$$D_{MAX} = \frac{0,01574 \frac{m^3}{s}}{0,45 \frac{m}{s} \times 0,7 \text{ m}}$$

$$D_{MAX} = 0,050 \text{ m}$$

$$L_G = \frac{0,050 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L_G = 0,070 \text{ m}$$

### 3.1.3.1.2.3. Número de barras (Nb)

El número de barras se calcula con la Ecuación. (1.21):

$$Nb = \frac{b - e}{e + S}$$

Donde:

b = ancho del canal en mm es de 700 según la Tabla 1.4.

e = separación entre barras en mm es de 25 según la Tabla 1.4.

S = espesor de las barras en mm es de 11 según la Tabla 1.4.

$$Nb = \frac{700 - 25 \text{ mm}}{25 + 11 \text{ mm}}$$

$$Nb = 19 \text{ barras}$$

### 3.1.3.1.2.4. Pérdida de carga (H<sub>F</sub>)

Las pérdidas de carga se realizan por la Ecuación. (1.22):

$$H_F = \frac{1}{0,7} \times \frac{V_m - V_a}{2g}$$

Donde:

V<sub>m</sub> = velocidad mínima de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

V<sub>a</sub> = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s) es de 0,45 según la Tabla 1.4.

0,7 = coeficiente empírico que incluye que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos.

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ) es de 9,8

$$H_F = \frac{1}{0,7} \times \frac{2,73 - 0,45}{2(9,8)}$$

$$H_F = 0,166 \text{ m}$$

### 3.1.3.1.2.5. Pérdida de carga propuesta por Kirschmer

Las pérdidas de carga a través de una rejilla conociendo su forma se calculan con la Ecuación. (1.23):

$$H_{FK} = \beta \frac{S^{\frac{4}{3}}}{e} \times \frac{Va^2}{2g} \times \sin \phi$$

Donde:

$H_{FK}$  = Pérdida de carga propuesta por Kirschmer (m)

$e$  = Separación entre barras (m) es de 0,025 según la Tabla 1.4.

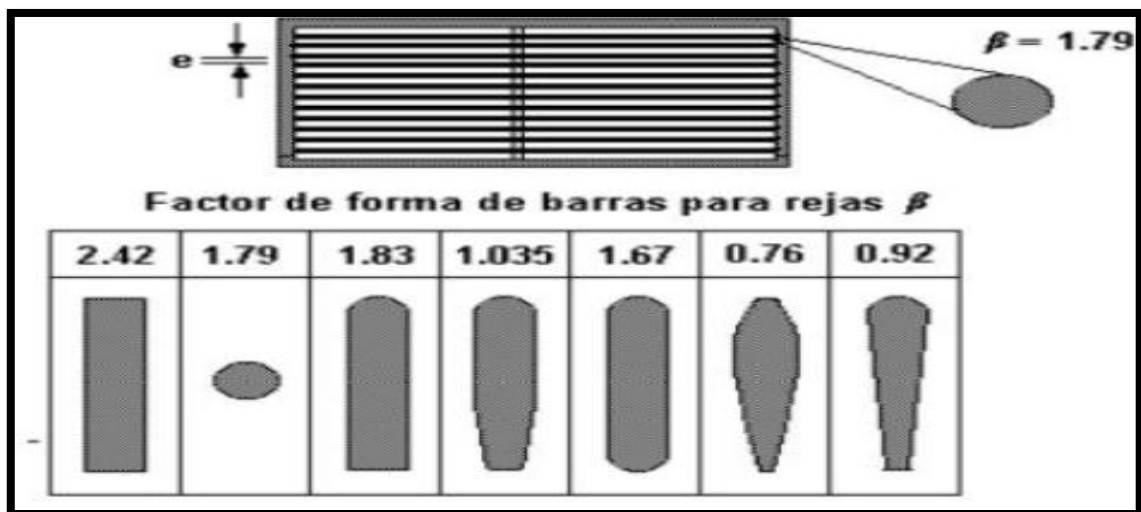
$S$  = Espesor máximo de las barras (m) es de 0,011 según la Tabla 1.4.

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

$\phi$  = Ángulo de inclinación de las barras es de  $45^\circ$  según la Tabla 1.4.

$\beta$  = Factor dependiente de la forma de las barras escogido es de 1,79 según la Figura

1.3. Factor de forma de barras para rejillas:



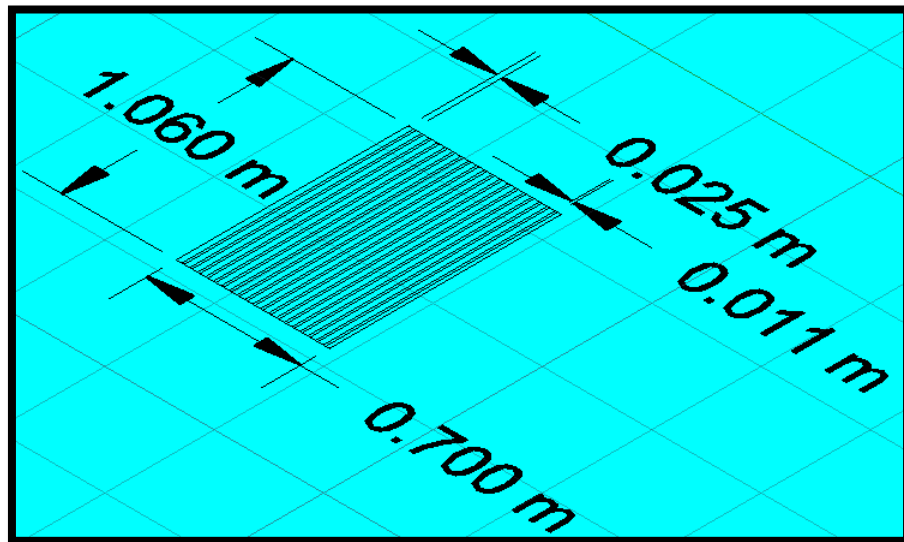
FUENTE: VALDEZ, E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales.



$$H_{FK} = 1,79 \frac{0,011^{\frac{4}{3}}}{0,025} \times \frac{0,45^2}{2 \times 9,8} \times \sin 45$$

$$H_{FK} = 0,00219 \text{ m}$$

**Figura 3.10. Dimensiones de las rejillas vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.1.3.2. Coagulador-floculador.

#### 3.1.3.2.1. Área del Coagulador-floculador

Para determinar el área superficial del Coagulador-floculador se obtiene utilizando la Ecuación. (1.24):

$$A_{CF} = \frac{Q_{MD}}{V_{CF}}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área del coagulador-floculador ( $m^2$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/h$ )

$V_{CF}$  = Velocidad terminal (m/h) es de 2 m/h según la Tabla 1.9. Valores recomendados de la velocidad terminal:

$$A_{CF} = \frac{56,66 \frac{m^3}{h}}{2 \frac{m}{h}}$$

$$A_{CF} = 28,33 m^2$$

### 3.1.3.2.2. Cálculo del Diámetro ( $\phi$ )

Para calcular el diámetro del coagulador-floculador se utiliza la Ecuación.(1.25,1.26,127):

$$A_{CF} = \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A_{CF}}{\pi}}$$

Para el radio del coagulador-floculador tenemos:

$$R_{CF} = \frac{A_{CF}}{\pi}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área ( $m^2$ )

$R_{CF}$  = radio (m)

$\phi$  = diámetro (m)

$\pi$  = Número irracional (3,14159)

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{28,33 m^2}{\pi}}$$

$$\phi = 6 m$$

$$R_{CF} = \frac{28,33 m^2}{\pi}$$

$$R_{CF} = 3 m$$

### 3.1.3.2.3. Volumen del coagulador-floculador

El volumen es la magnitud física se calcula con la Ecuación. (1.28):

$$V_{CF} = L_{gcf} \times A_{CF}$$

Donde:

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador ( $m^3$ )

$A_{CF}$  = Área del coagulador-floculador ( $m^2$ )

$L_{gcf}$  = Largo del coagulador-floculador (m)

Para poder determinar el volumen del coagulador-floculador se utiliza la Ecuación. (1.29):

$$A_{CF} = L_{gcf} \times a_{CF}$$

Pero en este caso se usa una relación dado en la Tabla 1.9. para el cálculo de las medidas interiores del coagulador-floculador, mediante la Ecuación. (1.30):

$$L_{gcf} = 2 a_{CF}$$

Entonces:

$$A_{CF} = 2 a_{CF} \times a_{CF}$$

$$A_{CF} = 2 a_{CF}^2$$

$$a_{CF} = \frac{A_{CF}}{2}$$

Donde:

$A_{CF}$  = área del coagulador-floculador ( $m^2$ )

$L_{gcf}$  = largo del coagulador-floculador (m)

$a_{CF}$  = ancho del coagulador-floculador (m)

$$a_{CF} = \frac{28,33 m^2}{2}$$

$$a_{CF} = 3,77 \text{ m}$$

$$L_{gcf} = 3,77 \text{ m} \times 2$$

$$L_{gcf} = 7,54 \text{ m}$$

$$V_{CF} = 7,54 \text{ m} \times 28,33 \text{ m}^2$$

$$V_{CF} = 213,861 \text{ m}^3$$

#### 3.1.3.2.4. Tiempo de retención Hidráulico

Para el cálculo del tiempo de retención hidráulico se realiza con la Ecuación. (1.31):

$$T_R = \frac{V_{CF}}{Q_{MD}}$$

Donde:

$T_R$  = tiempo de retención (h)

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador ( $\text{m}^3$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$$T_R = \frac{213,51 \text{ m}^3}{56,66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$T_R = 3,77 \text{ h}$$

#### 3.1.3.2.5. Área de la sección transversal comprobación.

El área transversal del coagulador-floculador se calcula con la Ecuación. (1.32):

$$A_{TCF} = \frac{V_{CF}}{L_{gcf}}$$

Donde:

$A_{TCF}$  = Área de la sección transversal ( $\text{m}$ )

$V_{CF}$  = volumen del coagulador-floculador ( $\text{m}^3$ )

$L_{gcf}$  = Largo del coagulador-floculador ( $\text{m}$ )

$$A_{TCF} = \frac{213,51 \text{ m}^3}{7,54 \text{ m}}$$

$$A_{TCF} = 28,33 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.6. Velocidad de arrastre

La velocidad crítica viene dada por la ecuación desarrollada por Camp a partir de estudios realizados por Shiedls, la cual se calcula mediante la Ecuación. (1.33):

$$V_h = \frac{8K \text{ de} - 1 \text{ gd}}{f}^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V<sub>h</sub> = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

K = Se determinó con 0,04.

de = El valor usado es 1,2 g/mL del fluido

g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s<sup>2</sup>

d = Diámetro de las partículas son 0,0002

f = Se usará el valor de 0,03.

$$V_h = \frac{8(0,04) 1,2 - 1 (9,8 \times 0,0002)}{0,03}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_h = 0,064 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.3.2.7. Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos

La Ecuación. (1.34) se calcula el DBO determinado por:

$$Re = \frac{T_R}{a + bT_R}$$

Donde:

Re= Porcentaje de remoción esperado del DBO %

$T_R$  = Tiempo nominal de retención es de 3,77 h

a y b = Constantes empíricas es de 0,018 y 0,020 según la Tabla 1.9 Valores de las constantes empíricas, a y b:

$$Re = \frac{3,77 h}{0,018 + 0,020 \times 3,77 h}$$
$$Re = 40,37 \%$$

Para los sólidos suspendidos es de:

Re= Porcentaje de remoción esperado de sólidos suspendidos %

$T_R$  = Tiempo nominal de retención es de 3,77 h

a y b = Constantes empíricas es de 0,0075 y 0,014 según la Tabla 1.9

$$Re = \frac{3,77 h}{0,0075 + 0,014 \times 3,77 h}$$
$$Re = 62,54 \%$$

### 1.8.1.1. Potencia del motor para las paletas de agitación del coagulador-floculador

Al tratarse de un floculador mecánico se necesita conocer la potencia de las paletas para lo cual se aplica la Ecuación. (1.35):

$$P = G^2 \times \mu \times V_{CF}$$

Donde:

P= Potencia disipada (W)

G= Gradiente medio de velocidad ( $s^{-1}$ ) de 15 a 75 según Norma Ras 2000 se escoge para 3,77 h es de 75

$\mu$ = Viscosidad dinámica ( $Ns/m^2$ ) para una temperatura de 20 ° de 0,001102 según Metcalf&Eddy.

$V_{CF}$ = Volumen del coagulador-floculador ( $m^3$ )

$$P = 75^2 \times 0,001102 \times 213,51 m^3$$

$$P = 1323,49 \frac{pieslb}{s}$$

$$P = 1,79 kw = 2,4 hp$$

### 3.1.3.2.8. Área requerida por las Paletas de agitación

Para el coagulador-floculador, se calcula el área de la paleta con la Ecuación. (1.36) siguiente:

$$P = \frac{C_D \times A_p \times \gamma \times V^3}{2}$$

Donde:

$A_p$  = área de la sección transversal de las paletas ( $m^2$ )

P = potencia necesaria (HP)

V = velocidad relativa de las paletas (0,3 – 0,75 m/s) según Norma Ras 2000.

$\gamma$  = densidad del fluido (g/mL) es de 1,2

$C_D$  = coeficiente de resistencia al avance de las paletas es de 1,16 según la Tabla 1.14

Valores de  $C_D$ .

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas y tenemos la Ecuación. (1.37) siguiente:

$$A_p = \frac{2P}{C_D \times \gamma \times V^3}$$
$$A_p = \frac{2 \times 2,4}{1,14 \times 1,2 \times 0,7^3}$$

$$A_p = 10,23 m^2$$

### 3.1.3.2.9. Longitud de la Paleta

Se calcula con la Ecuación. (1.38) y (1.39):

$$A_p = l \times b_p$$

$$l = \frac{A_p}{b_p}$$

Donde:

$l$  = longitud de la paleta (m)

$b_p$  = ancho de la paleta (m) es de 2 según la Tabla 1.11 Parámetros de Diseño de Paletas:

$$l = \frac{10,23 \text{ m}^2}{2 \text{ m}}$$
$$l = 5,12 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.10. Peso del pac necesario ( $P_F$ )

El peso del PAC necesario para tratar el agua viene dado por la Ecuación. (1.40):

$$P_F = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400}{1000000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario (L/s)

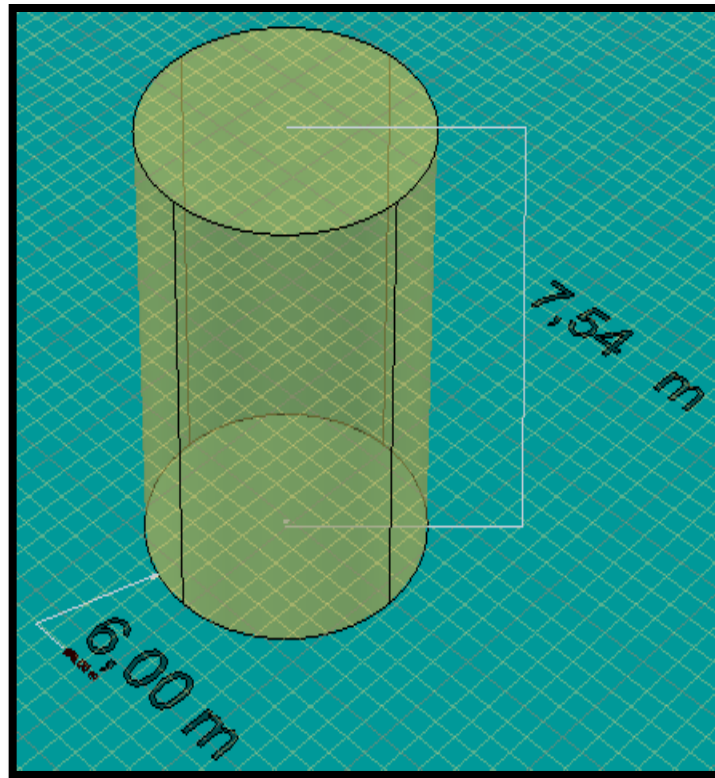
$D$  = Dosis de PAC necesario (mg/L) obtenido en laboratorio 50.

$P_F$  = Peso del floculador necesario (kg/d)

$$P_F = \frac{15,74 \frac{L}{s} \times 50 \frac{mg}{L} \times 86400}{1000000}$$
$$P_F = 67,99 \frac{kg}{dia}$$



**Figura 3.11. Dimensiones del coagulador-floculador vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.1.3.3. Sedimentador Rectangular

#### 3.1.3.3.1. Área del Sedimentador Rectangular

El sedimentador se obtiene utilizando la Ecuación. (1.41):

$$A_{SD} = \frac{Q_{MD}}{V_{SD}}$$

Donde:

$A_{SD}$  = área del sedimentador ( $m^2$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/h$ )

$V_{SD}$  = Velocidad terminal ( $m/h$ ) es de 1,8 según Hernández, A.

$$A_{SD} = \frac{56,66 \frac{m^3}{h}}{1,8 \frac{m}{h}}$$

$$A_{SD} = 31,47m^2$$

### 3.1.3.3.2. Volumen del sedimentador( $V_{SD}$ )

El volumen es la magnitud física que se calcula con la Ecuación. (1.42):

$$V_{SDT} = Lgs \times A_{SD}$$

Donde:

$V_{SDT}$  = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

$A_{SD}$  = Área del sedimentador(m<sup>2</sup>)

Lgs = Largo del sedimentador (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se utiliza la Ecuación. (1.43):

$$A_{SD} = Lgs \times a_{SD}$$

Se usa una relación dada en la Tabla 1.9. para el cálculo de las medidas interiores del sedimentador, mediante la Ecuación. (1.44):

$$Lgs = 2 a_{SD}$$

Entonces:

$$A_{SD} = 2 a_{SD} \times a_{SD}$$

$$A_{SD} = 2 a_{SD}^2$$

$$a_{SD} = \frac{A_{SD}}{2}$$

Donde:

$A_{SD}$  = área del sedimentador ( $m^2$ )

Lgs = largo del sedimentador (m)

$a_{SD}$  = ancho del sedimentador (m)

$$a_{SD} = \frac{31,47}{2}$$

$$a_{SD} = 3,97 \text{ m}$$

$$Lgs = 2 (3,97)$$

$$Lgs = 7,94 \text{ m}$$

$$V_{SDT} = 7,94 \text{ m} \times 31,47 \text{ m}^2$$

$$V_{SDT} = 249,87 \text{ m}^3$$

$$Hs = 7,925 \text{ m}$$

### 3.1.3.3. Tiempo de retención Hidráulico

Se calcula por medio de la Ecuación. (1.45):

$$T_R = \frac{V_{SD}}{Q_{MD}}$$

Donde:

$T_R$  = tiempo de retención (h)

$V_{SD}$  = volumen del sedimentador ( $m^3$ )

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/h$ )

$$T_R = \frac{249,87 \text{ m}^3}{56,66 \frac{\text{m}^3}{h}}$$

$$T_R = 4,41 \text{ h}$$

### 3.1.3.3.4. Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos

La Ecuación. (1.46) se calcula el DBO determinado por:

$$Re = \frac{T_R}{a + bT_R}$$

Donde:

Re= Porcentaje de remoción esperado del DBO %

$T_R$  = Tiempo nominal de retención es de 4,41 h

a y b = Constantes empíricas es de 0,018 y 0,020 según la Tabla 1.9 Valores de las constantes empíricas, a y b:

$$Re = \frac{4,41 h}{0,018 + 0,020 \times 4,41 h}$$
$$Re = 41,53 \%$$

Para los sólidos suspendidos es de:

Re= Porcentaje de remoción esperado de sólidos suspendidos %

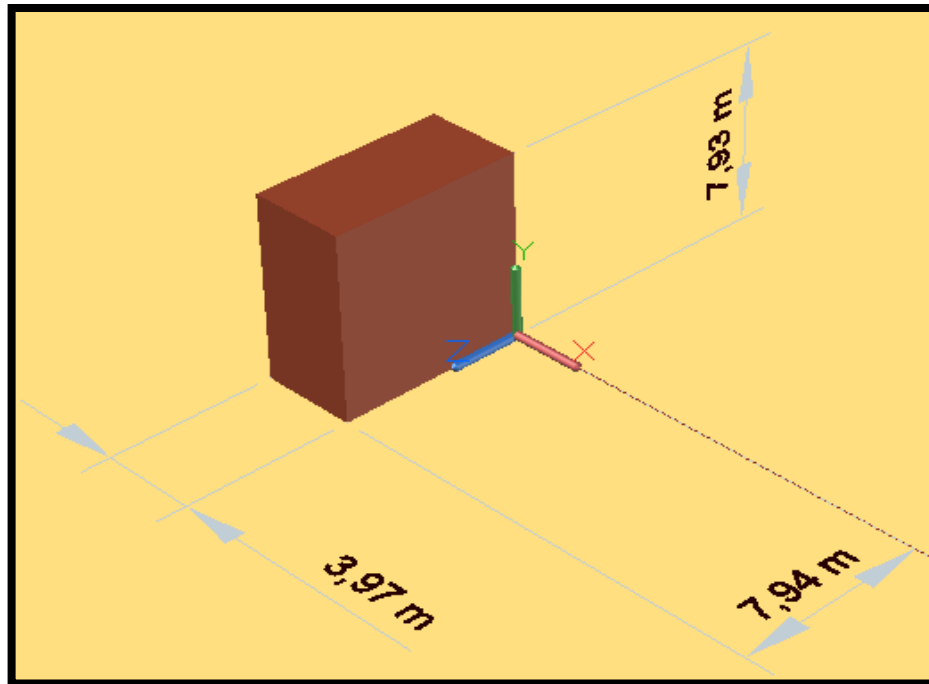
$T_R$  = Tiempo nominal de retención es de 4,41 h

a y b = Constantes empíricas es de 0,0075 y 0,014 según la Tabla 1.9

$$Re = \frac{4,41 h}{0,0075 + 0,014 \times 4,41 h}$$

$$Re = 63,7 \%$$

**Figura 3.12. Dimensiones del sedimentados rectangular vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

#### **3.1.3.4. Lechos de secado**

Se obtiene de la caracterización inicial de la muestra de agua servida cruda a la salida del sistema de alcantarillado siendo su valor obtenido de 761,5 mg/L de los sólidos a verter en el lecho, estos son la sumatoria de sólidos sedimentables, disueltos y suspendidos contenidos en la muestra, se debe recalcar que los sólidos disueltos se calcula cuando se efectúa la diferencia de los sólidos totales y suspendidos, dando el resultado de 671 mg/L, se debe considerar que los sólidos son medias de dos muestras analizadas en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH y de Servicios Ambientales de la UNACH.

##### **3.1.3.4.1. Contribución per cápita de sólidos**

Para la contribución per cápita tenemos a partir de la caracterización antes del tratamiento con la Ecuación. (1.47):

$$cper = Sm \times \frac{1}{Pa} \times Q_{\max \text{ dia}}$$

Donde:

$Q_{\max \text{ día}}$  = caudal máximo al día (L/día)

$Pa$  = población actual (habitantes)

$Sm$  = sólidos a verter en el lecho (mg/L) da como resultado de 761,5 mg/L antes mencionado.

$cper$  = contribución per cápita (gss/kg)

$$cper = 761,5 \frac{mg}{L} \times \frac{1}{764 \text{ hab}} \times 8,63 \frac{m^3}{h}$$

$$cper = 8,602 \frac{gSS}{\text{hab} \times \text{día}}$$

### 3.1.3.4.2. Cálculo de la carga de sólidos que ingresan al sedimentador

Para el diseño de los lechos de secado se toma en consideración la Ecuación. (1.48):

$$C = \frac{Pd \times cper}{1000}$$

Donde:

$C$  = Carga de sólidos (KgSS/hab×día)

$Pd$  = población diseño (habitantes)

$cper$  = contribución per cápita (gss/kg)

$$C = \frac{1092 \text{ hab} \times 8,602 \frac{gSS}{\text{hab} \times \text{día}}}{1000}$$

$$C = 9,39 \frac{KgSS}{\text{día}}$$

### 3.1.3.4.3. Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos

Por la Ecuación. (1.49):

$$Msd = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C) + (0,5 \times 0,3 \times C)$$

Donde:

Msd = masa de sólidos (KgSS/hab×día)

$$Msd = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times 9,39 \frac{KgSS}{día}) + (0,5 \times 0,3 \times 9,39 \frac{KgSS}{día})$$

$$Msd = 3,05 \frac{KgSS}{día}$$

#### 3.1.3.4.4. Cálculo del volumen diario de lodos digeridos

Por la Ecuación. (1.50):

$$Vld = \frac{Msd}{Dlodo \times \frac{\%sólidos}{100}}$$

Donde:

Vld = volumen de lodos dirigidos (L/día)

Msd = masa de sólidos (KgSS/hab×día)

Dlodo = densidad del lodo (kg/L) es de 1,05

% sólidos= sólidos contenidos en el lodo es del 12

$$Vld = \frac{3,05 \frac{KgSS}{día}}{1,05 \frac{Kg}{L} \times \frac{12}{100}}$$

$$Vld = 24,21 \frac{L}{día}$$

#### 3.1.3.4.5. Cálculo del volumen a extraer

Por la Ecuación. (1.51):

$$Ved = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

Donde:

Td = tiempo de digestión de lodos (día) es de 55 según la OPS/CEPIS/05.158

Vld = volumen de lodos dirigidos (L/día)

Ved = volumen de lodos extraídos (m<sup>3</sup>)

$$\text{Ved} = \frac{24,21 \frac{L}{\text{día}} \times 55 \text{ día}}{1000}$$

$$\text{Ved} = 1,33 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.4.6. Área del lecho de secado

Por la Ecuación. (1.52):

$$\text{Als} = \frac{\text{Ved}}{\text{Hal}}$$

Donde:

Als = Área del lecho de secado (m<sup>2</sup>)

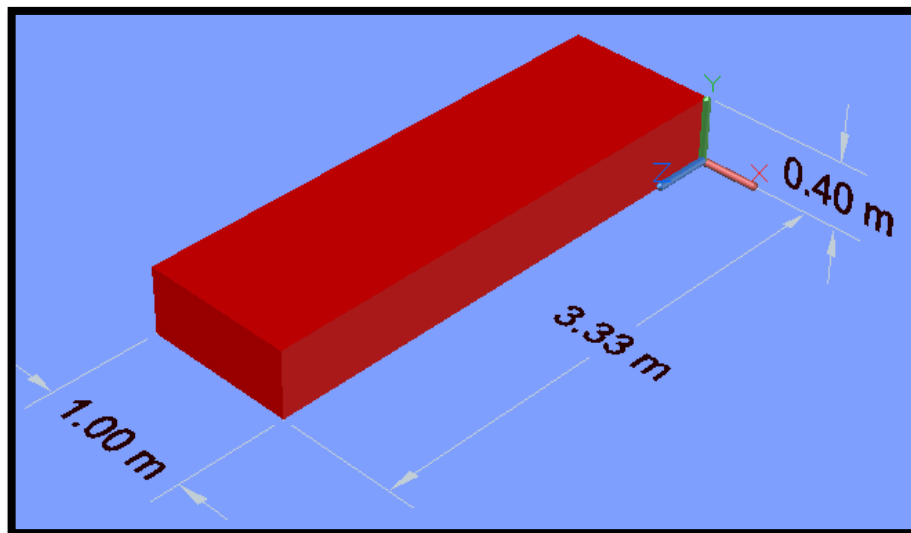
Ved = volumen de lodos extraídos (m<sup>3</sup>)

Hal= Profundidad del lecho de secado (m)

$$\text{Als} = \frac{1,33 \text{ m}^3}{0,4 \text{ m}}$$

$$\text{Als} = 3,33 \text{ m}^2$$

Figura 3.13. Dimensiones del lecho de secado vista sur este



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.1.3.5. Tanque de desinfección.

#### 3.1.3.5.1. Volumen del tanque de desinfección(mezcla)



El volumen o capacidad del tanque de la mezcla de cloro puede darse por la Ecuación. (1.53):

$$V_{TM} = Q_{MD} \times t_{or} \times f_s$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario (L/s)

$t_{or}$  = Tiempo óptimo de retención o contacto (s) el valor es de 1800.

$f_s$  = Factor de seguridad (adimensional) se propone un valor de 1,10

$V_{TM}$  = Volumen del tanque para la mezcla de cloro, (m<sup>3</sup>)

$$V_{TM} = 15,74 \frac{L}{s} \times 1800 \times 1,10$$

$$V_{TM} = 31165,2 L = 31,17 m^3$$

### 3.1.3.5.2. Altura del tanque de desinfección para la mezcla de cloro

La altura del tanque para la mezcla de cloro se da por la Ecuación. (1.54):

$$H_{TC} = \frac{V_{TM}}{A_{TC}}$$

Donde:

$V_{TC}$  = Volumen del tanque para la mezcla de cloro, (m<sup>3</sup>)

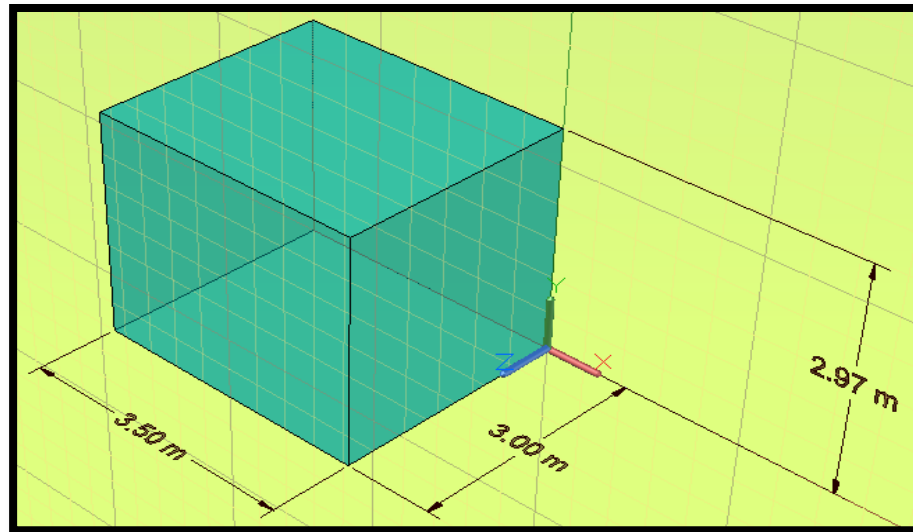
$A_{TC}$  = Área del tanque para la mezcla de cloro (m<sup>2</sup>) se propone un valor de 10,5 con un ancho de 3 m con 3,5 m de largo.

$H_{TC}$  = Altura del tanque para la mezcla de cloro (m)

$$H_{TC} = \frac{31,17 m^3}{10,5}$$

$$H_{TC} = 2,97 m$$

**Figura 3.14. Dimensiones del tanque de desinfección vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.1.3.5.3. Peso de cloro necesario para suministrar al sistema ( $P_{Cl}$ )

El peso de cloro necesario para tratar el agua servida viene dado por la Ecuación. (1.55):

$$P_{Cl} = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400 \times Dhs}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

D = Dosis de cloro necesario (mL/L) obtenido en laboratorio 0,075.

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario (kg/d)

Dhs = Densidad del hipoclorito de sodio al 2,5 % es de 1040 mg/mL

1000 y 86400 = Factor de conversión

$$P_{Cl} = \frac{0,01574 \frac{m^3}{s} \times 0,075 \frac{mL}{L} \times 86400 \times 1040 \frac{mg}{mL}}{1000}$$

$$P_{Cl} = 106,08 \frac{Kg}{día}$$

#### 3.1.3.5.4. Peso del cloro para el diseño del hipoclorador PAC

El peso de cloro para el diseño del hipoclorador para tratar el agua servida viene dado por la Ecuación. (1.56):

$$P_{Cl} = \frac{Q_{MD} \times D \times 86400}{1000}$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal medio de diseño diario ( $m^3/s$ )

D = Dosis de cloro necesario es de 1,5 mg/L para aguas turbias según Muñoz M.

Valarezo A.

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario (kg/d)

1000 y 86400 = Factor de conversión

$$P_{Cl} = \frac{0,01574 \frac{m^3}{s} \times 1,5 \frac{mg}{L} \times 86400}{1000}$$
$$P_{Cl} = 2,04 \frac{Kg}{día}$$

#### 3.1.3.5.5. Volumen del hipoclorador ( $V_H$ )

El volumen del hipoclorador se determina por la Ecuación. (1.57):

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5C}$$

Donde:

$P_{Cl}$  = Peso de cloro necesario, (Kg/d)

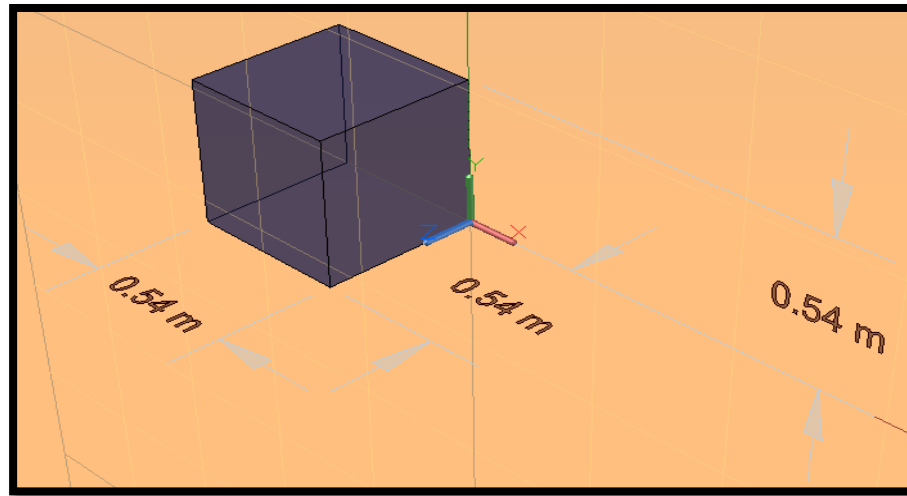
C = Concentración de la solución ( 2,5%)

$V_H$  = Volumen del hipoclorador ( $m^3$ )

$$V_H = \frac{2,04 \frac{Kg}{día}}{5(2,5)}$$

$$V_H = 0,16 m^3$$

**Figura 3.15. Dimensiones del hipoclorador vista sur este**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

## 3.2. Resultados

### 3.2.1. Población de diseño

**Tabla 3.31. Población de diseño al año 2039**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Población Actual</b>	Pa	764	habitantes
<b>Población Futura</b>	Pf	1092	habitantes
<b>Tiempo de diseño</b>	N	25	años

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.2.2. Caudales

**Tabla 3.32. Caudales de diseño**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Dotación Básica Actual</b>	Dt	271,10	L/hab*día
<b>Caudal medio</b>	Qm	2,83	L/s
<b>Caudal medio diario</b>	Cmd	19.58	L/s
<b>Caudal máximo horario</b>	Qmh	12,31	L/s

<b>Caudal de Infiltración</b>	$Q_{INF}$	2	L/s
<b>Caudal de Conexiones erradas</b>	$Q_c$	1,43	L/s
<b>Caudal de Infiltración</b>	$Q_{INF}$	2	L/s
<b>Caudal Medio de Diseño Diario</b>	$Q_{MD}$	15,74	L/s
		0,01574	m <sup>3</sup> /s
		944,4	L/h
		56,66	m <sup>3</sup> /h
		1359,94	m <sup>3</sup> /día

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.2.3. Situación final de los análisis físicos – químicos y microbiológicos del agua tratada de la Parroquia Rural Matus

Los resultados de análisis detallados en la Tabla 3.33 con sus respectivas condiciones los mismos que se realizó en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias ESPOCH con muestras de agua servida proveniente de la Parroquia Rural Matus analizadas en el dicho sitio y en el Laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo(UNACH).

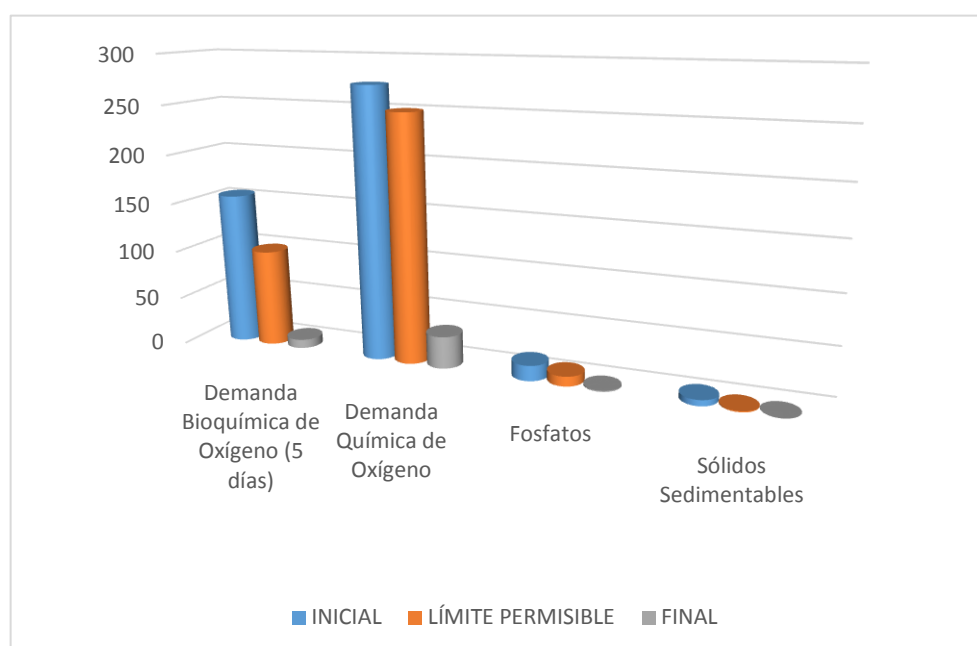
**Tabla 3.33. Análisis final físicos - químicos y microbiológicas del agua tratada**

PARÁMETROS	UNIDAD	INICIAL	CONDICIÓN	LÍMITE PERMISIBLE	FINAL ESPOCH	FINAL UNACH	FINAL PROMEDIO	CONDICIÓN
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	156	NO CUMPLE	100	8	10	9	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	274	NO CUMPLE	250	32	34	33	CUMPLE
Fosfatos	mg/L	15,74	NO CUMPLE	10	1,16	1,19	1,175	CUMPLE

Sólidos Sedimentables	mL/L	5,5	NO CUMPLE	1	0,09	0,1	0,095	CUMPLE
Coliformes fecales	UFC/100 mL	8450	NO CUMPLE	3000	Ausencia	Ausencia	Ausencia	CUMPLE
					0	0	0	

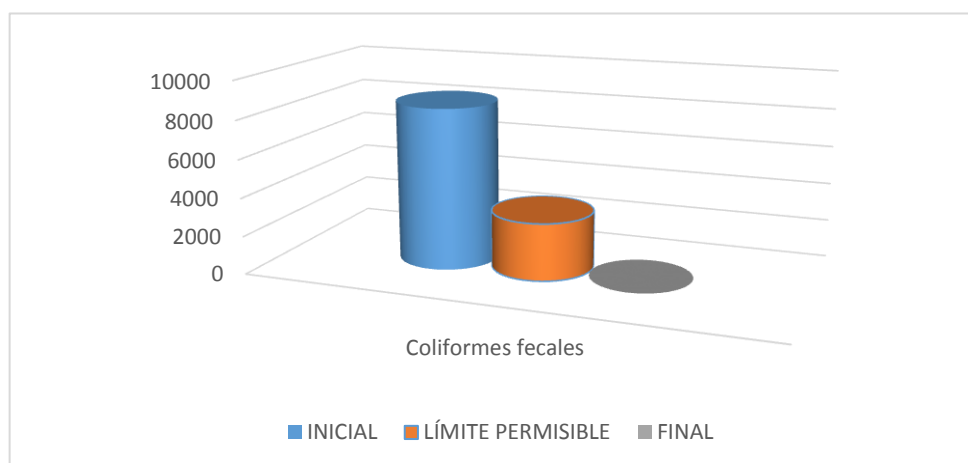
FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Gráfico 3.3. Caracterización final físico- química del agua tratada**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Gráfico 3.4. Caracterización final microbiológica del agua tratada**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

Por medio del análisis del agua servida tanto en el momento inicial (sin tratamiento) y final (con tratamiento), se identifica los resultados del tratamiento del agua servida proveniente de Matus central alcanzó una eliminación del DBO<sub>5</sub>, DQO, Fosfatos, los sólidos sedimentables, Coliformes fecales, la turbidez, con un pH de 7,05.

Lográndose así al agua tratada su vertido garantizado al cuerpo hídrico de agua dulce cumpliendo con los límites señalados por el TULSMA, Anexo I, Tabla 12 para precautelar la calidad ambiental en el punto crítico analizado.

### ***3.2.4. Rendimiento del sistema de tratamiento de aguas servidas en la Parroquia Rural Matus formulado***

Al efectuarse el balance en la caracterización inicial del agua sin tratamiento y el agua tratada final, se muestran a continuación su rendimiento:

**Tabla 3.34. Rendimiento del sistema de tratamiento de aguas servidas**

<b>VARIABLES</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>DQO</b>	<b>Fosfatos</b>	<b>Sólidos sedimentables</b>	<b>Coliformes fecales</b>	<b>Turbidez</b>
<b>AGUA SIN TRATAR</b>	156	274	15,74	5,5	8450	43
<b>AGUA TRATADA</b>	9	33	1,175	0,095	0	2,52
<b>RENDIMIENTO %</b>	<b>94,23</b>	<b>87,95</b>	<b>92,53</b>	<b>98,27</b>	<b>100</b>	<b>94,14</b>
<b>RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO %</b>	<b>94,52</b>					

FUENTE: GUANGA, Ulises.

Al comparar los valores mostrados en la tabla 3.34 se puede presenciar que su rendimiento conseguido del sistema de tratamiento de aguas servidas por el cual se prueba que el diseño ingenieril efectuado tiene un rendimiento óptimo al usar las diferentes etapas del tratamiento en la Parroquia Rural Matus del cantón Penipe, provincia de Chimborazo.

### 3.2.5. Cálculos de Diseño Ingenieril

#### 3.2.5.1. Cribado

##### 3.2.5.1.1. Canal

Tabla 3.35. Diseño del canal del cribado

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Ancho o base del canal	B	0,7	m
Altura	Hcna	0,8	m
Longitud del canal	Lc	1,10	m
Área del Canal	Ac	0,56	m <sup>2</sup>
Radio Hidráulico del canal	Rh	0,24	m
Velocidad de flujo	Vm	2,73	m/s
Gradiente hidráulico	Sg	0,0085	m/m
Material	.	Hormigón	-

FUENTE: GUANGA, Ulises.

##### 3.2.5.1.2. Rejillas

Tabla 3.36. Diseño de las rejillas del cribado

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Ancho	Br	0,7	m
Profundidad	Hr	0,8	m
Área entre barras	Ab	0,035	m <sup>2</sup>
Tirante del agua en el canal	H	0,05	m
Longitud de las barras	Lb	1,06	m
Longitud sumergida de las barras	Lba	0,07	m
Inclinación de las barras	Ø	45	grados
Número de barras	Nb	19	barras



Perdida de carga	H <sub>f</sub>	0,166	m
Perdida de carga por Kirschmer	H <sub>FK</sub>	0,0059	m
Tipo de barra	B	2,42	-
Separación entre barras	E	0,025	m
Espesor de las barras	S	0,011	m
Velocidad de aproximación	V <sub>a</sub>	0,45	m/s

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.2.5.2. Coagulador-floculador.

**Tabla 3.37. Diseño del coagulador-floculador**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área del coagulador-floculador	A <sub>CF</sub>	28,33	m <sup>2</sup>
Ancho del coagulador-floculador	a <sub>CF</sub>	3,77	m
Largo del coagulador-floculador	L <sub>gcf</sub>	7,54	m
Volumen del coagulador-floculador	V <sub>CF</sub>	213,51	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	T <sub>R</sub>	3,77	h
Remoción del DBO	R	40,37	%
Remoción de sólidos suspendidos	R	62,54	%
Ancho de la Paleta	B <sub>p</sub>	2	m
Longitud de la Paleta	L	5,12	m
Peso del PAC	P <sub>F</sub>	67,99	Kg/día

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.2.5.3. Sedimentador Rectangular.

**Tabla 3.38. Diseño del sedimentador rectangular**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área del sedimentador	$A_{SD}$	31,47	$m^2$
Ancho del sedimentador	$a_{CF}$	3,97	m
Inclinación parte inferior	In	5	°
Altura del sedimentador	Hs	7,93	m
Largo del sedimentador	Lgs	7,94	m
Volumen del sedimentador	$V_{SDT}$	249,87	$m^3$
Tiempo de retención	$T_R$	4,41	h
Remoción del DBO	R	41,53	%
Remoción de sólidos suspendidos	R	63,7	%

FUENTE: GUANGA, Ulises.

#### 3.2.5.4. Lechos de secado.

**Tabla 3.39. Lechos de secado**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Carga de sólidos	$c$	9,39	$\frac{KgSS}{día}$
Masa de sólidos en el lodo	Msd	3,05	$\frac{KgSS}{día}$
Volumen de lodos digeridos	Vld	24,21	L/día
Volumen a extraer	Ved	1,33	$m^3$
Área del lecho de secado	Als	3,33	$m^2$
Largo	lsec	3,33	m
Ancho	asec	1	m
Profundidad	Hal	0,4	m

FUENTE: GUANGA, Ulises.

#### 3.2.5.5. Tanque de desinfección.

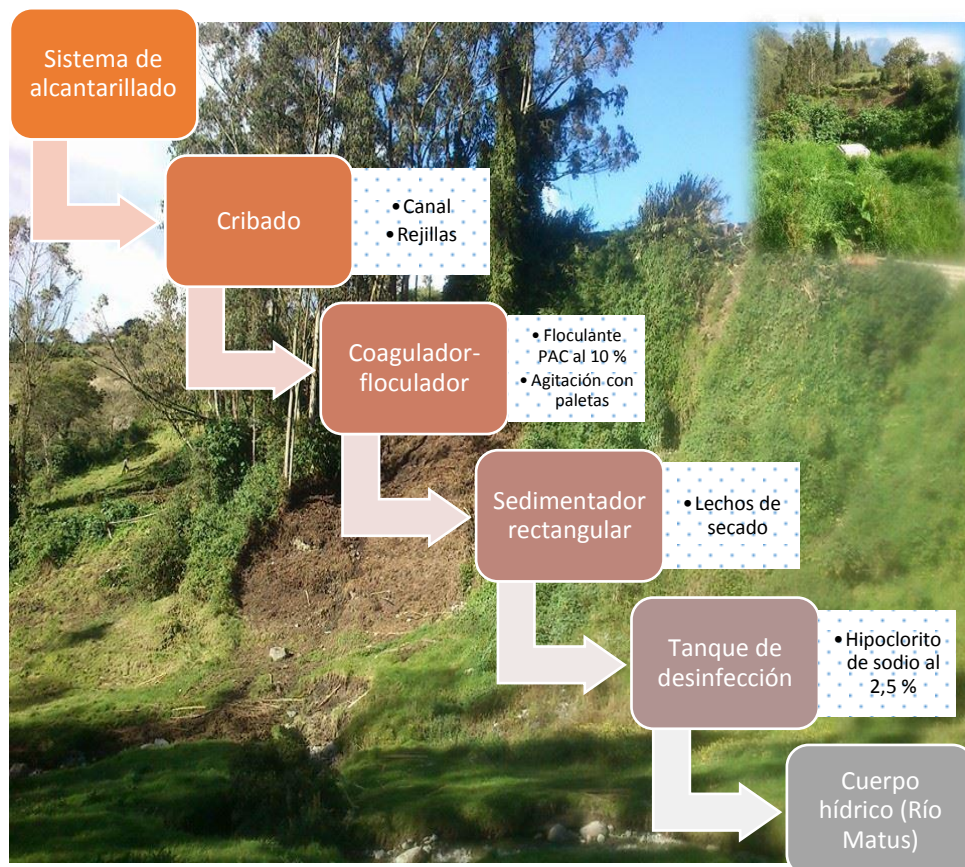
**Tabla 3.40. Diseño del Tanque de desinfección**

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Volumen del Tanque	$V_{TM}$	31,17	$m^3$
Largo del Tanque	$L_{TC}$	3	m
Ancho del Tanque	$A_{TC}$	3,5	m
Altura del Tanque	$H_{TC}$	2,97	m
Peso del cloro	$P_{cl}$	106,08	Kg/día
Volumen del hipoclorador	$V_H$	0,16	$m^3$

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.3. Propuesta

**Figura 3.16. Propuesta**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### **3.4. Análisis y discusión de resultados**

Al inicio se caracterizó las distintas muestras del agua servida de la Parroquia Rural Matus por medio de la cual quedo establecido su nivel de contaminación en las muestras examinadas, en base a los límites permisibles para un cuerpo hídrico de agua dulce detallados en el TULSMA-Anexo I- Tabla 12 se determinó que algunos parámetros evaluados superaban los límites de la normativa vigente promulgada del Ministerio del Ambiente.

Entre ellos se localizaba la Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) con 156 mg/L, Demanda Química de Oxígeno con 274 mg/L, Fosfatos con 15,74 mg/L, Sólidos Sedimentables con 5,5 mL/L y Coliformes fecales con 8450 UFC/100 mL estos valores se representa en las Tablas 2.22 y 2.23, ésta agua servida se vierte a unos pozos de captación en condiciones altas, los que emiten olores desagradables que posteriormente son descargadas al Río Matus elevando la carga contaminante en el cuerpo hídrico e inhiben la vida acuática del mismo.

El nivel de contaminación formado en el Río Matus por el vertido de aguas servidas que posee carga orgánica como microbiológica da consigo la determinación de los mismos, por ende se estipuló que un Sistema de tratamiento y su puesta en marcha logrará minimizar los efectos contaminantes para cumplir con la normativa del TULSMA y precautelar la vida acuática en el cuerpo receptor.

En el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencia- ESPOCH se obtuvo etapas de tratamiento apropiados para el agua servida mediante el método de jarras con la finalidad de clarificar a la muestra inicial y por ende minimizar los parámetros que están fuera de su límite permitido.

Las mismas que se efectuaron durante 15 días representado en las Tablas 2.25 y 2.26 en donde se presenció la floculación por medio de la agregación de 0,5 mL en un litro de la muestra a una concentración del 10 % del floculante PAC en el coagulador-floculador con un mecanismo de agitación con paletas, que fue el factor importante que propició el bajo de nivel de contaminación para que el agua servida se encuentre dentro de los límites de la normativa vigente.

En la posterior semana se examinó realizar una cloración con hipoclorito de sodio al 2,5 % en el tanque de desinfección para descartar en su contenido los microorganismos patógenos en el cual su indicador son las Coliformes fecales para una disminución de las mismas se determinó la dosis de 3 mL en un litro de la muestra ya clarificada con el floculante.

El agua servida con el fin de bajar su nivel de contaminación se plantea la ejecución del Sistema de Tratamiento que consta de: CRIBADO(rejillas y canal), COAGULADOR-FLOCULADOR, SEDIMENTADOR RECTANGULAR, LECHO DE SECADO DE LODOS, CLORACIÓN (DESINFECCIÓN) mediante el cual se evalúa la caracterización final de los puntos críticos.

Los mismos que se encuentran ilustrados en el Grafico 3.3 y 3.4 donde estas cuantificaciones están bajo los límites determinados por la normativa vigente TULSMA por ende en conclusión global se llega a cumplir con la investigación en la zona de influencia de este proyecto entorno a sus objetivos planteados.

### 3.5. Análisis presupuestario

En cuanto al requerimiento presupuestario está el técnico del sistema de tratamiento que debe tener sólidos conocimientos de química, mecánica, y sobre legislación ambiental, pero es necesario que tenga conocimientos elementales en relación a la puesta en marcha de un sistema de tratamiento de aguas servidas. En todo lo que es el presupuesto para sistema se especifica en las tablas próximas:

#### 3.5.1. Costo total de inversión de equipos, accesorios

##### 3.5.1.1. Metros de construcción del canal.

**Tabla 3.41. Metros de construcción del canal**

Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> de construcción
Paredes Laterales	1,10	0,8	0,1	0,088	0,176

Paredes frontales	0,9	0,7	0,1	0,063	0,126
Piso	1,30	0,9	0,1	0,117	0,117
Hormigón simple fc 210 kg/cm <sup>2</sup>					0,419

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.2. Metros de construcción de las rejillas.

**Tabla 3.42. Metros de construcción de las rejillas**

Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> de construcción
Marco de hierro	1,06	0,011	-	0,012	0,031
Barra de hierro	1,06	0,011	-	0,012	0,228
<i>Hierro 12 mm</i>					0,259

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.3. Metros de construcción del coagulador-floculador.

**Tabla 3.43. Metros de construcción del coagulador-floculador**

Construcción	Largo m	Ancho m	Espesor m	Total m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> de construcción
Pared	7,54	3,77	0,1	2,84	2,84
Base	0,1	6		0,6	1,2
Paleta	2	5,12	0,02	0,205	0,41
Acero Inoxidable					<b>4,45</b>

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.4. Metros de construcción del sedimentador rectangular.

**Tabla 3.44. Metros de construcción del sedimentador rectangular**

Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> de construcción
Pared Lateral	7,94	3,925	0,1	3,12	6,24
Pared Frontal	3,97	3,925	0,1	1,56	3,12
Base	7,94	3,97	0,1	3,14	3,14
Hormigón simple fc 210 kg /cm <sup>2</sup>					12,5

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.5. Metros de construcción del lecho de secado.

Tabla 3.45. Metros de construcción del lecho de secado

Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> de construcción
Pared Lateral	1	0,4	0,1	0,04	0,08
Pared frontal	0,4	0,38	0,1	0,015	0,030
Base	1	0,38	0,1	0,038	0,038
Hormigón simple fc 210 kg /cm <sup>2</sup>					0,148

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.6. Metros de construcción del tanque de desinfección.

Tabla 3.46. Metros de construcción del tanque de desinfección

Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> de construcción
Paredes Laterales	3,2	3,17	0,1	1,014	2,028
Paredes Frontales	3,7	3,17	0,1	1,172	2,344
Piso	3,7	3,2	0,1	1,184	2,368
Hormigón simple fc 210 kg /cm <sup>2</sup>					6,74

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.1.7. Costo total de inversión de equipos y accesorios.

**Tabla 3.47. Costo total de inversión de equipos y accesorios**

<b>Cantidad</b>	<b>Equipos/Acesori</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Costo unitario \$</b>	<b>Costo total</b>
6 m	Tubería	PVC	2 pulg	1,32/m	7,92
52 m	Tubería	PVC	3 pulg	1,84/m	95,68
1	Válvulas de bola	PVC	3 pulg	16,00	16,00
2	Válvulas de bola	PVC	2 pulg	9,00	18,00
Limpieza y desbroce			65,23 m <sup>2</sup>	0,63/m <sup>2</sup>	41,10
Replanteo y nivelación			58,45 m <sup>2</sup>	0,45/m <sup>2</sup>	26,30
1	Canal	Hormigón simple fc 210 kg/cm <sup>2</sup>	0,419 m <sup>3</sup>	147,41/m <sup>3</sup>	61,76
1	Rejillas	Hierro 12	0,259 m <sup>2</sup>	250/m <sup>2</sup>	64,75
	Rejillas (barra)	mm			
1	Coagulador-floculador	Hormigón simple fc 210 kg/cm <sup>2</sup>	4,04 m <sup>3</sup>	147,41/m <sup>3</sup>	595,54
	Paletas	Acero Inoxidable	0,41 m <sup>2</sup>	151,67/m <sup>2</sup>	62,18
	Bomba Dosificadora de PAC	-	-	1500	1500
1	Sedimentador	Hormigón simple fc 210 kg/cm <sup>2</sup>	12,5 m <sup>3</sup>	147,41/m <sup>3</sup>	1842,63



1	Lecho de secado	Hormigón simple fc 210 kg/cm <sup>2</sup>	0,148	147,41/m <sup>3</sup>	21,81
	Arena de mina de 0,70 mm de diámetro		0,015	19,45/m <sup>3</sup>	0,30
	Grava D34 a 1 e 11 mm diametro		0,030	21,14/m <sup>3</sup>	0,63
1	Tanque de desinfección	Hormigón simple(fc 210 kg/cm <sup>2</sup>	6,74 m <sup>3</sup>	147,41/m <sup>3</sup>	993,54
	Hipoclorador por goteo	-	-	150	150
<b>TOTAL</b>					5498,14

FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.2. Costo total de instalación y mano de obra

**Tabla 3.48. Costo total de instalación y mano de obra**

Actividad	Costo (\$)
Mano de obra de construcción e instalación hidráulica	3800,00
<b>TOTAL</b>	<b>3800,00</b>

FUENTE: GUANGA, Ulises.

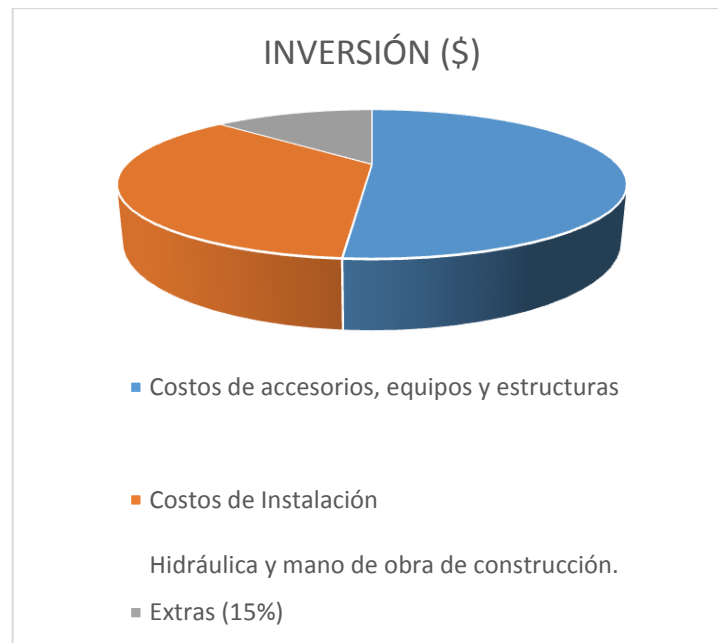
### 3.5.3. Costo total de la Inversión para el Sistema de Tratamiento de aguas servidas

**Tabla 3.49. Costo total de inversión**

Tipo de Costo	Valor de la Inversión (\$)
Costos de accesorios, equipos y estructuras.	5498,14
Costos de Instalación Hidráulica y mano de obra de construcción.	3800, 00
Extras (15%)	1394,72
<b>TOTAL</b>	<b>10692,86</b>

FUENTE: GUANGA, Ulises.

**Gráfico 3.5. Inversión total**



FUENTE: GUANGA, Ulises.

### 3.5.4. Costo de operación al día de reactivos químicos y Operario

Tabla 3.50. Costos de operación al día

Requerimientos	Dosis	Presentación	Costo Unitario \$	Costo Total \$
<b>Policloruro de Aluminio (PAC)</b>	67,99 Kg/día	1 Kg	0,8	54,39
<b>Hipoclorito de Sodio (NaClO)</b>	106,08 Kg/día	Saco de 25 kg	4,30	18,25
<b>Técnico u Operario</b>	1 día	1 día	20	20
<b>TOTAL</b>				92,64

FUENTE: GUANGA, Ulises.

#### 4. CONCLUSIONES

- En la Parroquia Rural Matus, el área de influencia que es Matus Central desemboca sus aguas servidas al sistema de alcantarillado que posteriormente llega a unos pozos de captación en condiciones inodoras las cuales poseen considerable contaminación puntualizada en varias variables dando un parámetro contaminante que por medio de la caracterización físico-química-microbiológica efectuados en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH y Servicios Ambientales de la UNACH, se determinaron los puntos críticos que superan los límites permisibles referenciados en los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (río Matus) emitidos en el TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12 del normativa actual del Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Se determinó los puntos críticos que serán las variables del proceso para el diseño del Sistema de tratamiento, los cuales se identificaron luego de los respectivos análisis iniciales, obteniéndose como resultado: Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) de 156 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 274 mg/L, Fosfatos de 15,74 mg/L, Sólidos Sedimentables (SS) de 5,5 mL/L, y Coliformes Fecales 8450 UFC/100mL.
- En el desarrollo experimental de la investigación se utilizó el método de jarras donde se evidenció una minimización de sólidos sedimentables, turbiedad y fosfatos por medio de la etapa primaria de Sedimentación con el uso de un floculante de Polícloruro de Aluminio de 0,5 mL/L al 10 % en la etapa anterior del coagulador-floculador, posteriormente para la reducción de Coliformes fecales se realizó la desinfección con la dosificación del hipoclorito de sodio al 2,5% de 3mL/L.
- Se elaboró el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas de los pozos de captación en la Parroquia Rural Matus donde el punto de estudio es Matus Central la cual cuenta de cuatro etapas como: Tratamiento preliminar tenemos un CRIBADO que consta de un canal de área de  $0,77 \text{ m}^2$  con sus respectivas rejillas de limpieza manual de espesor de las barras de 0,011 m y separación de las mismas de 0,025 m, Tratamiento Primario tenemos un Coagulador-Floculador de área de  $28,33 \text{ m}^2$  con su

paleta de agitación, un Sedimentador rectangular de área de 31,47 m<sup>2</sup>, y como Tratamiento Terciario un Tanque de Desinfección con un área de 10,5 m<sup>2</sup> con el uso de hipoclorito de sodio al 2,5%, para la recolección de lodos tanto del coagulador-floculador y Sedimentador rectangular se ejecutó el dimensionamiento de un lecho de secado con un área de 3,33 m<sup>2</sup>.

- Se validó el diseño propuesto mediante la caracterización física – química y microbiológica del agua después de su tratamiento (final) efectuado en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, por medio de esta propuesta del diseño de tratamiento de aguas servidas se minimizó cuantificablemente su índice contaminante alcanzando una caracterización final y rendimiento de: Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) de 9 mg/L con el 94,23 %, Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 33 mg/L con el 87,95 %, Fosfatos de 1,175mg/L con el 92,53 %, Solidos Sedimentables (SS) de 1 mL/L con el 98,27 % y Coliformes Fecales 0 o ausencia UFC/100mL con el 100 %, en base a los límites de descarga del TULSMA LIBRO VI-TITULO IV-ANEXO 1-TABLA 12 se encuentra cumpliendo con esta normativa satisfactoriamente.

## 5. RECOMENDACIONES

- El nivel contaminante que tiene al inicio de la caracterización está afectando a la vida acuática del Río Matus y sitios colindantes a los pozos de captación, por esto sería importante la implementación de este sistema de tratamiento de aguas servidas en la Parroquia Rural Matus para que no se observe estos ámbitos de contaminación.
- Se debe efectuar diagnóstico del impacto ambiental que provocaría la implementación del sistema de tratamiento, como realizar el plan de manejo ambiental para el resguardo del ambiente.
- En el coagulador-floculador y sedimentador rectangular se obtendrá lodos de carga orgánica mayoritariamente, por tanto puede ser usado como abono luego de análisis respectivos que verifiquen esta composición, posterior al estudio se puede usar en los suelos del sitio de estudio que son recolectados en el lecho de secado.
- El operador o técnico del sistema debe tener presente que en la etapa del CRIBADO en relación con las rejillas de limpieza manual se debe mantener cuidado con la colecta de sólidos grandes o restos de material orgánico, que impediría la travesía del agua hacia el sistema, estos desechos debe tener un tratamiento adecuado posterior.
- Se debe tomar en cuenta que todas las casas no están conectadas al sistema de alcantarillado, esto sería un problema si se lo pensaría incluirla, por el motivo que los cálculos ingenieriles están sujetos a los que actualmente están conectados, por lo que habría variaciones en el caudal de tal manera el Gobierno Parroquial deberá ver estas situaciones y sus futuras decisiones para un funcionamiento óptimo del sistema.
- Para la puesta en marcha del sistema se debe ejecutar análisis físicos - químicos y microbiológicos al final del sistema en el agua que vierte al Río Matus para la verificación y su debido funcionamiento para visualizar si los antes puntos críticos contaminantes se están mermando.

- Se recomienda al técnico que va operar el sistema que tenga su respectiva capacitación en lo relacionado al manejo de sistemas de tratamiento de aguas servidas, sus problemas y sus soluciones que llevaría a un desempeño excelente de la propuesta.
- En lo relacionado a la bomba dosificadora de PAC debe tener presente su correcto funcionamiento para la incorporación del floculante al coagulador-floculador sea el adecuado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **APHA, AWWA, WPCF.** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17a.ed. Madrid – España. Díaz de Santos. 1992. Pp. 95 – 110.
2. **CORBITT, Robert A.** Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental. 4a.ed. Madrid-España. McGraw-Hill Interamericana. 2003. Pp. 5.112-5.121, 6.17, 6.82-6.95
3. **CRITES, R., TCHOBANOGLOUS, G.** Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogotá-Colombia. McGraw-Hill Interamericana. 2000. Pp. 249.
4. **METCALF, Y., EDDY, INC.** Ingeniería de aguas residuales. 3a.ed. Sevilla-España. McGraw Hill. 1995. Pp. 41 - 251.
5. **RAMALHO, R.** Tratamiento de Aguas Residuales. 2a.ed. Quebec-Canadá. Reverté S.A. 1983. Pp. 91-118, 199, 253, 412, 437,636-648.
6. **ROJAS, R.** Sistemas de tratamiento de aguas residuales: gestión integral de tratamiento de aguas residuales. 3a.ed. Lima-Perú. CEPIS/OPS – OMS. 2002. Pp.19.
7. **ROMERO, J.** Calidad del agua. Bogotá-Colombia. Alfa omega. 2002. Pp. 15, 67, 71 -74, 233 - 246, 706 - 707.
8. **VALDEZ, C., VÁZQUEZ, A.** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. México D.F.-México. Fundación ICA. 2003. Pp. 3-7
9. **CPE INEN 005-9-1.** CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN C.E.C. 1992.  
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>  
2015-01-18
10. **AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.** NTE INEN 2176. 1998.



- <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>  
2015-01-18
11. **AGUAS RESIDUALES.** Ecured. 2012  
[http://www.ecured.cu/index.php/Aguas\\_residuales](http://www.ecured.cu/index.php/Aguas_residuales)  
2015-01-18
12. **ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUAY SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL.** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Colombia.2010.  
[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/100811\\_titulo\\_j\\_ras%20\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/100811_titulo_j_ras%20_.pdf)  
2015-01-18
13. **ANÁLISIS Y DISEÑO DE TRATAMIENTO PRIMARIO.** HAMMEKEN, A. y ROMERO, G. 2005.  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/hammeken\\_a\\_am/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo5.pdf)  
2015-01-27
14. **DISEÑO DE PTR. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.** 2013.  
[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021233/021233\\_Cap6.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021233/021233_Cap6.pdf)  
2015-01-18
15. **FISCALIZACION AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES.**OEFA.2014.  
[http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)  
2015-01-18
16. **FOLLETO INFORMATIVO DE TECNOLOGÍA DE AGUAS RESIDUALES.** EPA.1999  
[http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004\\_07\\_07\\_septics\\_cs-99-062.pdf](http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf)  
2015-01-28
17. **FUNDAMENTOS DEL DISEÑO.** WONG, Wucius. 1995.  
[http://www.euroamericano.edu.ec/Contenido/0080%20Fundamentos%20de%20disenio%20No%201/6195\\_15246.pdf](http://www.euroamericano.edu.ec/Contenido/0080%20Fundamentos%20de%20disenio%20No%201/6195_15246.pdf)  
2015-01-18

18. **INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUAS.** Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.2003.  
[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)  
2015-01-18
19. **MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.** Ideasmares.2008.  
<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>  
2015-01-18
20. **MÉTODOS PARA CALCULAR LA POBLACIÓN FUTURA.** RIOS, G. 2013.  
<https://es.scribd.com/doc/147294050/METODOS-PARA-CALCULAR-LA-POBLACION-FUTURA>  
2015-01-18
21. **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.** Ministerio del Ambiente. 2002.  
[http://www.efficacitas.com/efficacitas\\_es/assets/Anexo%201.pdf](http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Anexo%201.pdf)  
2015-01-21
22. **ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES.** Asociación Servicios Educativos Rurales. 2008.  
[http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d21/019\\_SER\\_OrientacionesA&Szonas rurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d21/019_SER_OrientacionesA&Szonas rurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf)  
2015-01-18
23. **REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS.**MinDesarrollo. 2000.  
[http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/6.\\_Sistemas\\_de\\_recoleccion\\_de\\_aguas.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/6._Sistemas_de_recoleccion_de_aguas.pdf)  
2015-01-21
24. **TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN.** ANDÍA, Y. 2000  
[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)  
2015-01-21

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: MUESTREO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH	MUESTREO		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Zona de estudio	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	01	1:1	31/01/14
b. Recipientes de muestreo	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar				
c. Materiales de aforo de caudal	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

ANEXO N° 2:

ANÁLISIS FÍSICO –QUÍMICO INICIAL DEL AGUA SERVIDA 1



Contáctanos: 0993387300 - 0329243226 0993806600 – 032360260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Análisis solicitado por: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Matus

Fecha de Análisis: 30 de octubre del 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 12 de noviembre de 2014

Tipo de muestras: Agua Servida Doméstica

Localidad: Matus Cantón Penipe

Código LAT/334-14

**Análisis Químico**

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.56
Turbidez	UNT	2130-B		43.0
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		404
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	287
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	162
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	0.4
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	16.0
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-D	1	6
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	810.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-A	100	90

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*Valores referenciales para aguas residuales que descargan a un cuerpo de agua dulce TULSMA LIBRO VITÍTULO IV ANEXO I TABLA 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS INICIAL 1		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Caracterización inicial 1	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  GUANGA ULISES	02	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

**ANEXO N° 3:**

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO INICIAL DEL AGUA SERVIDA 1**



Contáctanos: 0993387300 - 0329243226 0993806600 – 032360260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

**EXÁMEN MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**

**CÓDIGO 336-14**

**CLIENTE:** Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Matus

**DIRECCIÓN:** Matus Cantón Penipe

**TIPO DE MUESTRA:** Agua Servida Doméstica

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30 de Octubre del 2014

**FECHA DE MUESTREO:** 30 de Octubre del 2014

**EXAMEN FÍSICO**

**COLOR:** Ligeramente verdoso

**OLOR:** Desagradable

**ASPECTO:** Presencia de material flotante.

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO	*VALOR REFERENCIAL	RESULTADOS
Coliformes Totales	UFC/100mL	Filtración por membrana	---	$2.7 \times 10^4$
Coliformes Fecales	UFC/100mL	Filtración por membrana	Remoción mayor al 99,9 %	$1.6 \times 10^4$

\* Valores referenciales para aguas residuales que descargan a un cuerpo de agua dulce  
 TULSMA LIBRO VII TITULO IV ANEXO I TABLA 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

**OBSERVACIONES:**

**FECHA DE ANÁLISIS:** 6 de noviembre del 2014.

**FECHA DE ENTREGA:** 12 de noviembre del 2014.

**RESPONSABLE:**

  
**Dra. Gina Álvarez R.**





El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS INICIAL 1		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Caracterización inicial 1	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  GUANGA ULISES	03	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

ANEXO N° 4:

ANÁLISIS FÍSICO -QUÍMICO-MICROBIOLÓGICO INICIAL DEL AGUA SERVIDA 2

**LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES**  
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

---

N° SE: 064 - 14

**INFORME DE ANALISIS**

**NOMBRE:** Sr. Ulises Guanga **INFORME N°:** 064 - 14  
**EMPRESA:** GAD Parroquial Matus **N° SE:** 064 - 14  
**DIRECCIÓN:** Nueva York y España **FECHA DE RECEPCIÓN:** 31 -10 - 14  
**TELÉFONO:** 0990346362 **FECHA DE INFORME:** 07 - 11 - 14

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1 Agua servida, Parroquia Matus **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 127 -14 Matus Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

MA - 127-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H <sup>+</sup> ]	PE-LSA-01	7,35	+/- 0,08	13 -11 - 14
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	437	+/- 8 %	13 -11 - 14
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	31,40	N/A	13 -11 - 14
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	702	+/- 6 %	13 -11 - 14
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	80	N/A	13 -11 - 14
*Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	5	N/A	13 -11 - 14
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	15,47	N/A	13 -11 - 14
* Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO <sub>3</sub> - E mod.	0,30	N/A	13 -11 - 14
*DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	150	N/A	13 -11 - 14
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	260	+/- 10 %	13 -11 - 14
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	900	N/A	13 -11 - 14

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

**RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:**  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 Dr. Mario Ruiz B.



Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.  
 - Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 1

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS INICIAL 2		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Caracterización inicial 2	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	04	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				



**ANEXO N° 5:**  
**PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

a



b



c



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PRUEBAS DE TRATABILIDAD		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Reactivos químicos	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	05	1:1	31/01/14
b. Método de jarras	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
c. Agua Tratada	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	GUANGA ULISES			

ANEXO N° 6:

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO FINAL DEL AGUA SERVIDA

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

## INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Ulises R. Guanga I.

Fecha de Análisis: 16 diciembre del 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 23 de diciembre de 2014

Tipo de muestras: Agua Servida Doméstica Tratada (clarificada y clorada)

Localidad: Matus Cantón Penipe

## TRABAJO DE TESIS

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	32
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	8
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	1.16
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-D	1	<0.1

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*Valores referenciales para aguas residuales que descargan a un cuerpo de agua dulce  
TULSMA LIBRO VITÍTULO IV ANEXO I TABLA 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones: El presente informe es el resultado de dos muestras analizadas tratadas.

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS FINAL ESPOCH			
			LÁMINA	ESCALA	FECHA	
Caracterización final	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  GUANGA ULISES	06	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información				



**ANEXO N° 7:**

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO FINAL DEL AGUA SERVIDA**



Contáctanos: 0993387300 - 0329243226 0993806600 – 032360260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

**EXÁMEN MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**

**CÓDIGO 419-14**

**CLIENTE:** Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Matus  
**DIRECCIÓN:** Matus Catón Penipe  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua Servida Doméstica Tratada (clarificada y clorada)  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 de Diciembre del 2014  
**FECHA DE MUESTREO:** 16 de Diciembre del 2014

**EXAMEN FÍSICO**

**COLOR:** Incoloro  
**OLOR:** Inoloro  
**ASPECTO:** No presencia de sólidos

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO	*VALOR REFERENCIAL	RESULTADOS
Coliformes Fecales	UFC/100mL	Filtración por membrana	Remoción mayor al 99,9 %	Ausencia

\* Valores referenciales para aguas residuales que descargan a un cuerpo de agua dulce  
 TULSMA LIBRO VITÍTULO IV ANEXO I TABLA 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

**OBSERVACIONES:**

**FECHA DE ANÁLISIS:** 16 de Diciembre del 2014.

**FECHA DE ENTREGA:** 17 de Diciembre del 2014.

**RESPONSABLE:**

Dra. Gina Álvarez R.





El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS FINAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Caracterización final	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	07	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	GUANGA ULISES			

ANEXO N° 8:

ANÁLISIS FÍSICO -QUÍMICO-MICROBIOLÓGICO FINAL DEL AGUA SERVIDA

**LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES**  
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 066 - 14

**INFORME DE ANALISIS**

**NOMBRE:** Sr. Ulises Guanga **INFORME N°:** 066 - 14  
**EMPRESA:** GAD Parroquial Matus **N° SE:** 066 - 14  
**DIRECCIÓN:** Nueva York y España **FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 -12 - 14  
**TELÉFONO:** 0990346362 **FECHA DE INFORME:** 22 - 12 - 14

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1 Agua servida tratada, Parroquia Matus **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 129 -14 Matus Agua



El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

**RESULTADO DE ANÁLISIS**  
MA - 129-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
*Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	0,1	N/A	16 -12 - 14
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1.19	N/A	16 -12 - 14
*DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10	N/A	16 -12 - 14
DQO	mg O2/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	34	+/- 10 %	16 -12 - 14
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	Ausencia	N/A	16 -12 - 14

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

**RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:**  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 Dr. Mario Ruiz B.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
 - Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

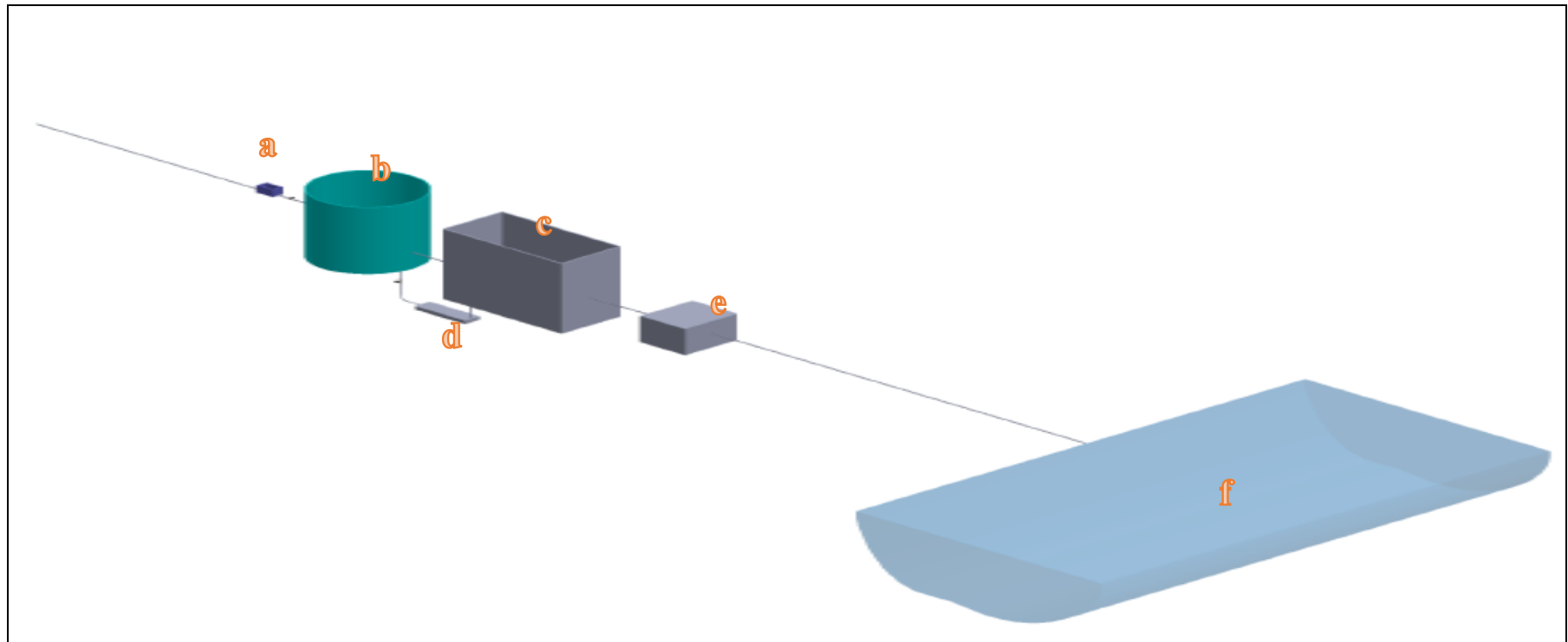
Página 1 de 1

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS FINAL UNACH		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Caracterización final	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	08	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

**ANEXO N° 9:**

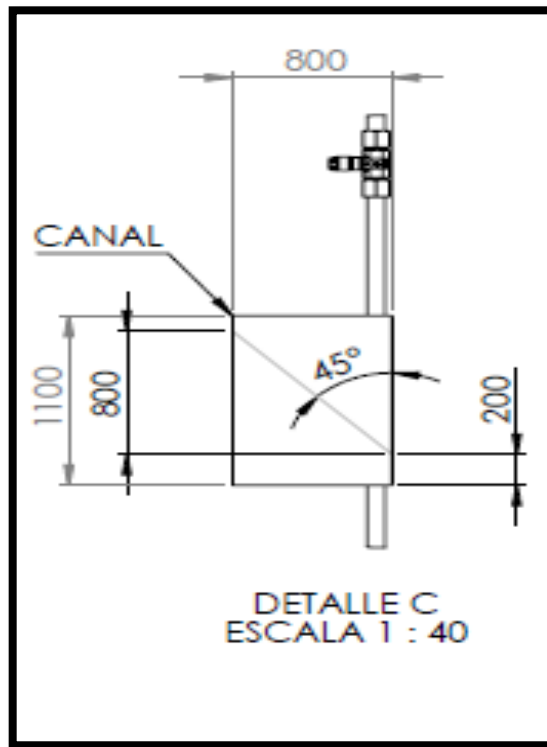
**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PROPUESTO**



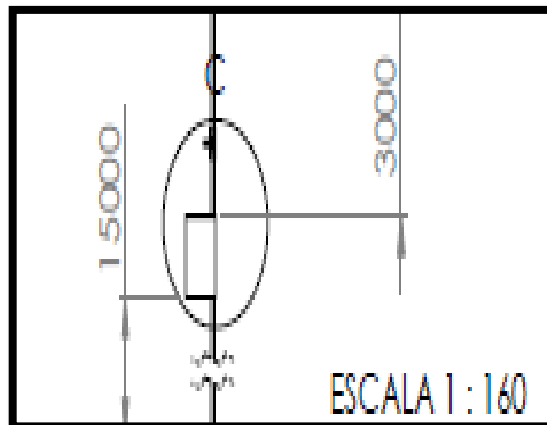
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<b>VISTA ISOMÉTRICA</b> a.-Cribado b.-Coagulador-floculador c.-Sedimentador rectangular d.-Lecho de secado e.-Tanque de desinfección f.-Río Matus	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar  <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar  <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  GUANGA ULISES	9	1:295	17/04/15

**ANEXO N° 10:**  
**CANAL DEL CRIBADO**

a



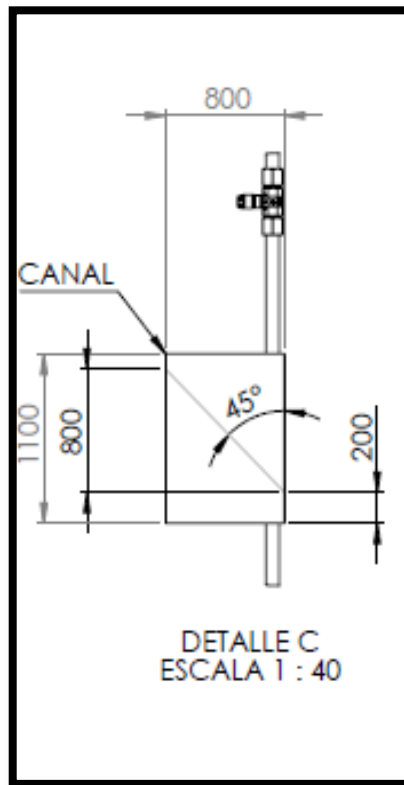
b



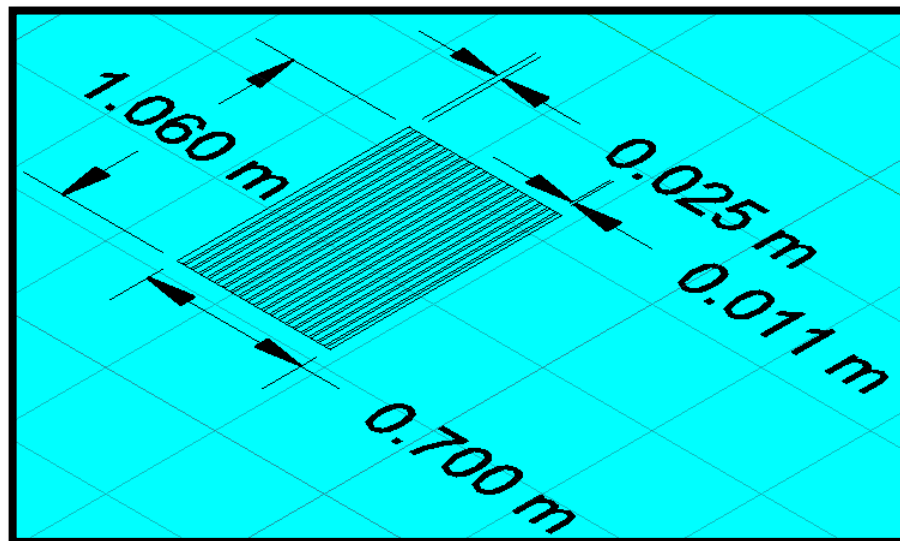
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	CANAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista frontal detalle	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	10	1:10	17/04/15
b.-Vista frontal	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	GUANGA ULISES			

**ANEXO N° 11:**  
**REJILLAS DEL CRIBADO**

a



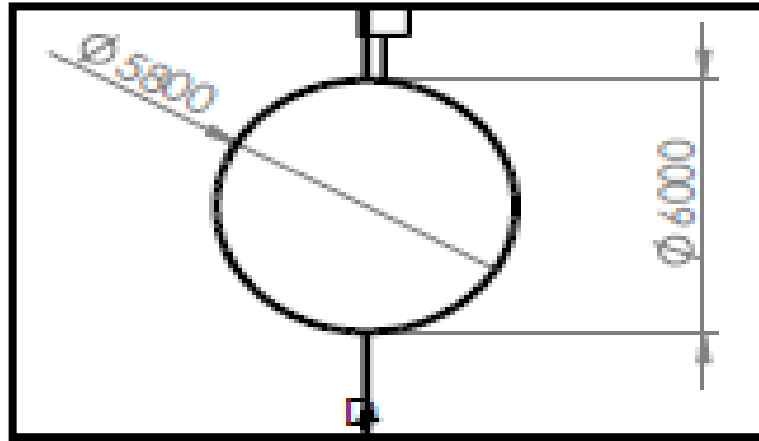
b



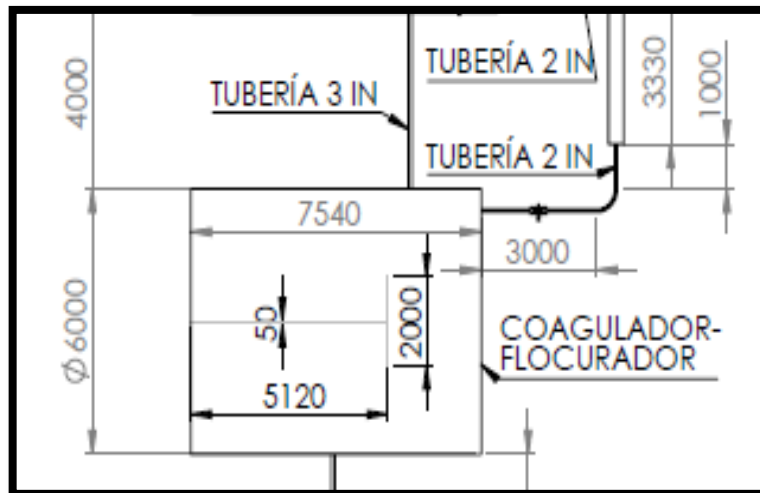
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REJILLAS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista frontal detalle	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b.-Vista frontal	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar  <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	11	1:10	17/04/15

**ANEXO N° 12:**  
**COAGULADOR-FLOCULADOR**

a

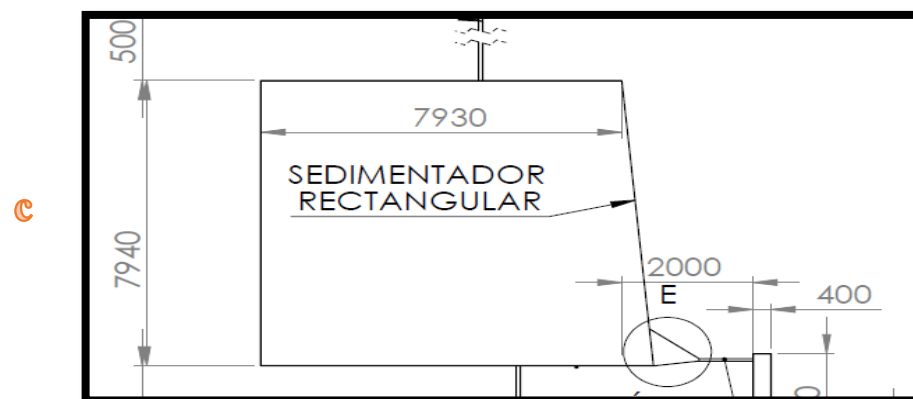
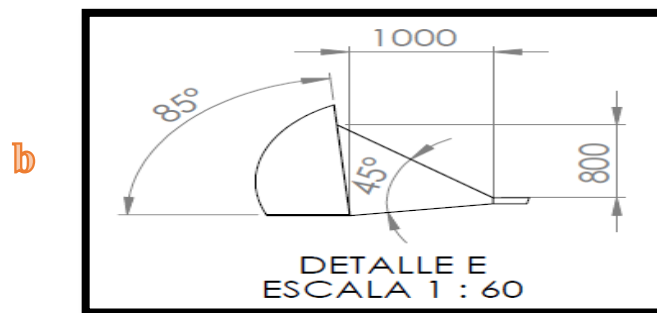
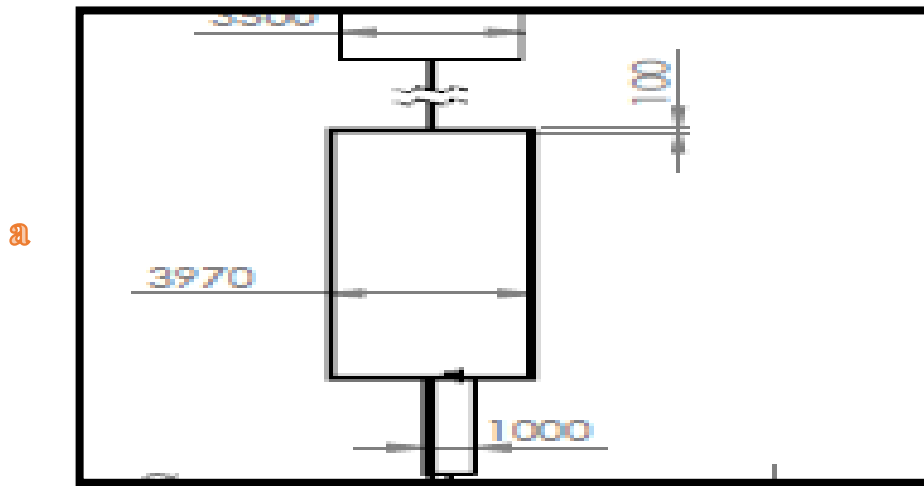


b



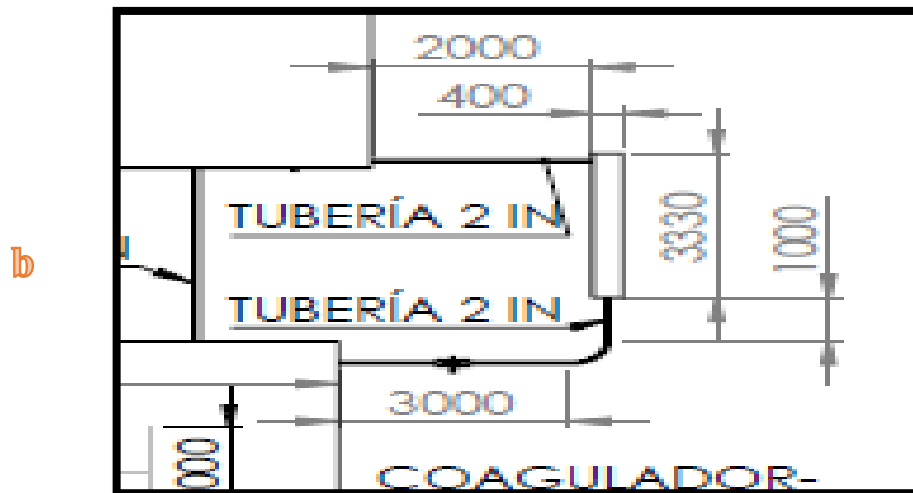
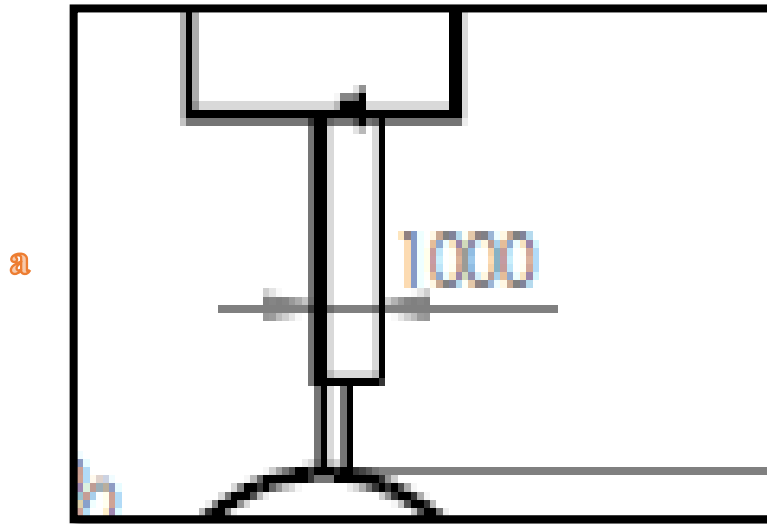
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista superior 1:200	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b.-Vista frontal 1:160	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA GUANGA ULISES	12	1:10	17/04/15

**ANEXO N° 13:**  
**SEDIMENTADOR RECTANGULAR**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista superior 1:200	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	13	1:10	17/04/15
b.- Vista frontal detalle	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
c.-Vista frontal	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	GUANGA ULISES			

**ANEXO N° 14:**  
**LECHO DE SECADO**

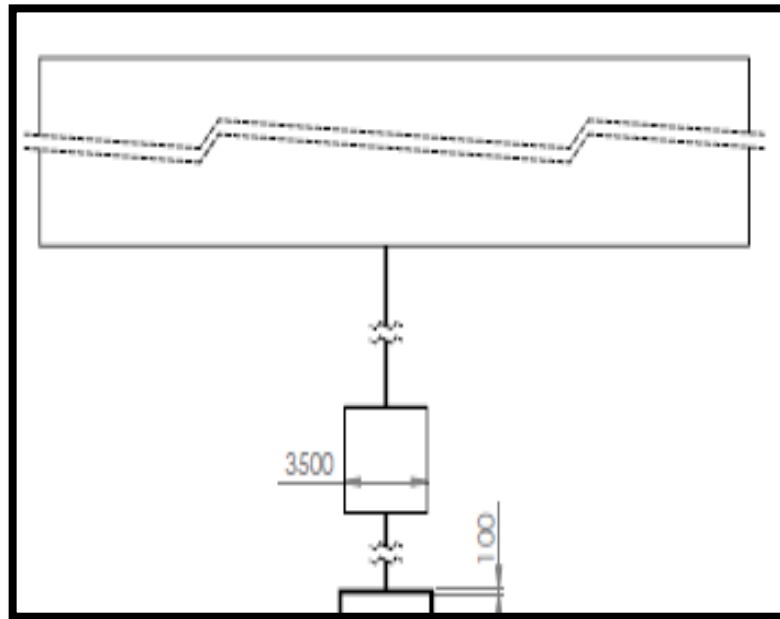


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	LECHO DE SECADO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista superior 1:200	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b.-Vista frontal 1:160	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar  <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	14	1:10	17/04/15

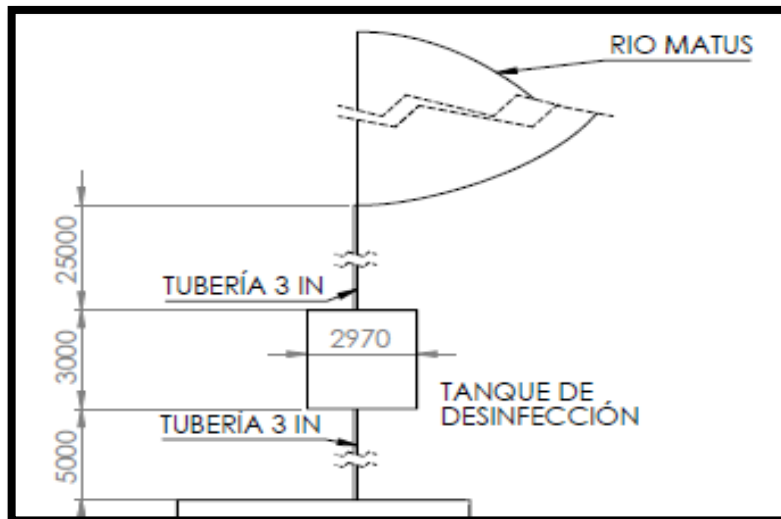


**ANEXO N° 15:**  
**TANQUE DE DESINFECCIÓN**

a



b



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TANQUE DE DESINFECCIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a.-Vista superior 1:200	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b.-Vista frontal 1:160	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA GUANGA ULISES	15	1:10	17/04/15

**ANEXO N° 16:****PROCEDIMIENTO DE LA DOSIFICACIÓN DEL PAC****OBJETO:**

Alcanzar una dosificación correcta y eficaz del policloruro de aluminio.

**ALCANCE:**

Para el sedimentador con paletas de agitación con su correcta adición.

**RESPONSABLES:**

Técnico u operario del sistema de tratamiento de aguas servidas.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural Matus.

**DESARROLLO:**

La dosificación del policloruro de aluminio se realizará por vía húmeda, mediante el siguiente procedimiento:

1. Se debe preparar su debida cantidad de PAC en una balanza.
2. Se debe controlar el suministro de agua para la preparación de la muestra.
3. Disponer la solución de policloruro de aluminio al 10%.
4. Graduar la bomba dosificadora para que este calibrada para tener una dosificación exacta del PAC hacia la muestra a tratar.
5. Bombear la solución prepara al 10 % de PAC mediante la bomba dosificadora hasta el sedimentador con una dosis de 0,5 mL/L de muestra tratante.

**REGISTROS:**

Se debe tener registro del uso del floculante en este caso policloruro de aluminio.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DOSIFICACIÓN DEL PAC		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Procedimiento	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA	16	1:1	31/01/14
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	GUANGA ULISES			

**ANEXO N° 17:**

**HOJA DE SEGURIDAD DEL PAC**

<b>POLICORURO DE ALUMINIO-PAC</b>									
<b>HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES</b>									
<b>1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑIA</b>									
<p>Nombre Comercial: QUIMPAC 2500                      Nombre Químico: POLICLORURO DE ALUMINIO- POLYALUMINUM CHLORIDE /                      CAS # 1327-41-9                      Formula Química: <math>Al_n(OH)_mCl_{(2n-m)} \cdot H_2O</math>                      Nombre de la Comercializadora: QUIMPAC ECUADOR S.A.                      Dirección de la Comercializadora: Km. 18.5 vía a Daule, Av. Rosavín y Cobre</p>									
<b>TELEFONOS DE EMERGENCIA</b>									
<p><b>QUIMPAC ECUADOR S.A.:</b></p>		<p>(593-4) 2162660-2162220 Ext. 330                      099-9482-937 / 099-9500-081</p>							
<b>2. IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS</b>									
ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL		CLASIFICACION SGA DE SUSTANCIA / MEZCLA							
									
 <p><b>CORROSIVO</b> 8</p>		 <p>Atención Nocivo para los organismos acuáticos</p>							
		 <p>Atención Provoca irritaciones cutáneas y oculares graves</p>							
		<b>UN: 2581</b>							
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	HOJA DE SEGURIDAD						
Hoja de seguridad elaborado por QUIMPAC ECUADOR S.A	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA  GUANGA ULISES	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">17</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">31/01/14</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	17	1:1	31/01/14
	LÁMINA		ESCALA	FECHA					
	17		1:1	31/01/14					
<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar									
<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información									

ANEXO N° 18:

HOJA DE SEGURIDAD DEL PAC

GRADO DE RIESGO (NFPA 704)					
	(S) RIESGO A LA SALUD	(I) RIESGO DE INFLAMABILIDAD	(R) RIESGO DE REACTIVIDAD		(E) RIESGO ESPECIAL
	4 MORTAL	4 INFLAMABLE DEBAJO DE 25°C	4 PUEDE EXPLOTAR SUBITAMENTE	OX	OXIDANTE
	3 EXTREMADAMENTE RIESGOSO	3 INFLAMABLE DEBAJO DE 37°C	3 PUEDE EXPLOTAR EN CASO DE CHOQUE O CALENTAMIENTO	AC	ACIDO
	2 PELIGROSO	2 INFLAMABLE DEBAJO DE 50°C	2 INESTABLE EN CASO DE CAMBIO QUIMICO VIOLENTO	CO	CORROSIVO
	1 POCO PELIGROSO	1 INFLAMABLE SOBRE LOS 50°C	1 INESTABLE SI SE CALIENTA	AL	ALCALINO
	0 SIN RIESGO	0 NO SE INFLAMA	0 ESTABLE	W	NO USAR AGUA

3. COMPOSICION / INFORMACION DE INGREDIENTES			
Ingrediente(s) Peligroso(s)	% (p/p)	TLV	CAS N°
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	min 15.5%	2 mg/m <sup>3</sup>	1344-28-1

4. PRIMEROS AUXILIOS
<p><b>Inhalación:</b> Si la víctima respira en forma acelerada, muévela hacia el aire fresco. Reposo y atención médica.</p> <p><b>Ingestión:</b> No induzca al vómito. Lave la boca, dé abundante agua a beber, ó 1 litro de leche. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca. Solicite atención médica inmediatamente.</p> <p><b>Contacto con los ojos:</b> Lave la piel con una solución jabonosa y enjuague con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.</p> <p><b>Contacto con la piel:</b> Lave inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior.</p>

5. MEDIDAS CONTRA FUEGO Y EXPLOSION
<p>No genera riesgos de fuego y explosión. Sometido al fuego, puede generar gases irritantes y tóxicos, incluidos gases de ácido clorhídrico. En caso de incendio, proceda a enfriar con agua. Los recipientes cerrados al calentarse pueden reventar por incremento de presión interna.</p> <p><b>Medio para extinguir el fuego:</b> Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. (Agua, polvo químico, dióxido de carbono o espuma química).</p> <p><b>Información Especial:</b> Los bomberos deben colocarse el traje completo de protección.</p>

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	HOJA DE SEGURIDAD				
			LÁMINA	ESCALA	FECHA		
Hoja de seguridad elaborado por QUIMPAC ECUADOR S.A	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	18	1:1	31/01/14	
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar					ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA
	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información					

**ANEXO N° 19:**

**PROCEDIMIENTO DE LA DOSIFICACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO**

**OBJETO:**

Alcanzar una dosificación del hipoclorito de sodio de una manera correcta.

**ALCANCE:**

Para el tanque de desinfección con su correcta adición.

**RESPONSABLES:**

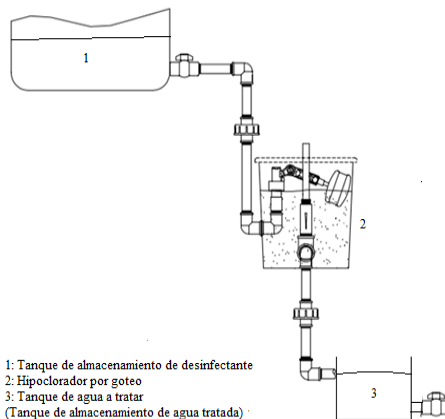
Técnico u operario del sistema de tratamiento de aguas servidas.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural Matus.

**DESARROLLO:**

El hipoclorito de sodio se adicionara por medio de un hipoclorador por goteo, y se seguirá los siguientes pasos:

1. Vincular la entrada del dosificador a la salida del tanque de almacenamiento del hipoclorito de sodio.
2. Vincular la tubería de alimentación desde el dosificador al sitio de aplicación, es decir, al tanque de agua que se va a desinfectar.
3. Cerciorar que la inspección de dosificación esté cerrado. Inmediatamente abrir la llave del tanque de almacenamiento del hipoclorito de sodio al 2,5 % para llenar el dosificador.
4. Posterior al llenado del dosificador, virar el dispositivo de control hasta obtener el caudal de aplicación hacia el tanque desinfección, esto se lo puede realizar por el método volumétrico con la ayuda de un cronómetro y recipiente, en este caso se adicionara 3 mL/L de aguas servidas.



**REGISTROS:**

Se debe tener registro del uso del hipoclorito de sodio.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DOSIFICACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO				
			LÁMINA	ESCALA	FECHA		
Procedimiento	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	19	1:1	31/01/14	
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar					ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA
	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información					

**ANEXO N° 20:**

**HOJA DE SEGURIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO**

		<p><b>DESCRIPCION:</b> Líquido amarillo verdoso, huele a cloro. Soluble en agua. Libera gases irritantes al contacto con ácido. Es corrosivo de metales y de la piel. UN 1791 GUIA GRE # 154</p>							
<p><b>RIESGOS DEL PRODUCTO:</b> Peligro! Corrosivo. Causa irritación y quemaduras a los ojos, a la piel y al tracto respiratorio.</p>									
<p><b>PROTECCION BASICA RECOMENDADA</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">      </div> <p>No comer, beber ni fumar durante el trabajo. Almacenar bajo sombra. Evitar daño físico a los envases. Evitar productos incompatibles. Disponer de una fuente para lavado de ojos y una ducha en el área de trabajo. Evite la dispersión de neblina. Evitar todo contacto directo.</p>									
<h2 style="margin: 0;">EN CASO DE ACCIDENTE</h2>									
<p><b>SI OCURRE ESTO</b></p>	<p><b>HAGA LO SIGUIENTE</b></p>								
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p>DERRAME</p> </div>	<p>Aisle el área. Utilice monogafas y respirador de media máscara con filtro para gases inorgánicos. Use equipo de protección nivel B. Atrapar la sustancia derramada con arena seca o tierra e introducir en un recipiente, para su posterior tratamiento; lavar el residuo del suelo con abundante agua.</p>								
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p>FUEGO</p> </div>	<p>No es combustible, En caso de incendio se desprenden humos tóxicos e irritantes. Enfríe los recipientes con agua. Utilice el tipo de extintor adecuado para combatir fuego en el entorno. Utilice el equipo de protección completo incluido sistema de respiración autónomo. Evite que entre en contacto con productos incompatibles.</p>								
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p>EXPOSICION</p> </div>		<p>La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Ducharse durante 15 minutos, aire fresco y reposo. En caso de contacto con los ojos, use la fuente lavajos unos 15 minutos. Solicite atención médica inmediatamente.</p>							
<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b></p> <p><input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por Eliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Por Aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por Calificar      <input checked="" type="checkbox"/> Para Información</p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA</p> <p>GUANGA ULISES</p>	<p><b>HOJA DE SEGURIDAD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 50%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">31/01/14</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	20	1:1	31/01/14
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
20	1:1	31/01/14							
<p>Hoja de seguridad elaborado por QUIMPAC ECUADOR S.A</p>									