



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL
PALLATANGA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Trabajo de titulación

TIPO: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: BETTY MARISOL ALLAUCA TINGO

TUTORA: ING. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA

Riobamba – Ecuador

2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo técnico Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Faenamiento Municipal Pallatanga, provincia de Chimborazo'', de responsabilidad de la señorita Betty Marisol Allauca Tingo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza

**DIRECTORA DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Zoila Valeria Tapia González

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Betty Marisol Allauca Tingo, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Betty Marisol Allauca Tingo

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a DIOS, por guiar mi camino y darme fuerzas cada día así como sabiduría para hacerme entender que es un ser divino que solo quiere lo mejor para sus hijos, que a pesar de las cosas tristes que hay en esta vida él siempre nos bendice con una día nuevo para ser mejores personas.

A mis padres Marco Allauca y Carmen Tingo dos seres que admiro mucho y que siempre estuvieron presentes en mi vida para levantarme en mis situaciones difíciles por ser mi guía y brindarme su apoyo incondicional por ser mi ejemplo de vida y lucha, sobre todo por creer en mí, brindándome todo su amor incondicional.

A mis hermanos Santiago, Gabriela y Paola por caminar junto a mí en toda mi trayectoria y por llegar a ser mi motivo de lucha demostrándome que siempre podré contar con cada uno de ellos.

A mi sobrinita Victoria, por ser una linda bendición que llevo a nuestras vidas para llenarnos de alegría e iluminar nuestras vidas y con su inocencia demostrarnos que con una sonrisa el mundo puede cambiar.

A mis amigos que con cada palabra de ánimo fue suficiente para seguir, por cada momento vivido junto a ellos y por las experiencias que las llevaré en mi corazón y sobre todo a mi buena amiga Alexandra por ser aquella persona con la que compartí buenos y malos momentos junto a mí, que a pesar del tiempo logramos culminar juntas, nuestras metas.

Betty.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida y la salud y permitirme llegar a culminar esta gran etapa de mi vida, logrando alcanzar mi objetivo, además por su infinito amor.

A mis padres, hermanos, sobrinita, tíos, primos que son parte de mi familia y quienes están presentes cuando necesito de ellos, pues desde el fondo de mi ser les agradezco por estar junto a mí y ser parte de mi vida.

A mis abuelitos, por ser el eje principal de mi vida que con su demostración de lucha ejemplar me demostraron a no desfallecer ante los problemas y siempre luchar para alcanzar nuestro objetivo.

En el transcurso de mi vida estudiantil agradezco a mis amigos, a mis profesores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por su infinita amistad, por brindarme sus conocimientos, que forjare en mi vida profesional.

Con especial cariño agradezco a la Ing. Mayra Zambrano y Valeria Tapia por ser parte de este trabajo con su guía y conocimiento así como el tiempo dedicado a mí persona.

Finalmente agradezco al GAD Municipal del Cantón Pallatanga y todo su personal administrativo, por abrirme las puertas y creer en mí, y llegar a ser un aporte más para el cantón.

Gracias infinitas.

Betty.

ABREVIATURAS

F/M	Relación alimentación/ microorganismos
pH	Potencial de Hidrógeno
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
SST	Sólidos suspendidos Totales
ST	Sólidos Totales
Q_b	Caudal por bovino
Q_p	Caudal medio diario
S_e	Concentración de DBO del efluente
S_o	Concentración de DQO del afluente
DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
B	Ancho de la rejilla
Y	Coefficiente de producción
W	Watts
Tr	Tiempo de retención
Kw	Kilowatts
C_L	Concentración de oxígeno disuelto en la laguna
m	Metros
mg/l	Miligramos por litro
mg/s	Miligramos por segundo
d	Día
ICCB	Índice de consumo de carne por bovino
ICCP	Índice de consumo de carne por porcino
T	Temperatura
N	Coefficiente de manning
P_f	Población proyectada
P_t	Potencial total de aireación
P	Potencial de aireación
S	Demanda proyectada
S	Gradiente hidráulico
Q_{pro}	Caudal proyectada

A_f	Área de la sección transversal
s	Espesor entre barras
E	Separación entre barras
I	Tasa de crecimiento
L	Litros
H_f	Pérdidas hidráulicas
V_a	Velocidad de aproximación
L_b	Longitud entre barras
Θ	Tiempo de retención en la laguna
K_d	Tasa relativa de respiración endógena
WO_2	Requerimiento de oxígeno
M	Viscosidad dinámica
A	Factor de corrección para la transferencia de oxígeno
<i>TULSMA</i>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiental
<i>UFC/100ml</i>	Unidades formadoras de colonias por cada cien mililitros

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XV
SUMMARY	XVI

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3.1 Antecedentes del Centro de faenamiento Municipal del cantón Pallatanga	3
1.3.2 Marco teórico	3
<i>1.3.2.1 Descripción del proceso de faenamiento de Porcino.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2.2 Diagrama sinóptico de etapa de faenamiento del Porcino.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.2.3 Formulas empleadas para el cálculo de la productividad.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.4 Descripción del proceso de faenamiento del Ganado Bovino</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.5 Diagrama sinóptico de etapa de faenamiento del Ganado Bovino.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.3.6 Formulas empleadas para el cálculo de la productividad.....</i>	<i>11</i>
1.3.3 Tipo de estudio.....	11
1.3.4 Metodología.....	11
<i>1.3.5.1 Métodos y Técnicas.....</i>	<i>11</i>
1.3.6 Medición del caudal volumétrico.....	17
1.3.7 Toma de muestras del agua residual del centro de faenamiento.....	17
1.3.8 Índice de Biodegradabilidad	19
1.3.9 Tratabilidad de las Aguas Residuales.....	20
<i>1.3.9.1 Tratamiento físico</i>	<i>21</i>
<i>1.3.9.2 Tratamiento Químico</i>	<i>22</i>
1.3.10 Caracterización del Agua Residual Tratada	30
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	31
1.4.1 Directos.....	31
1.4.2 Indirectos.....	31

CAPITULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	32
2.1	General	32
2.2	Específico	32

CAPITULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO	33
3.1	Localización del Proyecto	33
3.1.1	<i>Clima de la zona</i>	34
3.1.2	<i>Hidrografía</i>	35
3.2	Ingeniería del proyecto	35
3.2.1	<i>Aguas Residuales</i>	35
3.2.2	<i>Clasificación de las aguas residuales según su efluente de descarga</i>	35
3.2.3	<i>Malos olores y sabores</i>	36
3.2.4	<i>Importancia ecológica y sanitaria</i>	36
3.2.5	<i>Acción sobre el entorno</i>	37
3.2.6	<i>Características químicas</i>	37
3.2.6.1	<i>Materia Orgánica</i>	37
3.2.3	<i>Análisis de indicadores para el control del agua residual.</i>	37
3.3	Cálculos del diseño	40
3.3.1	<i>Cálculo del canal</i>	40
3.3.1.1	<i>Área del canal</i>	40
3.3.1.2	<i>Radio Hidráulico</i>	41
3.3.3	Cálculos para las rejillas de limpieza manual	42
3.3.3.1	<i>Determinación del área de las barras</i>	42
3.3.3.2	<i>Área de la sección transversal del flujo</i>	42
3.3.3.3	<i>Longitud sumergida de la rejilla</i>	43
3.3.3.4	<i>Número de barras</i>	44
3.3.3.5	<i>Cálculo de la pérdida de carga a través de las rejillas</i>	44
3.3.4	Cálculos para el tanque de sedimentación	45
3.3.4.1	<i>Determinación de área superficial del sedimentador</i>	45
3.3.4.2	<i>Cálculo del diámetro del sedimentador</i>	46
3.3.4.3	<i>Cálculo del volumen del sedimentador</i>	47
3.3.4.4	<i>Tiempo de retención hidráulico</i>	48
3.3.6.1	<i>Área de la sección transversal</i>	48

3.3.6.2	<i>Velocidad de arrastre.....</i>	49
3.3.6.3	<i>Remoción de SST y DBO.....</i>	49
3.3.5	<i>Cálculo del floculador.....</i>	50
3.3.5.1	<i>Cálculo para las paletas de agitación.....</i>	53
3.3.6	<i>Cálculos de diseño para la filtración.....</i>	60
3.3.6.1	<i>Cálculo de dimensionamiento del filtro.....</i>	62
3.3.6	<i>Cálculos del tanque de cloración.....</i>	56
3.3.5.2	<i>Dosificación en el hipoclorito.....</i>	56
3.4	Propuesta.....	64
3.5	Porcentaje de remoción.....	65
3.6	Resultados del diseño del sistema propuesto.....	68
3.6.1	<i>Caudal de diseño.....</i>	68
3.6.2	<i>Cálculo del canal.....</i>	68
3.6.3	<i>Rejillas de limpieza manual.....</i>	68
3.6.4	<i>Tanque de sedimentación.....</i>	69
3.6.5	<i>Floculación.....</i>	69
3.6.6	<i>Filtración Lenta.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.6.7	<i>Tanque de cloración.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.7	Análisis de resultados.....	71
3.7.1	<i>Resultados de los coagulantes.....</i>	71
3.7.2	<i>Resultados con los floculantes.....</i>	72
3.7.3	<i>Resultados de la cloración.....</i>	72
3.8	Requerimiento de materiales y equipos.....	72
3.9	Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico - químico.....	74
3.10	Costos del diseño.....	76
 CONCLUSIONES.....		 80
RECOMENDACIONES.....		82
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Métodos utilizados en la determinación de parámetros.....	13
Tabla 2-1: Aforó de caudal de agua residual	18
Tabla 3-1: Caracterización primaria del agua residual	18
Tabla 4-1: Parámetros para determinar el índice de Biodegradabilidad	19
Tabla 5-1: Índice de Biodegradabilidad.....	20
Tabla 6-1: Relación entre parámetros DBO5 y DQO	20
Tabla 7-1: Rejilla para limpieza manual	22
Tabla 8-1: Equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el test de jarras.....	22
Tabla 9-1: Tratamiento con Sulfato de Aluminio al 10%	23
Tabla 10-1: Tratamiento con Cloruro Férrico.....	24
Tabla 11-1: Tratamiento con Polielectrolito al 0,05%	25
Tabla 12-1: Tratamiento de cloración al 10%	26
Tabla 13-1: Sulfato de Aluminio con Polielectrolito	26
Tabla 14-1: Cloruro Férrico con Polielectrolito.....	27
Tabla 15-1: Prueba de Sedimentación	28
Tabla 16-1: Resultado de análisis físico-químico y bacteriológico del agua residual.	30
Tabla 1-3: Características Geográficas del Cantón Pallatanga	34
Tabla 2-3: Tipos de Clima del Cantón Pallatanga	34
Tabla 3-3: Características Físicas de las Aguas Residuales.....	38
Tabla 4-3: Características Químicas de las Aguas Residuales.....	39
Tabla 5-3: Características Biológicas de las Aguas Residuales.....	40
Tabla 6-3: Normas para Estudio y diseño de agua potable y Disposición de aguas Residuales.....	40
Tabla 7-3: Sedimentador.....	45
Tabla 8-3: Valores constantes empíricas	49
Tabla 9-3: Diseño para el filtrado	56
Tabla 10-3: Parámetros de diseño de filtro rápido de arena.....	56
Tabla 11-3: Resultados de Análisis de aguas residuales	65
Tabla 12-3: Determinación del porcentaje de remoción luego del tratamiento	67
Tabla 13-3: Caudal del diseño	68
Tabla 14-3: Diseño de canal.....	68
Tabla 15-3: Rejillas de limpieza manual.....	68

Tabla 16-3: Tanque de sedimentación	69
Tabla 17-3: Floculación	69
Tabla 18-3: Filtración lenta.....	71
Tabla 19-3: Tanque de cloración	71
Tabla 20-3: Comparación de resultados de los coagulantes	71
Tabla 21-3: Resultados de floculantes	72
Tabla 22-3: Resultados de la cloración	72
Tabla 23-3: Materiales de muestreo y recolección de información	73
Tabla 24-3: Materiales y equipos para medición del caudal.....	73
Tabla 25-3: Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual	74
Tabla 26-3: Materiales, Equipos, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual ...	75
Tabla 27-3: Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual ...	75
Tabla 28-3: Parámetros, Unidad y Método para Caracterización Física del agua	76
Tabla 29-3: Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	76
Tabla 30-3: Determinación de los costos de dosificación.....	78
Tabla 31-3: Determinación de costos totales	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante.....	23
Gráfico 2-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante.....	24
Gráfico 3-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de floculante	25
Gráfico 4.1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de cloración; Error! Marcador no def	
Gráfico 5-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante.....	26
Gráfico 6-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante, floculante.....	27
Gráfico 7-1 Sedimentación.....	28
Gráfico 1-3 Ubicación satelital del Camal de Pallatanga.....	34
Gráfico 2-3 Demostración gráfica de los parámetros según los Lím. Max. Permisible, muestra compuesta sin tratamiento y muestra tratada.	66
Gráfico 3-3 Porcentaje de Remoción	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Rejillas de limpieza manual	21
Figura 2-1 filtro.....	29
Figura 3-1 Propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales.....	64

RESUMEN

Se diseñó un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para los vertidos generados en el proceso de faenamiento del Camal Municipal del Cantón Pallatanga provincia de Chimborazo; se tomó muestras de tipo compuesta durante cinco días seguidos obteniendo un promedio de caudal de caudal de 3,22 L/s , se procede a realizar la caracterización inicial de la muestra y se realizaron los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos, para lo cual se identificó los parámetros que se encuentra fuera del límite permitido por la Normativa Ambiental vigente del REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N° 097-A Tabla 9, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, se procedió a realizar las respectivas pruebas de tratabilidad a través de un sistema experimental que consistía en un método físico y químico, obteniendo los siguientes resultados: Demanda química de oxígeno (DQO) 92,86%, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)94,52% , Aceites y grasas 93,09% , Color real 88,7%, Coliformes fecales y totales 100%, Cloro residual 41%, el cual son adecuados. El proceso de tratamiento inicia con la separación de residuos sólidos según su diámetro que se encuentran presentes en el agua residual, mediante la implementación de rejillas, posteriormente se utilizó un tratamiento químico mediante el test de Jarras para encontrar la dosificación adecuada del coagulante y floculante en este caso el más óptimo es el cloruro férrico 10ml, polielectrólito 0,5ml y su respectiva cloración con 0,3ml. Se procedió a realizar los cálculos de dimensionamiento de los equipos para el diseño, el cual empieza con un canal de entrada, unas rejillas, un sedimentador, floculador, tanque de cloración y finalmente una filtración. Concluyendo que el diseño propuesto es eficiente para implementar en el camal municipal del cantón Pallatanga, el cual se validó mediante el análisis de costos y resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVE: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA> < INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA SANITARIA> <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <TEST DE JARRA> <REJILLAS> <SEDIMENTADOR > <FLOCULACIÓN> <TANQUE DE CLORACIÓN> <PALLATANGA (CANTÓN)>

SUMMARY

The main purpose of this study was to design a wastewater treatment system for the discharges generated in the slaughter process of the municipal slaughterhouse of the Pallatanga canton, Chimborazo province. In order to conduct this study, samples of compound type were taken during five consecutive days, which gave an average flow of 3.22 L/s. Subsequently, the initial characterization of the sample, and the respective physical, chemical and microbiological analyzes were carried out by identifying the parameters allowed by the current Environmental Regulations of the OFFICIAL REGISTER, MINISTERIAL AGREEMENT N° 97-A table 9, discharge limits for a body of fresh water. The respective treatability tests were carried out by means of an experimental system based on a physical and chemical method whose findings reported: Chemical oxygen demand (COD) 92,86%, Biochemical oxygen demand (BOD₅) 94,52%, Oils and fats 93,09%, real color 88,7%, fecal and total coliforms 100%, and residual chlorine 41%, which are adequate. The treatment process started by the separation of grids, then, a chemical treatment by the jars test was carried out in order to find the appropriate dosage of coagulant and flocculator. In this case, the most optimal was the ferric chloride 10 ml and polyelectrolyte 0,5 ml and its respective chlorination with 0,3 ml. The next step was to calculate the sizing of the equipment for the design, which begins with an inlet channel, gratings, a settler, flocculator, chlorination tank and finally a filtration. Finally, the proposed design was validated by means of the analysis of costs and results collected, which demonstrates its efficiency to be implemented in the municipal slaughterhouse of the Pallatanga canton.

KEY WORDS: <CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING> <ENGINEERING AND SANITARY TECHNOLOGY> <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM> <JAR TEST> <GRATINGS> <SEDIMENTADOR> <FLOCCULATION> <CHLORINATION TANK> <PALLATANGA (CANTÓN)>

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

En la Provincia de Chimborazo existen una gran cantidad de centros de faenamientos Municipales que genera aguas residuales que son descargadas a la alcantarilla la misma que llegan al cauce del río. El Ministerio del Ambiente del Ecuador ha elaborado las normas a partir de los distintos impactos negativos generados, proponiendo la norma para límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el ACUERDO MINISTERIAL N° 097- A Tabla 9, del 30 de Julio del 2015 publicado en el registro oficial 387 del 4 de noviembre del 2015. Por tal razón los Gobiernos descentralizados Municipales han hecho eco para busca disminuir la contaminación, según lo establecido en el literal dos de los principios de prevención del ACUERDO MINISTERIAL N°061. (Pozo Barrezueta, 2015)

En la actualidad el centro de faenamiento Municipal del Cantón Pallatanga presta servicios de faenamiento de porcinos y bovinos, para llevar a cabo estos procesos se requiere de distintos recursos, siendo el agua el más utilizado por tal razón que se genera grandes cantidades de vertidos, al no poseer un sistema de tratamiento de aguas residuales previo a su descarga estos efluentes son descargados directamente hacia el río Huitzize que tiene una longitud aproximada de 3.5 Km que atraviesa el centro urbano de la población hasta desembocar en el río Coco siguiendo su rumbo el hacia el río Yaguachi, Babahoyo y finalizando en río Guayas.

Los moradores del sector utilizan el agua del río para regar sus tierras, por lo que generan un impacto afectando directamente la salud de los pobladores generando enfermedades gastrointestinales causada por parásitos 6.2%, Desnutrición del 12%, Dermatitis de contacto 2.1% y Anemia aguda infantil el 3%, también la contaminación del suelo y el habita de la vida acuática influyendo directamente en el equilibrio del ecosistema.

1.2 Justificación del proyecto

El desarrollo de la actividad humana ha provocado daños hacia el medio Ambiente generando contaminación directa e indirecta, según los Objetivos de Desarrollo Sostenible señala que el agua constituye un patrimonio nacional estratégico, de uso público y esencial para la vida por ello el estado reconoce y garantiza el derecho humano hacia el agua y determina también que el 80% de empresas no registra gastos en protección Ambiental; el 90% de los desagües de América Latina son vertidos sin ningún previo tratamiento el cual los ríos y mares son utilizados para los riegos generando serios problemas en la salud pública y contaminación ambiental.(Organización de las Naciones Unidas, 2016)

El Ministerio del Ambiente exige la preservación y el cuidado de aguas utilizadas tanto en empresas, así como en hogares por tal razón se debe contar con la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales que ayuden a reducir la contaminación hacia el ecosistema.

El Centro de faenamiento Municipal Pallatanga, al momento no cuenta con un Sistema de tratamiento de aguas residuales generando un impacto directo en la calidad de vida de los pobladores ya que sus efluentes se descargan directamente hacia el río Huitzize poniendo en riesgo la salud de los mismos y del medio Ambiente

El presente proyecto consiste en estudiar, analizar, proponer y plantear las mejores alternativas para evitar la contaminación del agua, reduciendo la población de microorganismos así como materia orgánica e inorgánica presentes en el mismo, por lo que requieren un previo tratamiento físico químico y microbiológico según su tratabilidad para precautelar la salud social así como el medio Ambiente y dar soluciones socio económico viable para el cantón, comunidades aledañas y directamente el barrio el Progreso ya que se ubican de manera directa con el río Huitzize

Por los motivos mostrados anteriormente se Justifica proponer el “ DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMEINTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL PALLATANGA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, para cumplir con las expectativas y exigencias que requiere el camal, así como los organismos de Regulación Ambiental , ajustando los parámetros exigidos por la norma para límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el ACUERDO MINISTERIAL N° 097- A Tabla 9, del 30 de Julio del 2015 publicado en el registro oficial 387 del 4 de noviembre del 2015.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Antecedentes del Centro de faenamiento Municipal del Cantón Pallatanga

El centro de faenamiento es el inicio de la cadena productiva de ganado bovino y porcino comercializando al por mayor y menor directamente al cantón y sus alrededores, el manejo inadecuado de los elementos orgánicos e inorgánicos, generaría un problema en la salud y el medio Ambiente por lo que su funcionamiento garantiza la comercialización regional y el cuidado del entorno. Para la realización del presente proyecto técnico se realizó un previo recorrido por el cantón Pallatanga específicamente en el centro de faenamiento en donde se realizó una visita por las instalaciones y se identificó parámetros como: la cantidad de porcinos y ganados faenados diariamente, así como el lugar de punto de partida para la toma de muestras y a su vez se verificó la descarga de los efluentes hacia el río Huitzize, determinando un diagnóstico inicial para identificar las posibles deficiencias existentes alrededor del área y las afectaciones directas e indirectas. Posteriormente se realizó aforaciones con la finalidad de determinar el caudal que se genera así como la toma de muestra compuesta para trasladarlas hacia el laboratorio de análisis técnico de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.3.2 Marco teórico

1.3.2.1 Descripción del proceso de faenamiento de Porcino

Es el proceso de faenamiento ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal porcino, con la finalidad de obtener su carne en condiciones adecuadas y óptimas para el consumo humano, la etapa de faenamiento se debe llevar a cabo siguiendo las normas técnicas y sanitarias, que inicia con la recepción de las especies hasta el despacho de los canales.

a) Proceso de recepción del Porcino

Consiste en recibir a los animales según la documentación emitida por Agrocalidad, los animales son identificados, pesados y ubicados en los corrales, para cumplir con las medidas sanitarias de prevención

b) Proceso de corralaje y revisión sanitaria ante- mortem

Los animales cumplen con un tiempo de estancia entre 2 y 4 horas, el cual es hidratado y pasan por el proceso de descanso y relajación muscular, tiempo en que se les realiza control veterinario ante mortem.

b) Proceso de arreo

Los animales son trasladados hacia la manga del inicio de proceso de faenamiento.

c) Proceso de noqueo o insensibilización

El noqueo es de manera físico mediante el uso de una descarga de 1.3 a 3.5 seg. – 240 Voltios, se insensibiliza al animal a ser sacrificado, para evitar sufrimiento al momento del degüello.

d) Proceso de sangrado y degüello

El corte se da en las arterias del cuello del animal, y con el cuello boca abajo el animal se desangra se da en un periodo de 2 minutos, la sangre es lavado con agua fría, para disminuir los contaminantes como exceso de sangre y estiércol.

e) Proceso de duchado

El animal es sometido a un baño por aspersion con la finalidad de eliminar los desechos del exterior y la limpieza del animal.

f) Proceso de izado

Al animal se lo coloca un grillete alrededor de sus patas traseras y se eleva para facilitar su movilidad en el proceso de descanso para posteriormente el proceso de faenamiento.

g) Proceso de escaldado

Se procede a eliminar el pelaje del animal por medio de la utilización de un tanque de agua con una temperatura entre los 60-65° C con la finalidad de ablandar los folículos pilosos y facilitar su depilado.

h) Proceso de depilado mecánico

Se realiza mediante una maquina depiladora la cual debe estar en funcionamiento para recibir al animal (2-3 min) para su posterior proceso.

i) Proceso de flameado

Se precede a eliminar completamente las cerdas mediante el método de flameado utilizando un flash de gas se lo realiza de manera manual.

j) Proceso de limpieza

Utilizando chorros de agua fría el canal ya flameado se limpia, con la finalidad de eliminar el chamuscado del animal

k) Proceso de corte del esternón

El corte longitudinal del canal se lo realiza con una sierra manual, precautelando que los órganos no se rompa.

l) Proceso de eviscerado

El corte se lo realiza introduciendo un cuchillo desde la parte superior hasta la parte inferior mediante una incisión en toda la pared abdominal cortando el pene, escroto y testículos del animal y extrayendo las vísceras blancas y rojas para ser inspeccionadas y ser llevadas hacia sus respectivas áreas.

m) Proceso de higiene y desinfección

Con chorros de agua se aplica a presión sobre las superficies corporales del canal, para desinfectar el animal de posible contaminantes causado por el eviscerado y manipulación.

n) Proceso de inspección veterinaria post mortem

La carne de los animales faenados, son revisados por el veterinario para determinar su integridad orgánica y estado sanitario

o) Proceso de pesado y oreo

Se da la medición del peso del animal y así como el oreo a una temperatura de 10-12°C para generar su deshidratación, cumplimiento de tiempo pre-entrega a clientes del producto. (Alarcón, P. 2013)

1.3.2.2 Diagrama sinóptico de etapa de faenamiento del Porcino

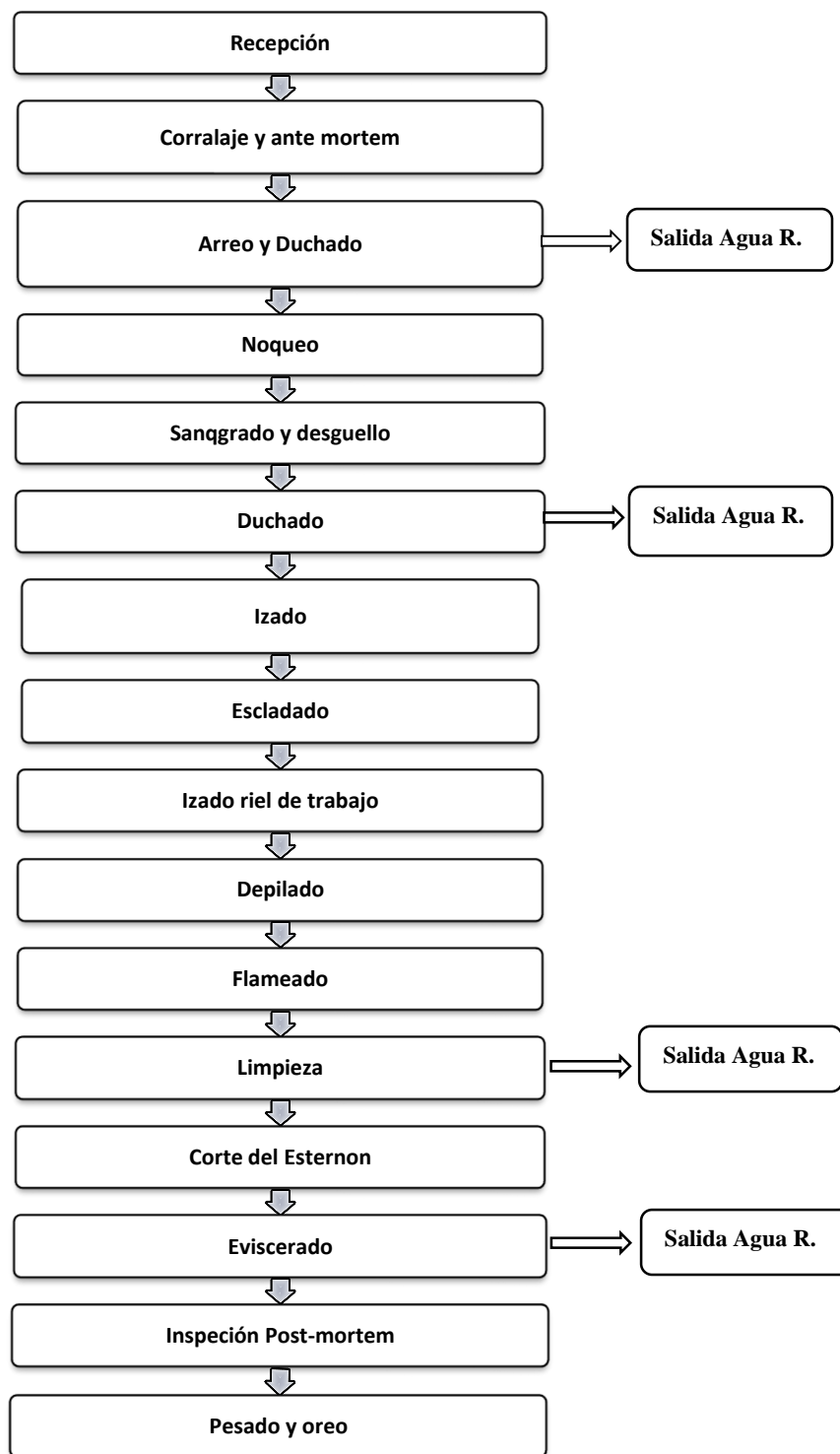


Gráfico 1-1 Diagrama de flujo del proceso de faenamiento del Porcino
Realizado por: Betty Allauca, 2018

1.3.2.3 Formulas empleadas para el cálculo de la productividad

$$Productivida = \frac{Unidades Producidas}{Recurso empleado}$$

Ecuación 1

$$Productividad = \frac{40 Porcinos Faenados}{8 Horas - Hombre}$$

$$Productivida = 5 porcinos faenados en una hora$$

Mediante el cálculo de la productividad se pudo determinar que 5 porcinos son faenados en una hora de producción.

1.3.2.4 Descripción del proceso de faenamiento del Bovino

Se determina como el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal bovino, con la finalidad de adquirir su carne en condiciones adecuadas para el consumo humano, el proceso de faenamiento se debe llevar a cabo siguiendo las diferentes normas técnicas y sanitarias.

a) **Proceso de recepción**

Se recibe a los animales según documentación de Guía de Movilización emitido por AGROCALIDAD, los animales son identificados, pesados y ubicados en los corrales, para cumplir con las medidas sanitarias de prevención, durante el tiempo que determine la ley.

b) **Proceso de corralaje**

Durante este proceso los animales cumplen un tiempo de estancia normado por la ley en el que son hidratados y pasan por un proceso de descanso y relajación muscular.

c) **Proceso de arreo y duchado**

Cumplido con los tiempos sanitarios acordados y habiéndose aceptado y cancelado las tasas correspondientes por el servicio de faenamiento de los animales que van al proceso de faenamiento, se trasladan a los mismos al duchado, para someterlos a una higienización inicial.

d) **Proceso de noqueo**

El noqueo del animal es físico mediante la aplicación ó uso de una pistola neumática, se insensibiliza al animal a ser sacrificado para evitarles sufrimiento a la hora del degüello.

e) **Proceso de izado**

El animal es colgado de los cuartos traseros, en un gancho adherido a un riel para facilitar su movilidad en el proceso de desangrado y posteriores pasos del proceso de faena.

f) **Proceso de sangrado y degüello**

Se aplica un corte en las arterias del cuello del animal (estando boca abajo) para que el animal se desangre, la sangre es recogida en una canaleta especial, para su posterior procesamiento convirtiéndola en harina de sangre.

g) **Descuerado**

La piel de el dorso del animal se separa del canal, y depende de él equipo con que se tenga para realizar este procedimiento podría requerir la ayuda de un operario para de tal manera evitar daños en el cuero, el cual es vendido a productores curtidores de cuero.

h) **Proceso de eviscerado**

Procedimiento en el que se extrae los órganos internos de cada animal, llamados víscera.

i) **Proceso de fisurado**

Incisión longitudinal del esternón y la columna vertebral, que se realiza sobre el animal faenado, mediante una sierra eléctrica.

j) **Proceso de inspección veterinaria post mortem**

La carne de los animales faenados, son revisados por el veterinario para determinar su integridad orgánica y estado sanitario.

k) **Proceso de higiene y desinfección**

Es la aplicación de agua a presión y/o ácido orgánico sobre las superficies corporales, para desinfectar al animal de posibles contaminaciones propias del manipuleo y el eviscerado.(Alarcón, P. 2013)

1.3.2.5 Diagrama sinóptico de etapa de faenamiento del Ganado Bovino

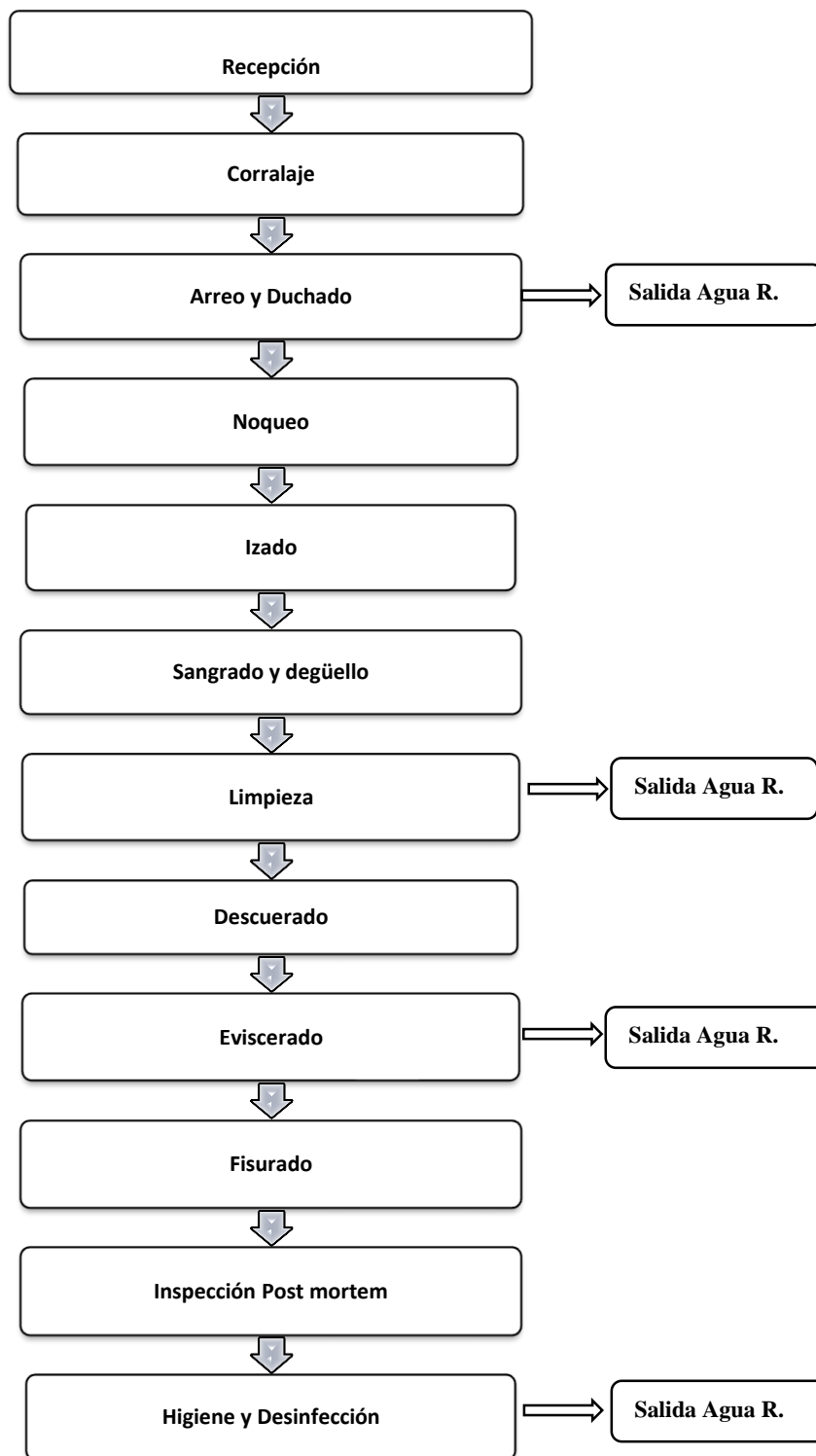


Gráfico 2-1 Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de Bovinos
Realizado por: Betty M. Allauca, 2018

1.3.3.6 Formulas empleadas para el cálculo de la productividad

$$\text{Productivida} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Recurso empleado}}$$

Ecuación 2

$$\text{Productividad} = \frac{8 \text{ Bovinos Faenados}}{8 \text{ Horas} - \text{ Hombre}}$$

$$\text{Productivida} = 1 \text{ Bobinos faenados en una hora}$$

Mediante el cálculo de la productividad se pudo determinar que 1 Ganado Bobino es faenado en una hora de producción.

1.3.3 Tipo de estudio

El presente proyecto de estudio técnico abarca un estudio cualitativo y cuantitativo ya que consiste en analizar e interpretar el objeto del estudio, así como la validación de datos y resultados antes y después del tratamiento para determinar los parámetros que no cumpla la norma para dar solución a la problemática.

1.3.4 Metodología

1.3.5.1 Métodos y Técnicas

Para este proyecto de investigación se tomará como referencia tres métodos: Inductivo, deductivo y experimental, estos tres métodos nos facilitará el estudio, identificación y desarrollo del sistema de tratamiento que se requiere aplicar en el centro de faenamamiento del cantón previo a desembocar sus aguas residuales hacia el río Huitzize.

- **Métodos**
- Método Inductivo

Se tomó el caudal en el desfogue principal donde se genera la descarga del agua del camal durante cinco días de mayor cantidad de animales faenados, posteriormente la muestra compuesta representativas del agua residual fueron llevadas hacia el Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias con la finalidad de realizar los análisis respectivos y determinar la caracterización (físico, químico, y microbiológico), y conocer el porcentaje de contaminantes presentes en las aguas residuales el cual nos va a permitir dar conclusiones claras y concisas para el desarrollo del diseño del sistema.

- Método Deductivo

Este método parte de datos aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular, lo que conlleva a decir que la zona de descarga del agua del centro de faenamiento Municipal, produce una contaminación Ambiental y como posible solución es una planta de tratamiento de aguas residuales que reduzcan el nivel de contaminación y se cumpla los parámetros establecidos según la norma para límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el ACUERDO MINISTERIAL N° 097- A Tabla 9.

- Método Experimental

El presente proyecto es experimental ya que se basa en la utilización de equipos, reactivos e instrumentos adecuados para demostrar la veracidad de los datos obtenidos de las muestras, así como el análisis físico-químico y microbiológica, demostrando mediante una simulación a nivel de laboratorio y poder diseñar el tratamiento óptimo para la depuración del agua residual para que las descargas de los efluentes cumplan con los parámetros establecidos en base a la norma Ambiental.

- Técnicas

En relación a las normas y técnicas para la respectiva caracterización físico-químico y microbiológica que se encuentra establecidas en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de Servicios Ambientales perteneciente a la Universidad Nacional de Chimborazo, fundamentados en el Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater del año 2017, y que se encuentran especificados en la última edición y el manual de Análisis del Agua, Métodos HACH.

Tabla 1-1 Métodos utilizados en la determinación de parámetros

Parámetros	Métodos	Procedimiento	Equipo
pH	STANDARD METHODS 4500 - H - B	Este método permite la determinación del pH del agua el principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste de un electrodo de platino a través del cual se burbujea gas de hidrógeno en una presión de 101 kPa.	pH metro
Aceites y Grasas	STANDARD METHODS 5520-B	Este método es para la medición de petróleo extraíble de fluorocarbono-113 hidrocarburos de aguas superficiales y salinas, desechos industriales y domésticos. La muestra se acidifica a un pH bajo (<2) y se extrae en serie con fluorocarbono-113 en un embudo de separación. Las interferencias se eliminan con sílice gel adsorbente. El análisis infrarrojo del extracto se realiza por directa comparación con los estándares.	Embudos de Separación/Extracción con hexano
Color Real	STANDARD METHODS 2120 - C	En esta sección, una introducción proporciona definiciones, pretratamiento para la eliminación de turbidez y orientación en la selección de métodos. Los nuevos métodos son la espectrofotometría de longitud de onda única (2120C).	Espectrofotómetro
Sólidos Totales	STANDARD METHODS 2540 - B	Una muestra bien mezclada se evapora en un plato pesado y se seca a peso constante en un horno a 103 a 105 ° C. El aumento de peso sobre el del plato vacío representa los sólidos totales.	Método Gravimétrico

Sólidos Suspendidos	STANDARD METHODS 2540 – D	Una muestra bien mezclada se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio estándar pesado y el residuo retenido en el filtro se seca a un peso constante de 103 a 105 ° C. El aumento en peso del filtro representa el total de sólidos en suspensión. Si el material suspendido obstruye el filtro y prolonga la filtración, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de muestra. Para obtener una estimación del total de sólidos suspendidos, calcule la diferencia entre el total de sólidos disueltos y el total de sólidos	Método Gravimétrico
DBO ₅	STANDARD METHODS 5210 – B	El método consiste en llenar con muestra, a rebosar, una botella hermética del tamaño especificado e incubarla a la temperatura específica durante 5 d. El oxígeno disuelto se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre DO inicial y final.	Digestor de DBO ₅
DQO	STANDARD METHODS 5220 - D	Cuando se digiere una muestra, el ion dicromato oxida el material COD en la muestra. Esto da como resultado el cambio de cromo del estado hexavalente (VI) al estado trivalente (III). Ambas especies de cromo están coloreadas y absorben en la región visible del espectro.	Digestor de DQO
Detergentes	STANDARD METHODS 5540 - C	Los tensoactivos entran a las aguas y aguas residuales principalmente mediante la descarga de desechos acuosos del lavado doméstico e industrial y otras operaciones de limpieza. El método comprende tres extracciones sucesivas de medio acuoso	Espectrofotómetro

		ácido que contiene exceso de azul de metileno en cloroformo (CHCl ₃), seguido de un retrolavado acuoso y medición del color azul en el CHCl ₃ por espectrofotometría a 652 nm.	
Nitrógeno Amoniacal	STANDARD METHODS 4500 - N - B	En presencia de H ₂ SO ₄ , sulfato de potasio (K ₂ SO ₄) y catalizador sulfato cúprico (CuSO ₄), el nitrógeno amino de muchos materiales orgánicos se convierte en amonio. El amoníaco libre se convierte en amonio. Después de la adición de la base, el amoníaco se destila de un medio alcalino y absorbido en ácido bórico o ácido sulfúrico. El amoníaco puede ser determinado colorimétricamente, mediante un electrodo selectivo de amoníaco, o mediante titulación con un ácido mineral estándar.	Equipo KJELDAHL
Fósforo	STANDARD METHODS 4500 - P - E	El molibdato de amonio y el tartrato de potasio y antimonio reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un heteropoliácido-ácido fosfomolibdico, que se reduce a azul de molibdeno intenso con ácido ascórbico. Este método permite la determinación del pH del agua. El principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste de un electrodo de platino a través del cual se burbujea gas de hidrógeno en una presión de 101 kPa	Espectrofotómetro

Cloro Residual	STANDARD METHODS 4500 - Cl - B	El cloro liberará yodo libre de las soluciones de yoduro de potasio (KI) a pH 8 o menos. El yodo liberado se titula con una solución estándar de tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃) con almidón como indicador. Valorar a pH 3 a 4 porque la reacción no es estequiométrica a pH neutro debido a la oxidación parcial de tiosulfato a sulfato	Titulación con indicador de color
Coliformes Fecales	STANDARD METHODS 9222 - D	Filtrar la muestra a través de un filtro de membrana. Coloque la membrana en agar mFC que contenga anilina azul como indicador. Incubar a 44.5C por 22-24 h. Las colonias que tienen varios tonos de azul son positivas para Coliformes fecales. El color azul indica la capacidad de fermentar la lactosa en ácido. Requisitos: ingredientes para agar mFC; tampón para enjuague y diluciones; platos de cultivo (50x10 mm); la membrana de 0.65 micras filtra los filtros de membrana micrométrica, certificados para retener completamente los Coliformes fecales. Refrigeración; autoclave; colector de filtro múltiple y estéril; pipetas estériles; fórceps, alcohol. Incubadora a 44.5 + -0.2C. Un microscopio de disección binocular de campo amplio de baja potencia (10-15 aumentos) o equivalente	Equipo de filtración de membrana

Fuente: (Wastewater, 2017)

Realizado por: Betty Allauca, 2018

1.3.6 Medición del caudal volumétrico

Para la medición del caudal se realizó aforaciones del agua residual utilizando directamente un balde graduado de 10 litros y con la ayuda de un cronómetro se determina el tiempo de llenado, posteriormente se repite dicho procedimiento tres veces con la finalidad de obtener un promedio diario del caudal.

Para el cálculo del caudal se utilizó la siguiente fórmula:

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

Ecuación 3

Dónde:

Q= caudal, L/s

V= volumen de llenado, L

t= tiempo de llenado, s

1.3.7 Toma de muestras del agua residual centro de faenamiento

Las aforaciones se realizaron de manera sistemática por cinco días durante cuatro semanas en el mes de febrero ya que el camal trabajo a su máxima capacidad de producción, los días martes, miércoles, jueves, viernes y sábados en horarios de descarga que son de 05:00a 06:00 de la mañana y de 7:00a 08:00 de la mañana.

Dichas muestras fueron trasladadas hacia el laboratorio de análisis técnicos de la facultad de ciencias, en donde se procedió a realizar las primeras caracterizaciones necesarias, así como la prueba de jarras para su posterior dosificación de químicos que mejor actúe en la remoción de contaminantes y cumplan en la totalidad de los parámetros requeridos.

A continuación, se muestra los datos obtenidos durante el mes que se realizó el muestreo:

Tabla 2-1: Aforó de caudal de agua residual

Hora	Día					Caudal (L/s)
	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
05:00 a 06:00	3,92	3,45	3,30	2,83	3,25	3,35
7:00 a 8:00	4,15	3,38	3,63	2,71	3,67	3,52
05:00 a 06:00	3,87	3,38	2,77	1,81	2,93	2,95
7:00 a 8:00	2,64	2,82	3,44	3,12	3,31	3,07
CAUDAL PROMEDIO						3,22

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Mediante las aforaciones realizadas durante el mes de febrero, se obtuvo un caudal máximo de 4,15 L/s y un caudal mínimo de 1,81 L/s, generando un caudal promedio de 3,22 L/s; con el cual se trabajará para realizar los cálculos respectivos de ingeniería.

Tabla 3-1: Caracterización primaria del agua residual

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO	LÍMITE PERMISIBLES	RESULTADOS
			TULSMA	
pH	Und.	4500-H-B	6-9	7.08
Aceites y grasas	mg/l	5520-B	30,0	178
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,62
Color real	Unidades de color	2120-C	Inapreciable en dilución:1/20	730
Nitrógeno amoniacal	mg/l	4500-N _{org} -B	30,00	22
DQO	mg/l	5220-D	200	800
DBO ₅	mg/l	5210-B	100	472
Turbiedad	NTU	2130-B	-	152
Sólidos Totales	mg/l	2540-B	1600	84.53
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	2540-C	-	425
Fosfatos	mg/l	4500-P-E	10,0	1,66
Cloro residual	Unidades Pt/Co	4500-Cl-B	-	Ausente
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Microfiltración	2000	2.2X10⁶
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	20,6

Fuente: Dirección técnica – Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Durante las cuatro semanas que se realizó el seguimiento para el muestreo y la determinación del caudal se tomó una muestra compuesta para determinar la caracterización del agua residual, lo cual indica que los parámetros iniciales analizados se encuentran fuera de la norma como: Aceites y Grasas (178 mg/l); Color real (730 Upt-co); Cloro residual (Ausencia); Coliformes fecales (2.2×10^6 UFC/100ml); Demanda Química de oxígeno (8000 mg/l); Demanda Bioquímica de Oxígeno (472 mgO₂/l); Se encuentra fuera de los límites permisibles.

Considerando estos parámetros que se encuentran fuera de la norma se determina el índice de Biodegradabilidad, que representa la naturaleza del efluente y que determine el tratamiento más adecuado.

1.3.8 Índice de Biodegradabilidad

El índice de Biodegradabilidad representa la relación entre la DBO₅ /DQO y es indispensable para la determinación de la tratabilidad de diferentes efluentes, los mismos que puede ser sometidos a proceso físico-Químico o Biológicos, de acuerdo al valor que se obtiene de tal relación, como se indica a continuación:

Tabla 4-1 Parámetros para determinar el índice de Biodegradabilidad

MUESTRA COMPUESTA				
Semana	Parámetro	Unidad	Resultado	Límites
Primera	DBO ₅	mg/l	471	100,0
	DQO	mg/ l	796	200,0
Segunda	DBO ₅	mg/l	482	100,0
	DQO	mg/ l	826	200,0
Tercera	DBO ₅	mg/l	472	100,0
	DQO	mg/ l	800	200,0
Cuarta	DBO ₅	mg/l	495	100,0
	DQO	mg/ l	810	200,0

Realizado por: Betty M. Allauca, 2018

Tabla 5-1 Índice de Biodegradabilidad

Semana	$\frac{DBO_5}{DQO}$
Primera	0.59
Segunda	0.58
Tercera	0,59
Cuarta	0.61
Promedio	0.59

Tabla 6-1: Relación entre parámetros DBO₅ y DQO

	POCO BIODEGRADABLE	MEDINAMENTE BIODEGRADABLE	MUY BIODEGRADABLE
	<0,2	0,2 – 0,6	>0,6
Tipo de tratamiento recomendado	Físico-Químico	Físico-Químico-Biológico	Biológico

Fuente: (RIGOLA L., 1990)

Realizado por: Betty Allauca, 2018

De acuerdo con el resultado del índice de Biodegradabilidad el promedio de la muestra compuesta presenta un valor de 0,59 a 20°C de temperatura aproximadamente, resultado de la relación de DBO₅/DQO, el cual indica que el efluente es de naturaleza poco biodegradable por tanto este valor determina un tratamiento Físico-Químico.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{\text{mg/l}}{\text{mg/l}}$$

Ecuación 4

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,59$$

1.3.9 Tratabilidad de las Aguas Residuales

Para la tratabilidad de las aguas residuales emitidas por el centro de faenamiento Municipal Pallatanga, se optó por diseñar una planta de tratamiento diseñada para remover los niveles que provocan contaminación como: Aceites y grasas; DBO₅; DQO; cloro residual; Coliformes fecales y Color real, y según el índice de Biodegradabilidad se consideró el tratamiento Físico-Químico, que se detalla a continuación.

1.3.9.1 Tratamiento físico

- Rejillas

Tiene como finalidad retener los residuos sólidos que tiende a ser arrastrados por el agua haciendo pasar a través de las barras ligeramente inclinadas la rejilla más adecuada debe ser con una inclinación de (60-80 respecto a la horizontal), según su característica y tamaño del material a retener.

El paso entre las barras será entre 20 a 50 mm, para sólidos de diámetros finos, los parámetros de diseño son de tipo de residuo a tratar.

- **Tipos de Sistemas de Rejas**

- ✓ Circulares
- ✓ Inclinadas
- ✓ Verticales

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos:

- ✓ Rejilla de limpieza manual
- ✓ Rejilla de limpieza mecánica

La limpieza del sistema de rejillas se puede hacer de manera manual y de forma semanal, para evitar posibles atascos utilizando un rastrillo para proteger el sistema de tuberías.

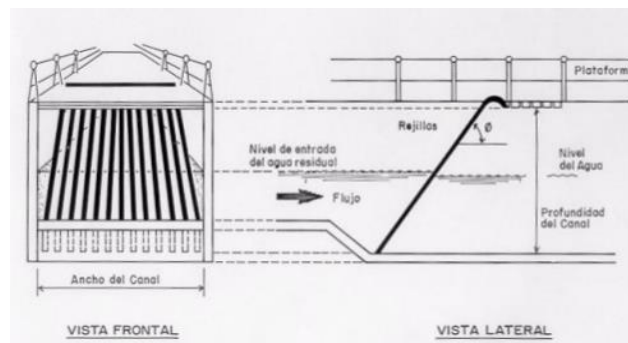


Figura 1-1 Rejillas de limpieza manual

Fuente: (Gabriel Alanoca Rojas, 2016)

Diseño de Rejillas de limpieza manual

Para el diseño de las rejillas se toma en cuenta los siguientes aspectos: dimensiones del canal, tipo de limpieza, separación entre barras, equipo a utilizar, variación del caudal.

Tabla 7-1: Rejilla para limpieza manual

Características	Unidad	Dimensiones
Material	-	Acero inoxidable
Separación entre barras	mm	20 - 50
Tamaño de barra	mm	5 -20
Perdida de carga admisible	mm	40
Pendiente en relación a la vertical	°	30 – 40

Fuente: (CRITES, 2000)

1.3.9.2 Tratamiento Químico

- **Test de Jarras**

En el proceso de test de Jarras se da un tratamiento químico ya que a través del método se genera una de las dosificaciones más adecuadas tanto del coagulante como del floculante hacia el agua residual para obtener una precipitación química y óptimos resultados.

Tabla 8-1: Equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el Test de Jarras

EQUIPOS Y MATERIALES	SUSTANCIAS Y REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Balón aforado (500 ml)• Pipetas graduadas (5 ml)• Balanza analítica• Turbidímetro• Jarras• Vasos de precipitación (1000ml)• pH-metro	<ul style="list-style-type: none">• Agua residual• Coagulantes:<ul style="list-style-type: none">- Policloruro de Aluminio al 10 %- Sulfato de Aluminio al 10%- Cloruro Férrico al 10 %• Floculantes:<ul style="list-style-type: none">- Polielectrolito al 10,0 %• Cloro<ul style="list-style-type: none">- Cloro al 10 %

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

En un vaso de precipitación con 1000 ml de muestra compuesta, se mide la turbiedad, pH para tener un indicio del tipo de componentes a utilizar, se dosifica con coagulantes y floculantes adecuados, y agitarlo por un determinado tiempo y reposo, se mide la Turbiedad y el pH para después filtrar la muestra y clorar para eliminar el color, olor e impurezas aún existentes.

Como resultados de la etapa experimental se obtuvo los siguientes datos:

- **Tratamiento con Sulfato de Aluminio**

Se realizó cuatro muestras a distintas dosificaciones, aplicando una agitación de 200 rpm durante 5 minutos, con un pH de 6,9 y una turbiedad de 207 NTU.

Tabla 9-1: Tratamiento con Sulfato de Aluminio

N° Jarras	Coagulante (ml) Sulfato de Aluminio	PPM	RPM	Turbidez (30 min)
1	4	400	200	52
2	6	600	200	48
3	8	800	200	45
4	10	1000	200	44

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

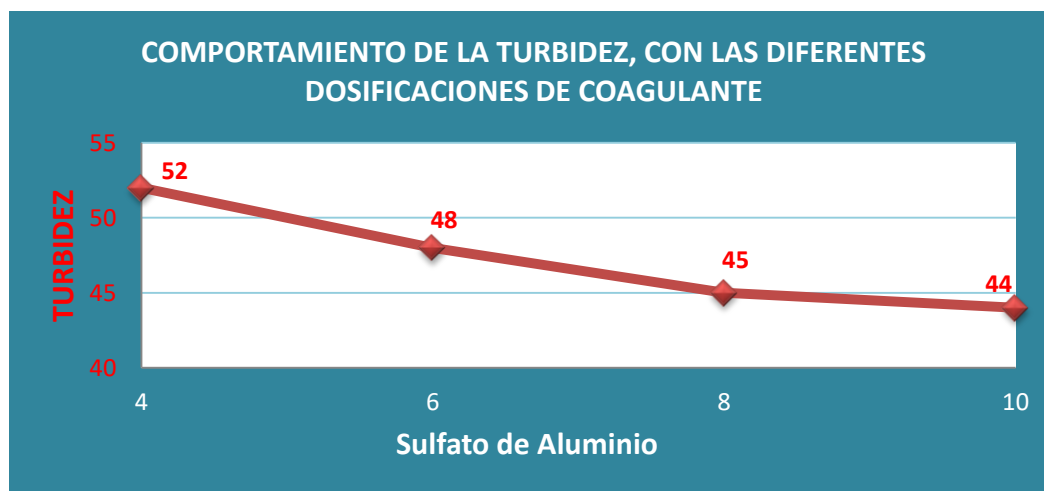


Gráfico 1-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Con los resultados obtenidos la dosificación más adecuada es de 10 ml y 8 ml de sulfato de aluminio como se puede observar en la tabla 9-1; presento el mejor resultado con valores de turbiedad de 44 y 45 NTU, pero se puede apreciar que los resultados son altos por lo tanto el sulfato de aluminio no es adecuado ya que no presento efectos positivos en el tratamiento.

- **Tratamiento con Cloruro Férrico**

Se llevó a cabo 4 muestras cada uno de ellas se aplicó dosificaciones distintas, con una agitación constante a 200 rpm durante 5 minutos, se trabajó con un pH de 7.8 y una turbidez de 240 NTU.

Tabla 10-1: Tratamiento con Cloruro Férrico

N° Jarras	Coagulante (ml) Cloruro Férrico	PPM	RPM	Turbidez (30 min)
1	1	200	200	26
2	2	300	200	10
3	3	350	200	28
4	4	400	200	22

Realizado por: Betty Allauca, 2018

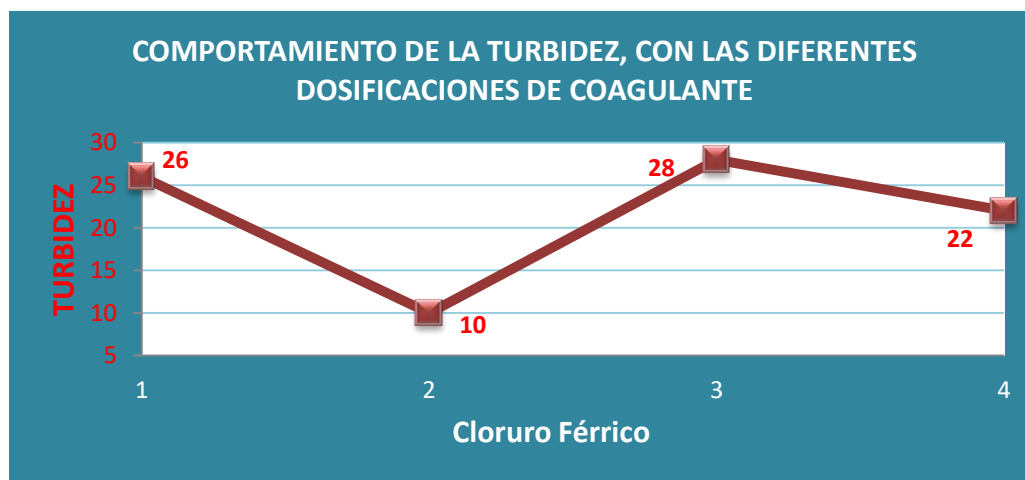


Gráfico 2-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante
Realizado por: Betty Allauca, 2018

Con los resultados obtenidos se puede apreciar en la tabla 10-1, la dosificación óptima de coagulante para el proceso de clarificación del agua residual es de 2ml a 300 ppm y con una turbiedad de 10 NTU, el cual es óptimo para el tratamiento.

- **Tratamiento con Polielectrolito**

Se procedió a tomar la muestra de mejores resultados, la muestra con 2 ml de cloruro férrico, los cuales se añadió distintos volúmenes de Polielectrolito a una concentración de 0,05 % obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 11-1: Tratamiento con Polielectrolito

N° Jarra	Polielectrolito (ml)	RPM	pH	Turbidez (30 min)
1	0,25	200	7,5	52
2	0,5	200	6,5	16
3	0,75	200	7,3	57
4	1	200	7,5	53

Realizado por: Betty Allauca, 2018

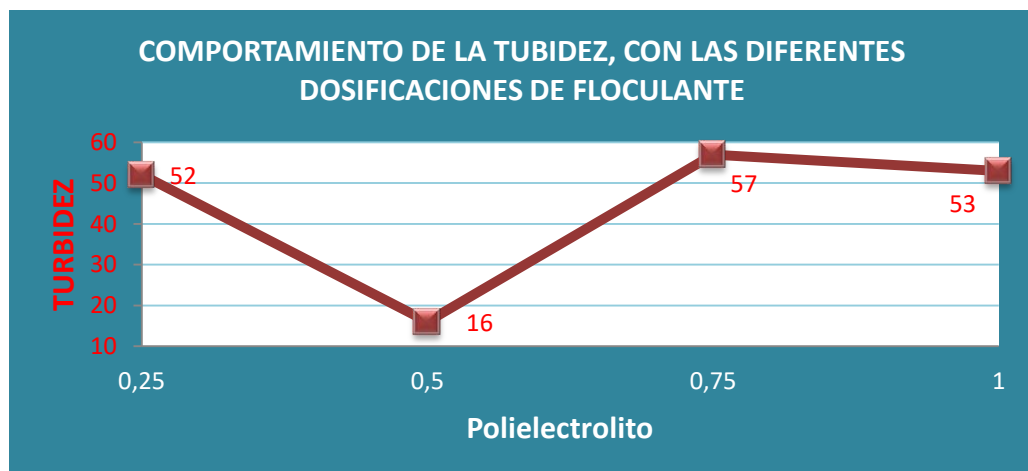


Gráfico 3-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de floculante

Realizado por: Betty Allauca, 2018

El resultado obtenido se puede apreciar en la tabla 11-1, la dosificación óptima del floculante para el proceso de floculación del agua residual es de 0,5ml a 200 ppm y con una turbiedad de 16 ml, el cual es óptimo para el tratamiento.

- **Tratamiento de Cloración**

Se procedió a tomar la muestra de mejores resultados, se dosifico con 2 ml de cloruro férrico, y 0,5ml de Polielectrolito a una concentración de 0,05 % obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 12-1: Tratamiento de cloración

N° Jarra	Cloro (ml)	RPM	pH	Turbidez (30 min)	Coliformes fecales
1	0,3	200	7,7	3,5	Ausente

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Con el resultado obtenido se puede apreciar en la tabla 12-1, la dosificación óptima para la cloración del agua residual es de 0,3 ml a 200 rpm y con una turbiedad de 3,5 ml, el cual es óptimo para el tratamiento de cloración ya que se eliminó en su totalidad los Coliformes Fecales

- **Tratamiento de Sulfato de Aluminio con Polielectrolito**

Tabla 13-1: Sulfato de Aluminio con Polielectrolito

N° Jarra	Sulfato de Aluminio con Polielectrolito	RPM	pH	Turbidez (30 min)
1	0,25	200	7,2	82
2	0,5	200	6,5	36
3	0,75	200	7,3	76
4	1	200	7,5	53

Realizado por: Betty Allauca, 2018

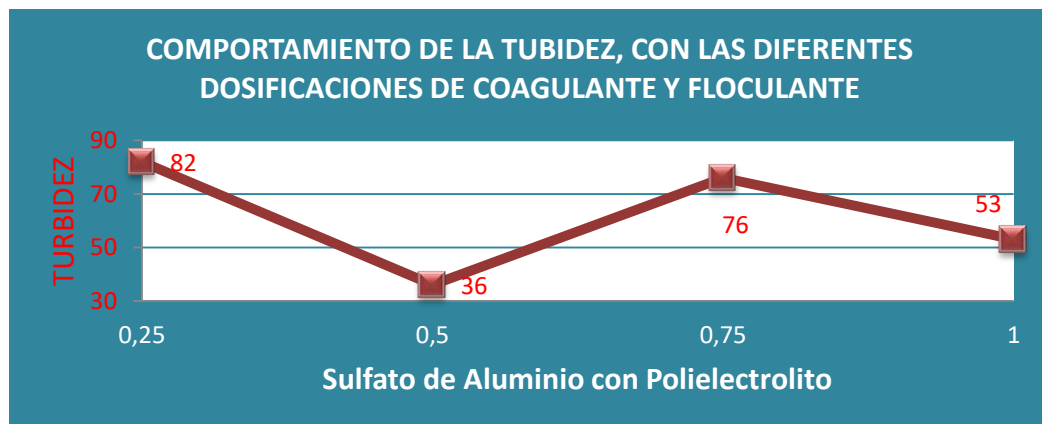


Gráfico 4-1 Comportamiento de la turbidez, con los diferentes coagulante y floculante

Realizado por: Betty Allauca, 2018

- **Tratamiento de Cloruro Férrico y Polielectrolito**

Tabla 14-1: Cloruro Férrico con Polielectrolito

Nº Jarra	Cloruro Férrico con Polielectrolito	RPM	pH	Turbidez (30 min)
1	0,25	200	7,5	5,85
2	0,5	200	6,5	1,5
3	0,75	200	6,3	5,7
4	1	200	7,7	6,33

Realizado por: Betty Allauca, 2018

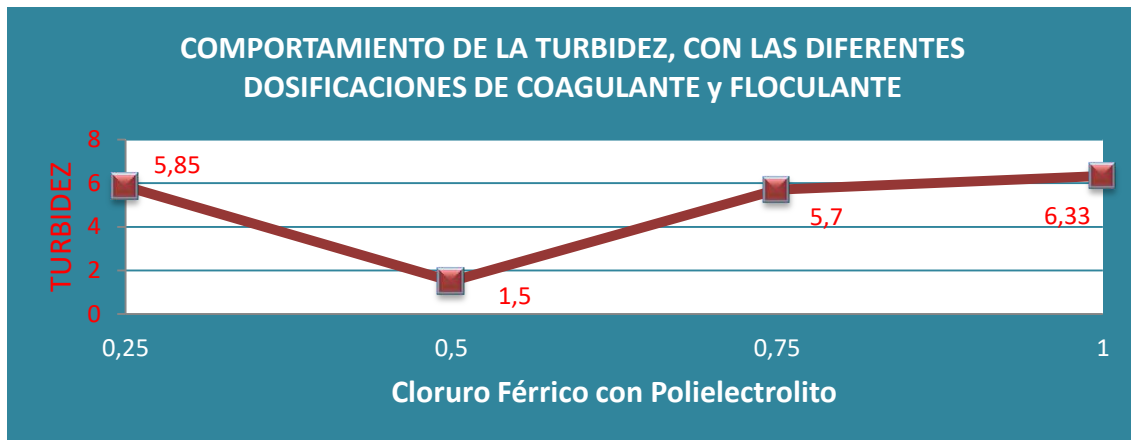


Gráfico 5-1 Comportamiento de la turbidez, con las diferentes dosificaciones de coagulante y floculante

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Con las dosificaciones adecuadas se obtuvo como resultado final que: al dosificar con 2 ml de cloruro férrico (FeCl_3) al 10%: 0,5 ml de polielectrolito al 10%: 0,5 ml de cloro al 0,05%, y con la filtración adecuada, se procedió a tomar la Turbiedad que dio un valor de 3,27 NTU con un pH de 7.69 obteniendo los siguientes resultados: Aceites y Grasas (12,30 mg/l); Color (82 Upt-co); Cloro Residual (0,41 mg Cl_2 /l); Coliformes fecales (Ausente UFC/100ml); Demanda Química de oxígeno (15 mg/l); Demanda Bioquímica de Oxígeno (6,80 mgO_2 /l); el cual se encuentra dentro de los límites permisibles.

- **Prueba de Sedimentación**

-Procedimiento:

Colocar el agua tratada en la probeta de 1000 ml y dejar reposar en un tiempo determinado; hasta que el volumen de los lodos sedimente y sea constante, se especificará en la gráfica los valores obtenidos

Tabla 15-1: Prueba de Sedimentación

Tiempo (min)	0	5	10	15	20	25	30
Volumen (ml)	1000	750	600	450	300	200	150

Realizado por: Betty Allauca, 2018

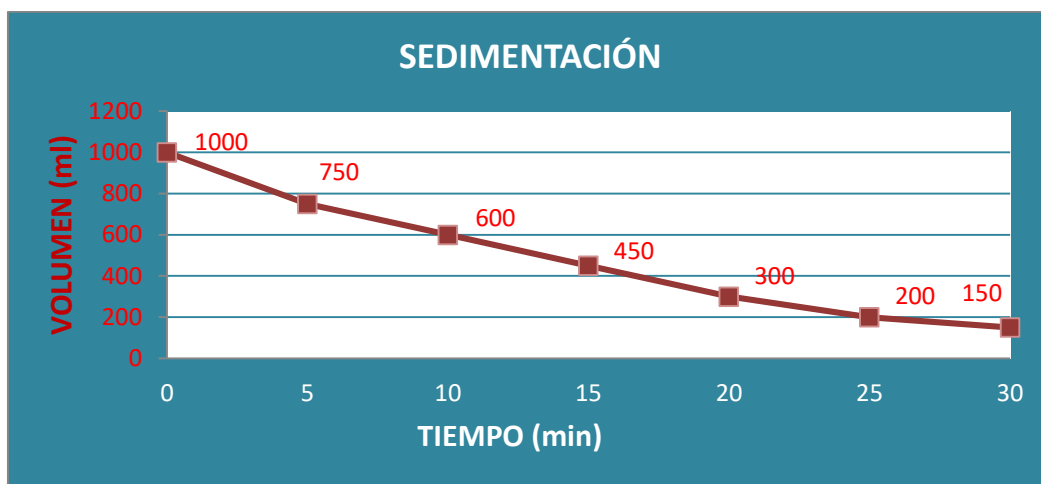


Gráfico 6-1 Sedimentación

Realizado por: Betty Allauca, 2018

La de floculación consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos llamados coagulante, para poder pueden unirse o agregarse viéndose este proceso favorecido por los compuestos denominados floculantes, que dan lugar a la formación de mayor tamaño y densidad que precipitan con rapidez.

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión y la DBO5, sobre todo las partículas coloidales, además permite acondicionar el agua y mejorar la eficiencia de los sedimentadores.

➤ **Filtro lento de grava y arena**

Como etapa final se procedió a realizar una filtración de grava y arena, ya que mediante este proceso se remueve gran parte de la materia sólida con presencia de residuos suspendidos así como toxinas residuales, y olores que es propio del agua residual, una de las ventajas es la eficiencia con la que clarifica el agua, así como su bajo costo y la facilidad con la que se construye.

Las ventajas del filtro lento, está la eficiencia que tiene el carbón activado para la clarificación del agua y la eliminación de olores que son propios del agua residual y la facilidad para su construcción así como sus bajos costos y su fácil construcción.



Figura 2-1 filtro

Fuente: (Iagua, 2000)

1.3.10 Caracterización del Agua Residual Tratada

Tabla 6-1: Resultado de análisis físico-químico y microbiológico del agua residual

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/ PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	-	PE-LSA-01	7,69	+/-0,08	6-9
*Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	12,30	N/A	30,0
Conductividad	μS/cm	PE-LSA-02	612	+/-8%	-
*Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 – C	82	N/A	2000 Inapreciable en dilución:1/20
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 – NH3-B&C– mod	1,61	N/A	50,0
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,63	N/A	0,7
*DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	15	+/-10%	200
*DBO₅	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 – B	6,80	N/A	100
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130 – B	3,27	N/A	-
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	442	+/-6%	1600
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METH 2540 – C	326	N/A	-
Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P – E	0,63	N/A	10,0
*Cloro residual	Cl ₂ /l	STANDARD METHODS 4500 - Cl – G	0,41	N/A	1000
*Coliformes Fecales	UFC/100ml	STANDARD METHODS 9221 – C	Ausente	N/A	2000
*Coliformes Totales	UFC/100ml	STANDARD METHODS 9221 – C	Ausente	N/A	2000
Temperatura	°C	STANDARD METHODS 2550 – B	20,6	N/A	Condición natural ± 3

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales S.A.

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación en el centro de faenamiento Municipal Pallatanga, por ser la institución a la cual va dirigido la investigación técnica del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

1.4.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos del presente proyecto de titulación son los habitantes del cantón Pallatanga ya que, según la información del último censo, tiene una población de 11.544 habitantes en más de 64 comunidades, así como el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pallatanga.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 General

- Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento Municipal Pallatanga, provincia de Chimborazo

2.2 Especifico

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales, provenientes del área de faenamiento y lavado de vísceras del centro de faenamiento Municipal Pallatanga, ubicada en la provincia de Chimborazo.
- Proponer el tratamiento más adecuado para este tipo de aguas residuales.
- Dimensionar el sistema de tratamiento de aguas residuales, con las variables de proceso y cálculos de ingeniería para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón.
- Validar el diseño mediante el análisis físico-químico y microbiológica del agua tratada, en base a la norma para límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el ACUERDO MINISTERIAL N° 097- A Tabla 9, del 30 de Julio del 2015 publicado en el registro oficial 387 del 4 de noviembre del 2015
- Estimar los costos que demanda el estudio técnico del diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del Proyecto

El presente proyecto técnico se efectuó en el cantón Pallatanga perteneciente a la provincia de Chimborazo ubicado al Sur- Oeste de la misma, a 84 Km (2 horas aproximadas) de la ciudad de Riobamba capital de la provincia, y a 118 Km (3 horas aproximadas) de la ciudad de Guayaquil.

El cantón no cuenta con parroquias rurales ya que ésta conformado únicamente por la matriz, 64 comunidades, 10 cooperativas propietarias de páramo y 24 barrios urbanos con una población total al 2014 de 11544 habitantes. Representando el 2.51% del total provincial 3.813 habitantes se sientan en el área urbana equivalente al 33.03% y 7.731 habitantes se sientan en el área rural que representa el 66.97% por lo que lo caracteriza como un cantón eminentemente rural.

El crecimiento desorganizado de estas comunidades generó inconvenientes en la dotación de servicios básicos e infraestructura, pues aquello implica una ampliación de la cobertura causando problemas en la distribución del presupuesto, otro problema identificado fue una densidad poblacional de ciertas comunidades en mínima, ya que no supera las 100 personas, por lo que estas zonas no terminan de consolidarse.

La mayor concentración de la población en el área urbana se encuentra en el barrio La Merced con 644 habitantes que constituyen el centro de la ciudad de Pallatanga y la mayor concentración poblacional en el área rural está ubicada en la comunidad de Las Rosas con 682 habitantes, que constituye el centro de la ciudad de Pallatanga. El cantón es agropecuario en un 62,02% de la población dependen básicamente de la agricultura y ganadería y un 7,41% se dedica al comercio del por mayor y menor.

Tabla 1-3: Características Geográficas del Cantón Pallatanga

Ubicación	Norte: Limitada con la provincia de Colta Sur: Limitada con la provincia de Alausi Este: Limitada con la provincia de Guamote Oeste: Limitada con la provincia de Bolívar
Latitud	54325
Longitud	38.6 Km
Altitud	800 a 4200 m.s.n.m
Temperatura	21-22 °C

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

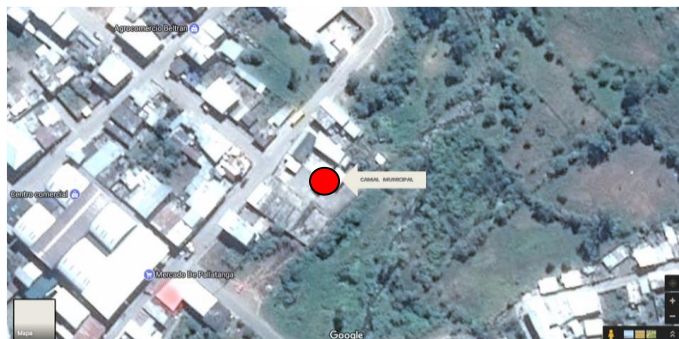


Figura 7-3 Ubicación satelital del Camal de Pallatanga

Fuente: Google Earth 2018(http://satellites.pro/mapa_de_Pallatanga#-2.000069,-78.964755,17)

3.1.1 Clima de la zona

Existen distintos rangos de temperatura del cantón el cual representa una gran potencialidad, ya que alberga vegetación de distintos pisos climáticos, que incrementa la producción agrícola del cantón su temperatura oscila en un promedio de 4 y 5 °C en las zonas altas hasta los 21-20°C en las zonas bajas. La temperatura promedio es de 13°C, con razón por lo cual Pallatanga se la denomina la Ciudad de la Eterna Primavera, ya que posee este clima primaveral permanente.

Tabla 2-3: Tipos de Clima del Cantón Pallatanga

Tipos de clima	Porcentaje	Kilómetros
Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo	44.861	169.124
Ecuatorial de la alta montaña	55.139	207.876

Fuente:(Alarcón, 2013)

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

3.1.2 Hidrografía

El cruce de numerosas y profundas quebradas por las que fluyen respetables corrientes de agua han dado origen al río Huitzize con una longitud aproximada de 3.5 Km, éste atraviesa el centro urbano hasta desembocar kilómetros más abajo en el río Coco que se forma hacia el lado oriente de la cordillera, atraviesa horizontalmente hasta Santa Ana Sur y sigue alimentándose en la quebrada Salsipuedes hasta desembocar en el río Chimbo con rumbo hacia el río Yaguachi, Babahoyo y finalmente río Guayas con una longitud aproximada de 15 Km.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Aguas Residuales

Las aguas residuales producidas por mataderos son altamente contaminadas, conformadas básicamente por compuestos orgánicos, sangre, vísceras blancas y rojas, estiércol, pelo, huesos etcétera, que en su mayoría están presentes en forma de materia orgánica sólida no disuelta.

3.2.2 Clasificación de las aguas residuales según su efluente de descarga

El agua residual se define como aquella que por uso del hombre, representan un peligro el cual deben ser desechada, ya que contienen una gran cantidad de sustancias y/o microorganismos que tiene diversos orígenes como:

- **Aguas blancas:** Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques o lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- **Aguas residuales industriales:** proceden de los procedimientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** Procedente de la orina y heces fecales humana, del aseo personal y de la cocina así como de la limpieza de la casa, suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- **Aguas residuales agrícolas:** Procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales, estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se lo utilizan en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin tratamiento previo.(Espigares G, M.; Pérez López, 1985)

3.2.3 Malos olores y sabores

Son consecuencias de la diversidad de sustancias que aportan, de los productos de descomposición de éstas especialmente en aquellos procesos, sobretodo anaerobio, se descompone materia orgánica, con desprendimiento de gases. A estos hay que añadir las naturales de olores y sabores, la proliferación de microorganismos, los procesos de descomposición, la presencia de vegetación acuática, mohos, hongos, etc.

3.2.4 Importancia ecológica y sanitaria

Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa de vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuados sin un tratamiento previo.

Se puede definir la polución del agua como una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia y peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.

La *polución* es una consecuencia en eludible del desarrollo y la civilización, estos es explicables, ya que conforme aumente el desarrollo de las poblaciones, se incrementa a su vez la diversidad de los agentes contaminantes procedentes de actividades agrícolas, industriales y urbanas, que el hombre no se preocupa de destruir o reciclar. De esta forma, se acaba saturando el poder auto depurador del medio natural. (Espigares G, M.; Pérez López, 1985)

3.2.5 Acción sobre el entorno

Los vertidos de aguas residuales en los ríos, lagos y mares producen otro tipo de contaminación llamada psicosocial, ya que afecta al entorno natural del hombre, modificando la estética de su paisaje y haciéndolo cada vez más inhóspito.

Aquellos lugares se convierten más en sustancias coloreadas al agua, procedentes de algunas industrias, se puede cambiar el color de ésta, y afectar a la penetración de la luz.

3.2.6 Características químicas

Existe una serie de parámetros que tienen una especial importancia para describir la composición de las aguas residuales.

3.2.6.1 Materia Orgánica

Constituye la tercera parte de los elementos de las aguas residuales, siendo los principales compuestos que se pueden hallar:

- Proteínas (40-60%)
- Carbohidratos (25-50%)
- Grasas y aceites (10%)

Recientemente se está prestando interés a la gran diversidad de moléculas orgánicas sistemáticas que están apareciendo en la composición de las aguas residuales como los agentes Tensoactivos, fenoles y pesticidas.(Espigares G, M.; Pérez López, 1985)

3.2.3 Análisis de indicadores para el control del agua residual.

Tabla 3-3: Características Físicas de las Aguas Residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
pH	El pH es un factor que determina el nivel de acidez o basicidad que poseen las sustancias. La escala del pH va desde 0 hasta 14. Los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro.
Conductividad	Es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación, por lo tanto cualquier cambio en la calidad de sustancia disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad por tanto es usado en análisis de sus aguas para obtener un estimativo del contenido de sólidos disueltos.
Temperatura	Es importante para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbono de calcio se relaciona con la temperatura para tener buenos resultados la temperatura se debe de tomar en el lugar de muestreo
Turbiedad	Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas entre otros, arcilla, lomo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, o microorganismos etcétera.
Aceites y Grasas	En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras con los principales lípidos de importancia el parámetro de grasas y aceites incluye los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuesta con cadenas largas de hidrocarburos. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes.
Color Real	El agua polucionada puede contener colorantes orgánicos, presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, madera, raíces, hojas en diferentes estados de descomposición y en presencia de ácido húmico y residuos industriales.
Sólidos Totales	Su valor incluye material disuelto y no disuelto, para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada de porcelana o platino sobre un baño maría a 103-105°C el incremento de peso, sobre el peso inicial representa el contenido de sólidos totales
Sólidos Disueltos	Se determina directamente o indirectamente sólidos totales y sólidos suspendidos, si la determinación es directa se filtra una muestra a través de un filtro de asbesto o fibra de vidrio en un crisol a Gooch. El filtro se evapora en una capsula de peso conocido sobre baño maría y el residuo de la evaporación a 102- 105°C, el incremento del peso sobre la capsula vacía representa los sólidos disueltos.

Fuente:(Muñoz, 2008)

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Tabla 4-3: Características Químicas de las Aguas Residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Cloro	El cloro logra acceso a las aguas naturales en muchas formas: el poder disolvente del agua introduce cloro lo cual es un factor importante para determinar el tipo de aparato de desalinización que debe usarse, el cloro interfiere en la determinación de nitratos y demanda química de oxígeno.
Nitrógeno Total	Los compuestos nitrógeno son de gran interés debido a su importancia en los procesos vitales de las plantas y animales. La química del nitrógeno es compleja debido a los varios estados de valencia que puede asumir este elemento así como los cambios de valencia que pueden ser efectuados por los organismos vivos, los cambios efectuados por las bacterias pueden ser positivos o negativos, según las condiciones son aeróbicas o anaeróbicas.
Detergentes	Reducen la tensión superficial del agua produciendo espuma asimismo interfieren en la absorción y disolución de oxígeno en el agua, lo que provoca que aumente la concentración de parámetros como DBO y DQO.
Fosfatos	Es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales se considera como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de las algas. Por lo que su exceso produce un desarrollo exorbitado de algas el cual causa condiciones inadecuadas de contaminación de ríos, lagos.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación es una medida orgánica presente en una muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	En las aguas residuales en el ensayo del DBO a cinco días, esencialmente la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de cinco días.

Fuente:(Muñoz, 2008)

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Tabla 5-3: Características Biológicas de las Aguas Residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Coliformes Fecales	Se aprecian bacterias gran negativas aeróbicas y anaeróbicas, facultativas, entre otras.
Coliformes Totales	Formadas en gran parte por Escherichia coli y otras especies de Klesbiella.

Fuente:(Muñoz, 2008)

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

3.3 Cálculos del diseño

3.3.1 Cálculo del canal

Para el dimensionamiento de la planta, se necesita determinar la cantidad de agua utilizada por animal faenado el cual se toma los respectivos caudales en los días de mayor producción, obteniendo los siguientes resultados: $0,0032\text{m}^3/\text{s}$

3.3.1.1 Área del canal

Se calcula mediante la tabla de las Normas para estudio y diseño de agua potable y disposición de aguas residuales.

Tabla 6-3: Normas para Estudio y diseño de agua potable y Disposición de aguas Residuales.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Caudal de diseño	Q diseño	m^3/s	0,0032
Base del canal(asumida)	B	m	0,50
Altura del canal (asumida)	H	m	0,60
Pendiente del canal (asumida)	S	%	0,50
Caudal medio diario	QMD	m^3/s	0,01417
Material del canal	–	–	Hormigón Simple

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2010)

$$A = b * h$$

Ecuación 5

$$A = 0,5\text{m} * 0,6\text{m}$$

$$A = 0,3\text{m}^2$$

3.3.1.2 Radio Hidráulico

Se calcula el radio hidráulico

$$R = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación 6

$$R = \frac{0,5\text{m} * 0,6\text{m}}{0,5\text{m} + 2(0,6\text{m})}$$

$$R = 0,176\text{m}$$

Es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso:

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

Ecuación 7

Dónde:

S = gradiente hidráulico(m/m)0,0005 - Computer Applications in Hydraulic Engineerin, 5th Edition, Haestad Methods

n = coeficiente de Manning (0,013para canales de hormigón)

v = velocidad (m/s)

R = radio hidráulico (m)

$$v = \frac{1}{0,013} * (0,176\text{m})^{2/3} * (0,0005 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$v = 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.3.3 Cálculos para las rejillas de limpieza manual

3.3.3.1 Determinación del área de las barras

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre las barras.

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$

Ecuación 8

Dónde:

A_L = velocidad de área de las barras(m^2)

V_{RL} = velocidad de aproximación(m/s) - *RAS 2000 Título E,*Normas S.A.P. y A.R. para poblaciones mayores a 1000 habitantes,+ Metcalf&Eddy

Q = caudal(m^3/s)

$$A_L = \frac{0,00322 \text{ m}^3/s}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,0072m^2$$

3.3.3.2 Área de la sección transversal del flujo

El área de la sección transversal

$$A_f = A_L * \frac{(E + s)}{E}$$

Ecuación 9

Dónde:

A_f = área de la sección transversal (m^2)

s = espesor de la barra(m)

E = separación entre barras(m)

$$A_f = 0,0072\text{m}^2 * \frac{(0,02\text{m} + 0,01\text{m})}{0,02\text{m}}$$

$$A_f = 0,011\text{m}^2$$

3.3.3.3 Longitud sumergida de la rejilla

Para conocer el nivel máximo de agua:

$$d_{\max} = \frac{Q}{V_{RL} * B}$$

Ecuación 10

Dónde:

B = ancho de la rejilla(m)

d_{\max} = nivel máximo(m)

$$d_{\max} = \frac{0,00322\text{m}^3}{0,45 \text{ m/s} * 0,050(\text{m})}$$

$$d_{\max} = 0,143\text{m}$$

Para cálculo de la longitud sumergida el de la rejilla

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\text{sen}45^\circ}$$

Ecuación 11

θ° = grado de inclinación de las rejillas

$$L_s = \frac{0,143\text{m}}{\text{sen}45^\circ}$$

$$L_s = 0,202\text{m}$$

3.3.3.4 Número de barras

Para determinar número de barras

$$n = \frac{b}{E + s}$$

Ecuación 12

Dónde:

E = separación entre barras(m)

b = ancho del canal(m)

s = espesor de las barras(m)

$$n = \frac{0,5m}{0,02m + 0,01m}$$

$$n = 16,66 \approx 17$$

3.3.3.5 Cálculo de la pérdida de carga a través de las rejillas

$$H_f = \frac{1}{C} * \left(\frac{v^2 - v_a^2}{2g} \right)$$

Ecuación 13

Dónde:

v_a = velocidad de aproximación fluido hacia la reja (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

v = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja (m/s)

C = coeficiente de flujo para rejilla obstruida (0,6) – - *RAS 2000 Título E,*Normas S.A.P. y A.R. para poblaciones mayores a 1000 habitantes,+ Metcalf&Eddy

$$H_f = \frac{1}{0,6} * \left(\frac{(0,6 \text{ m/s})^2 - (0,45 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$H_f = 0,013m$$

3.3.4 Cálculos para el tanque de sedimentación

3.3.4.1 Determinación de área superficial del sedimentador

Tabla 7-3: Sedimentador

Suspensión	Carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$)	
	Caudal Punto	Intervalo
Floculó de Cal	48	21-48
Floculó de Hierro	32	21-32
Agua residual sin tratar	48	24-48
Floculó de Aluminio	24	14-24

Fuente: (METCALF&EDDY, 1995)

$$A = \frac{Q}{\text{carga superficial}}$$

Ecuación 14

$$A = \frac{278,21 \text{ m}^3/\text{día}}{32 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$A = 8,69\text{m}^2$$

Se corrige la carga superficial

$$\text{carga} = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 15

Dónde:

carga = carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$)

Q = caudal $\text{m}^3/\text{día}$

A = área (m^2)

$$\text{carga} = \frac{278,21 \text{ m}^3/\text{día}}{8,69 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{carga} = 32,014 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$$

3.3.4.2 Cálculo del diámetro del sedimentador

El diámetro del sedimentador

$$\phi = \sqrt{A/\pi}$$

Ecuación 16

$$\phi = \sqrt{4 \times 8,69 \text{ m}^2 / 3,1416}$$
$$\phi = 3,32 \text{ m}$$

Para el radio del sedimentador

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

Ecuación 17

Dónde:

r = radio(m)

ϕ = diámetro(m)

A = área(m²)

$$r = \sqrt{8,69 \text{ m}^2 / 3,1416}$$

$$r = 1,66 \text{ m}$$

3.3.4.3 Cálculo del volumen del sedimentador

Se supone una relación

$$a = \sqrt{A/2}$$

Ecuación 18

$$a = \sqrt{8,69/2}$$

$$a = 2,08\text{m}$$

Se determina el largo del sedimentador. Tomando en cuenta la relación largo ancho de $\frac{1}{2}$ tenemos:

$$L = 2a$$

Ecuación 19

$$L = 2(1,56\text{m})$$

$$L = 3,12\text{m}$$

Entonces el volumen del sedimentador se determina mediante su área y el largo del mismo.

$$V = L * a * h$$

Ecuación 20

Dónde:

$V = \text{volumen del sedimentador}(m^3)$

$a = \text{Ancho del sedimentador } (m)$

$L = \text{longitud } (m)$

$h = \text{Profundidad del sedimentador} = 3 - \text{ROMEROJ, Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.}$

$$V = 3,12\text{m} * 2,08 * 3\text{m}^2$$

$$V = 19,46\text{m}^3$$

3.3.4.4 Tiempo de retención hidráulico

Para determinar el tiempo de retención en el sedimentador

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

Ecuación 21

Dónde:

T_r = tiempo de retención(h)

V = volumen(m^3)

Q = caudal (m^3/h)

$$Q = 0,00322 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 11,59 \text{m}^3/\text{h}$$

$$T_r = \frac{19,46\text{m}^3}{11,59}$$

$$T_r = 1,67\text{h}$$

3.3.6.1 Área de la sección transversal

Determinación del área transversal

$$A_t = \frac{V}{L}$$

Ecuación 22

Dónde:

L = largo del sedimentador (m)

A_t = área de sección transversal(m^2)

V = área de sección transversal(m^3)

$$A_t = \frac{19,46\text{m}^3}{3,12\text{m}}$$

$$A_t = 6,23\text{m}^2$$

3.3.6.2 Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre

$$V_h = (8K(s - 1)g * d/f)^{1/2}$$

Ecuación 23

Dónde:

K = constante cohesión que depende del tipo de mater arra (0,04 para arena unigranular 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

V_h = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de la particula m/s

s = densidad relativa de las partículas, para el cálculo usaremos el valor 1,05.

g = aceleración de la gravedad m/s²

d = diámetro de las partículas 0,01

f = valores para el factor de fricción de Darcy

–Weisbach va desde 0,02 hasta 0,03 en este caso vamos a utilizar el 0,03.

$$V_h = (8 * 0,05(1,05 - 1) * 9,81 * 0,01/0,03)^{1/2}$$

$$V_h = 0,26 \text{ m/s}$$

3.3.6.3 Remoción de SST y DBO

Determinar la taza de remoción de la DBO se utiliza

Tabla 8-3: Valores constantes empíricas

Variable	a,h	B
SST	0,0075	0,014
DBO	0,018	0,020

Fuente: (CRITES, 2000)

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Ecuación 24

$$R = \frac{1,07}{0,018 + 0,020(1,07)}$$

$$R = 27,16\%$$

Con la misma ecuación, sino que para el caso de SST tenemos

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Ecuación 25

Dónde:

R = porcentaje de remoción(%)

t = tiempo nominal de retención(h)

a, b = constantes empíricas

$$R = \frac{1,07}{0,075 + 0,014(1,07)}$$

$$R = 11,89\%$$

3.3.5 Cálculo del floculador

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

Ecuación 26

Dónde:

A = área(m²)

Q = caudal (m³/h)

carga = carga superficial (m³/m² * día)

$$A = \frac{278,21 \text{ m}^3/\text{día}}{32 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$A = 8,69 \text{ m}^2$$

Ancho del tanque

$$a = \sqrt{A/2}$$

Ecuación 27

Dónde:

a = ancho del tanque floculador

$$a = \sqrt{8,69\text{m}^2/2}$$
$$a = 2,08\text{m}$$

Longitud del tanque de floculación

$$L = 2 * a$$

Ecuación 28

Dónde:

L = largo del tanque floculador (m)

$$L = 2 * 2,08$$

Ecuación 29

$$L = 4,16 \text{ m}$$

Volumen del tanque del floculador

$$V = L * A$$

Ecuación 30

$$V = 3,12 \text{ m} * 8,69 \text{ m}^2$$

$$V = 27,11 \text{ m}^3$$

Calculo del diagrama

$$d = 1,5 * a$$

Ecuación 31

Dónde:

d = ancho de las vueltas de floculación (m)

a = Ancho del canal de floculación (m)

$$d = 1,5 * 2,08$$

$$d = 3,12 \text{ m}$$

Tiempo de recolección

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

Ecuación 32

Dónde:

V = volumen del floculador

Tr = tiempo de retención hidráulico

Q = caudal a tratar (m^3/h)

$$Tr = \frac{27,11m^3}{11,59 m^3/h}$$

$$Tr = 2,33h$$

3.3.5.1 Cálculo para las paletas de agitación

Diámetro del impulsor

$$di = \frac{1}{3} \phi \text{ del tanque}$$

Ecuación 33

$$di = \frac{1}{3} * 2,45 m$$

$$di = 0,816m$$

Altura del impulsor respecto del fondo

$$Hi = di$$

Ecuación 34

$$Hi = 0,816 m$$

Ancho de las palas del impulsor

$$q = \frac{1}{5} * di$$

Ecuación 35

$$q = \frac{1}{5} * 0,816m$$

$$q = 0,1632m$$

Longitud de las palas del impulsor

$$l = \frac{1}{4} * di$$

Ecuación 36

$$l = \frac{1}{4} * 0,816m$$

$$l = 0,204 m$$

Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central

$$l_{DC} = \frac{1}{2} * di$$

Ecuación 37

$$l_{DC} = \frac{1}{2} * 0,816m$$

$$l_{DC} = 0,408 m$$

Diámetro del disco central

$$s = \frac{1}{4} * \emptyset_{tanque}$$

Ecuación 38

$$s = \frac{1}{4} * 2,45m$$

$$s = 0,6125m$$

Potencia disipada de la mezcla

$$P = G^2 * \mu * V$$

Ecuación 39

Dónde:

μ = viscosidad dinámica visto en tablas a 20°C

V = volumen del floculador (m²)

G = gradiente de velocidad (1/s)

P = potencia necesaria (W)

$$P = \left(\frac{50}{s}\right)^2 * \left(1,009 * 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}\right) * 15,25m^3$$

$$P = 38,47 W$$

Área requerida por las paletas

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

Ecuación 40

Dónde:

A = área de la sección transversal de la paleta (m²)

C_D = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

v = velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido(m/s)

ρ = densidad del fluido (kg/m³)

P = potencia necesaria (W)

$$A = \frac{2 * 38,47}{1,2 * 1000 \frac{kg}{m^3} * (0,75 \frac{m}{s})^3}$$

$$A = 0,1628m^2$$

Longitud de la paleta

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

Ecuación 41

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

$$l = \frac{1,45m^2}{0,8m}$$

$$l = 1,81m$$

3.3.6 Cálculos de diseño para la Filtración

Tabla 9-3: Diseño para el filtrado

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
CARBÓN ACTIVADO GRANULAR		
Espesor de la capa de carbón	cm	≥ 45
Tamaño efectivo	mm	0,8-1,4
ARENA		
Espesor de arena	cm	≥ 30
Tamaño efectivo	mm	0,45-0,65
GRAVA		
Espesor de la grava gruesa en el fondo	cm	10-45
Tamaño efectivo	mm	2,4
CAPA DE AGUA SOBRENADANTE		
Altura de agua	m	1-1,5
Borde libre	cm	20-30
LECHO DE FILTRACIÓN		
Profundidad de medio	m	0,60-1,40
Tasa de filtración	m/d	2-12

Fuente: Romero, 2008.

Tabla 10-3: Parámetros de diseño de filtro rápido

Parámetros	Valor
Tasa de filtración	120 m/d
Altura de la capa del agua sobre el lecho Ca	1,5
Profundidad del medio La	0,60-0,75 m
Profundidad de grava Cs	0,30-0,45 m
Tamaño efectivo del medio	0,35-0,70 mm(valor típico 0,5)
Coefficiente de uniformidad	1,3-1,7(valor típico 0,5)
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje	0,10-0,25

Fuente: Romero, 2008.

3.3.5.2 Cálculo de dimensionamiento de filtro

Para calcular las dimensiones del filtro se debe considerar una pérdida de agua por operación de sedimentación secundaria del 15%.

$$Q = 0,00322 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0,85$$

Ecuación 42

$$Q = 0,002737 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Número del filtro

$$n_f = 0,044\sqrt{Q}$$

Ecuación 43

Dónde:

n_f : Número de filtro adimensional

Q: Caudal de diseño = $12,002 \text{ m}^3/\text{día}$

$$n_f = 0,044\sqrt{0,002737}$$

$$n_f = 0,002 \cong 1$$

Área del filtro

$$A_f = \frac{Q}{\text{Tasa de filtración}}$$

Ecuación 44

Dónde:

A_f = Área del filtro (m^2)

Q = Caudal de diseño

Tasa del filtro = $2 \text{ m}^3/\text{día}$ para filtros lento

$$A_f = \frac{236,47 \text{ m}^3/\text{d}}{2 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$A_f = 118,235 \cong 118 \text{ m}^2$$

Coefficiente de mínimo de filtro

$$K_c = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Ecuación 45

Dónde:

K_c : Coeficiente de mínimo

n_f : Número de filtro = 0,27

N : Número de unidades = 2 (adimensional)

$$K_c = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K_c = 1,33$$

Cálculo para la longitud de filtro

$$L_f = \sqrt{A_f * K_c}$$

Ecuación 46

Dónde:

L_f : Longitud de filtro (m)

A_f : Área de filtro

K_c : Coeficiente de mínimo = 1,333

$$L_f = \sqrt{118 * 1,33}$$

$$L_f = 12,52\text{m}$$

Cálculo del ancho del filtro

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{K_c}}$$

Ecuación 47

Dónde:

a_f : Ancho del filtro (m)

A_f : Área de filtro = 7,06m²

K_c : Coeficiente de mínimo = 1,333

$$a_f = \sqrt{\frac{118\text{m}^2}{1,333}}$$

$$a_f = 9,42\text{m}$$

Cálculo del lecho filtrante

Diseño del filtro con el carbón activado, la altura del lecho filtrante será:

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

Ecuación 48

Dónde:

H_{LF} : Altura de lecho filtrante (m)

e_c : Espesor de la capa de carbón

e_g : Espesor de la capa de grava

$$H_{LF} = 0,30 + 0,45$$

$$H_{LF} = 0,75\text{m}$$

Cálculo de altura del filtro

Por tanto, la altura del filtro se calcula en función de la composición del lecho filtrante con un factor de seguridad de 8%.

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c)$$

Ecuación 49

Dónde:

Z_f : Altura del filtro (m)

f_s : Factor de seguridad (15%)

C_a : Altura de la capa de agua

L_a : Altura del lecho filtrante = 0,75m (valor calculado)

C_s : Altura de capa de soporte

F_c : Altura del drenaje

$$Z_f = 1,15(0,5 + 0,75 + 0,3 + 0,25)m$$

$$Z_f = 2,07m$$

Cálculo del volumen del filtro

$$V_f = L_f * Z_f * a_f$$

Ecuación 50

Dónde:

V_f : Volumen del filtro (m³)

Z_f : Altura del filtro

L_f : Longitud del filtro

a_f : Ancho del filtro

$$V_f = 12,52m * 2,07m * 9,42m$$

$$V_f = 244,13m^3$$

3.3.6 Cálculos del tanque de cloración

Volumen del tanque de Cloración

$$V_{tanque} = Q_p * T$$

Ecuación 51

Dónde:

Q_p = Caudal para cada filtro

V_{tanque} = Volumen del tanque de cloración (m^3)

T = Tiempo de retención ; 725s (valor a sugerir)

$$V_{tanque} = 0,00322 m^3/s * 725s$$

$$V_{tanque} = 2,33m^3$$

Área del tanque

$$A = \frac{\pi}{4} * \phi^2$$

Ecuación 52

Dónde:

A = Área del tanque (m^2)

ϕ = diametro del tanque (m); 3 m (Valor a sugerir)

L= Longitud del tanque (m); 7,8 m (Valor a sugerir)

$$A = \frac{\pi}{4} * 3^2m$$

$$A = 7,07 m^2$$

Altura del tanque, H_{tanque}

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

Ecuación 53

Dónde:

A = Área del tanque (m^2)

V_{tanque} = Volumen del tanque de dosificación (m^3)

H_{tanque} = Altura del tanque (m)

$$H_{tanque} = \frac{27,11 m^3}{7,07 m^2}$$

$$H_{tanque} = 3,83 \text{ m}$$

3.3.6.1 Dosificación en el hipoclorito

Cálculo para la dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre;

$$D_{HTH} = 0,012 * Q_{punta} * C$$

Ecuación 54

Dónde:

$$Q_{punta} = \text{Caudal punta (gal/min)}$$

$$D_{HTH} = \text{cantidad de HTH al día (lb/día)}$$

$$C = \text{Concentración HTH (mg/L); } 4 \text{ mg/L (Valor a Sugerir)}$$

$$D_{HTH} = 0,012 * 0,00322 \text{ m}^3/\text{s} * 4 \text{ mg/L}$$

$$D_{HTH} = 0,00154 \text{ lb/día}$$

Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, V_{AHTH} :

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 55

Dónde:

$$\rho_{HTH} = \text{Densidad de HTH (g/L)}$$

$$m_{HTH} = \text{Masa de HTH (g); } 152,18 \text{ lb} \approx 69089,72$$

$$V_{AHTH} = \frac{69089,72 \text{ g}}{800 \text{ g/L}}$$

$$V_{AHTH} = 86,36 \text{ L}$$

Calculo del volumen de la solución madre

$$V_{SM} = \frac{V_{AHT} * 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 56

V_{AHTH} = Volumen del agua para la dilución del hipoclorito de calcio (L)

$$V_{SM} = \frac{3,22 * 65\%}{8,5\%}$$

$$V_{SM} = 24,62 \text{ L}$$

Cálculo del volumen para un día, V_T

$$C_1 * V_{SM} = C_2 * V_2$$

Ecuación 57

$$5 * 24,62 = 0,65 * V_2$$

$$V_2 = 189,38 \text{ L}$$

Volumen total

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 58

$$V_T = 24,62 \text{ L} + 189,38 \text{ L}$$

$$V_T = 214 \text{ L/día}$$

$$Goteo = 214 \frac{L}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1L} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Goteo = 148,61 \text{ ml}/\text{min}$$

3.4 Propuesta

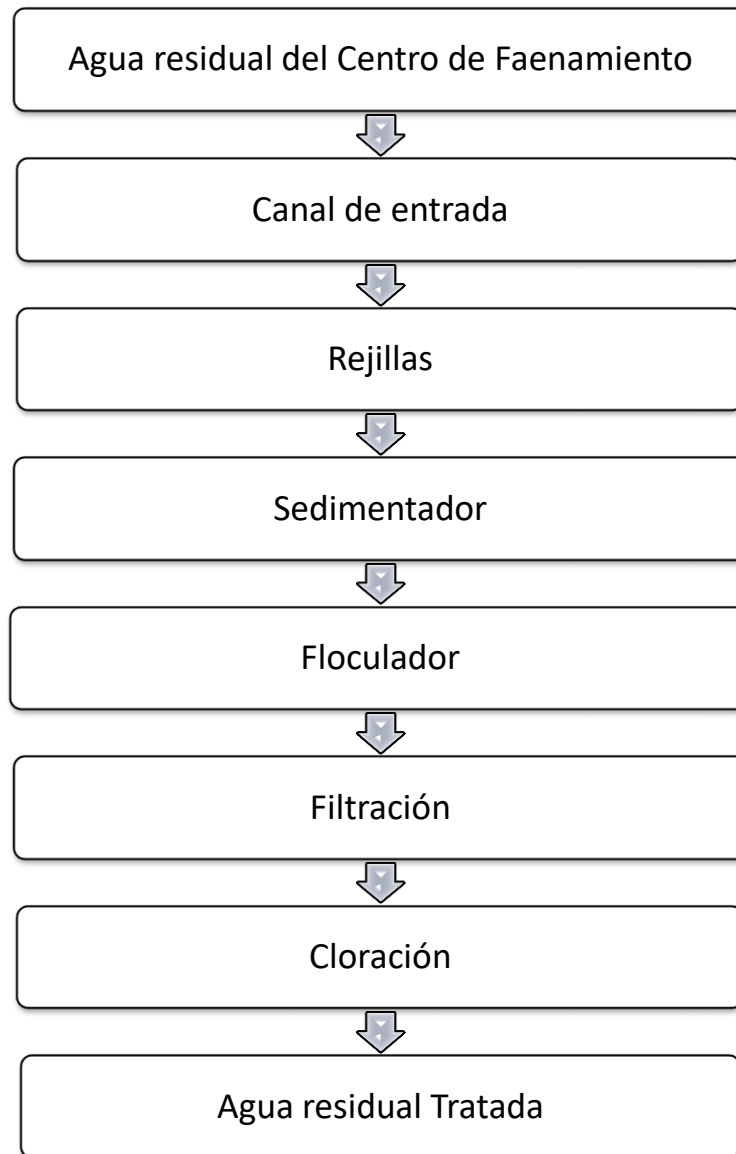


Figura 3-1: Propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales
Realizado por: Betty Allauca, 2018.

3.5 Porcentaje de remoción

Con la comparación de los parámetros que estuvieron dentro y fuera de la norma, se procede al cálculo y gráfica del porcentaje de remoción de contaminantes que se detalla a continuación:

$$\%Remoción = \frac{Análisis\ inicial - Análisis\ final}{Análisis\ inicial} * 100$$

Ecuación 59

Tabla 11-3: Resultados de Análisis de aguas residuales

Parámetros	Unidades	Norma TULSMA	MES DE MONITOREO					
			Lim. Max.Per	Muestra sin Tratamiento	Muestra Sulfato de Aluminio	Muestra Cloruro Férrico	Muestra Poliectrolito	Muestra cloración
Turbiedad	NTU	-	152	4,13	240	3,50	23,5	3,27
*Aceites y Grasas	mg/l	30,0	178	44,1	165	35,7	32,9	12,30
Conductividad	µS/cm	-	1,62	403	313	0,66	0,72	612
*Coliformes Fecales	UFC/100 ml	2000	2.2X10 ⁶	2.1X10 ⁶	2.3X10 ⁶	2.3X10 ⁶	0,00	Ausente
*Coliformes Totales	UFC/100 ml	2000	1.9X10 ⁶	1.9X10 ⁶	1.9X10 ⁶	1.9X10 ⁶	0,00	Ausente
*Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	730	613	7	95	314	82
*Cloro residual	mg/l	1000	0,00	0	0	0	0,28	0,41
*DQO	mg/l	200	800	280	255	223	18	15
*DBO ₅	mg/l	100	472	107	103	280	25,13	6,80
Fosfatos	mg/l	10,0	1,66	9,7	2,14	1,7	3,9	0,63
Nitrógeno amoniacoal	mg/l	30,0	22	2,3	0,85	1,25	1,89	1,61
Potencial de hidrógeno	-	6-9	7,08	7,12	7,19	7,7	7,7	7,69
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	330	425	125	126	128	0,38	326
Sólidos Totales	mg/l	1600	84,53	0,0679	0,0857	0,0965	0,873	442
Detergentes	mg/l	0,7	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,63
Temperatura	---	Condición natural ± 3	20	20,5	20,7	21,6	22,7	20,6

Fuente: Dirección técnica – Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH
Realizado por: Betty Allauca, 2018

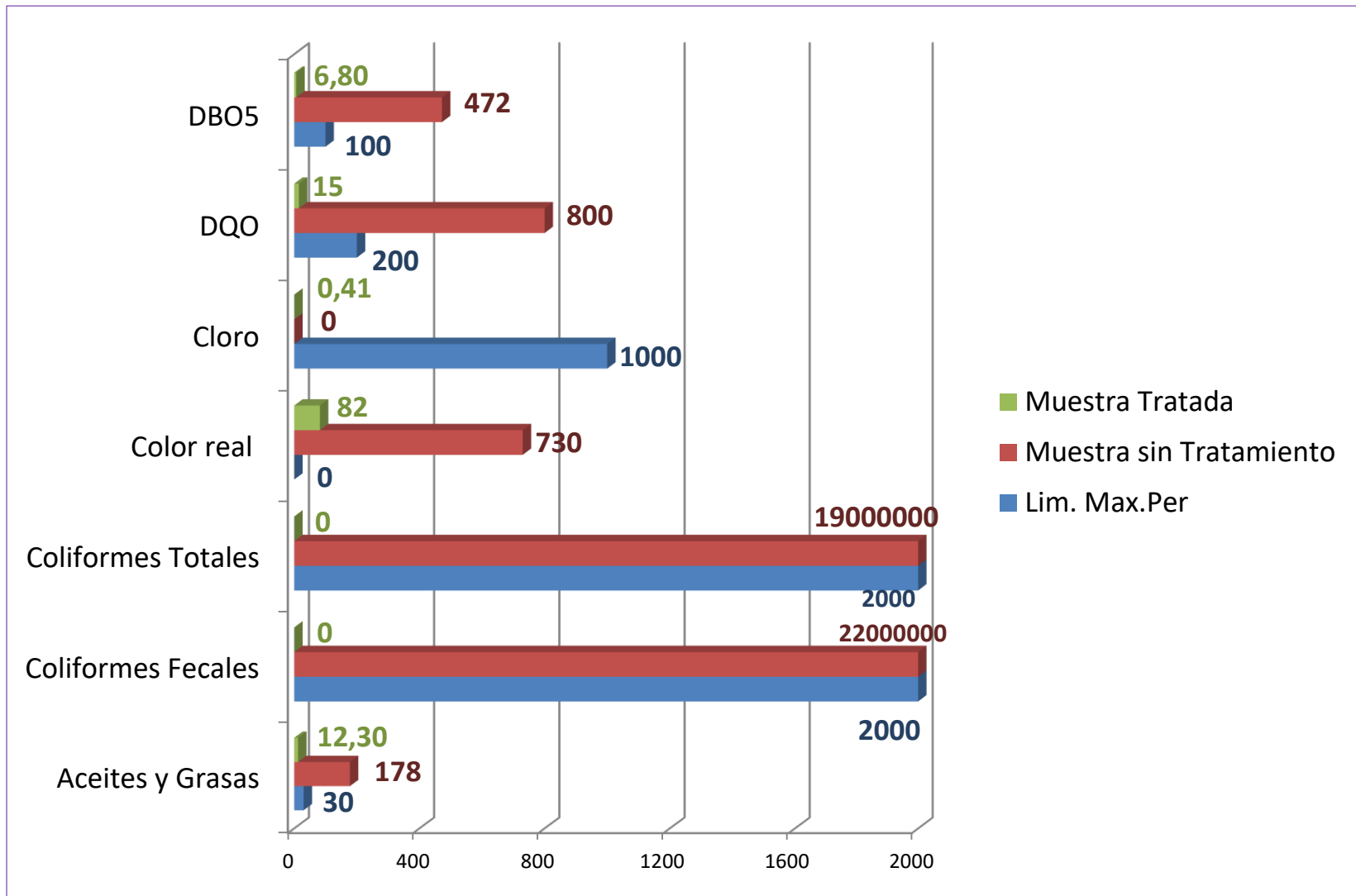


Gráfico 2-3 Demostración gráfica de los parámetros según los Lím. Max. Permissible, muestra compuesta sin tratamiento y muestra tratada.

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Tabla 12-3: Determinación del porcentaje de remoción luego del tratamiento

Parámetros	Unidades	Norma TULSMA	Muestra con Tratamiento		
		Lim. Max.Per	Muestra sin Tratamiento	Muestra Tratada	% Remoción
Aceites y Grasas	mg/l	30,0	178	12,30	93,09
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	2000	2.2X10 ⁶	0,00	99,9
Coliformes Totales	UFC/100 ml	2000	1.9X10 ⁶	0,00	99,9
Color real ¹	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	730	82	88,77
Cloro	mg/l	1000	0,00	0,41	41,00
DQO	mg/l	200	800	15	92,86
DBO ₅	mg/l	100	472	6,80	94,52

Realizado por: Betty Allauca, 2018

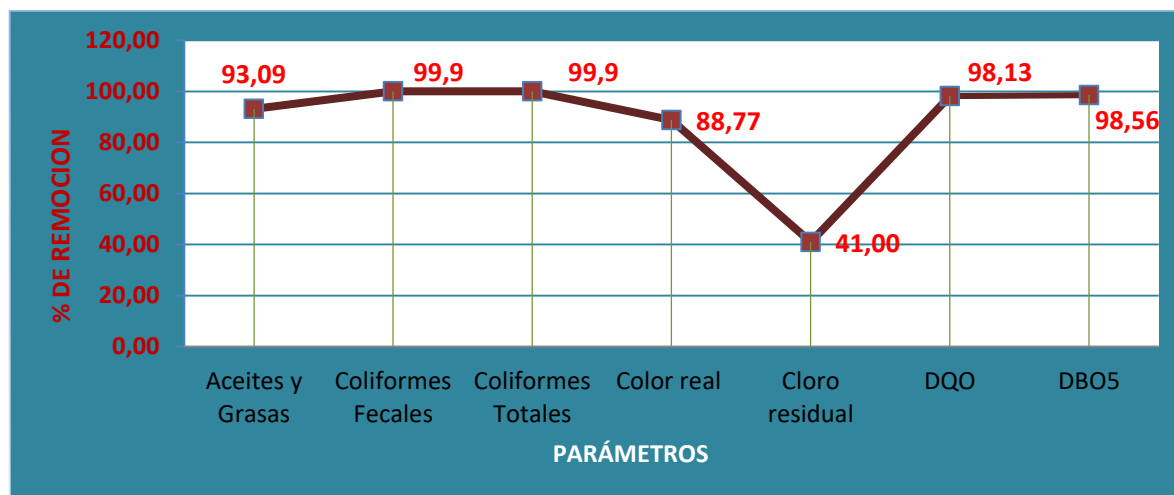


Gráfico 3-3 Porcentaje de Remoción

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6 Resultados del diseño del sistema propuesto

3.6.1 Caudal de diseño

Tabla 13-3: Caudal del diseño

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de producción	Q	m ³ /s	0,00322

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6.2 Cálculo del canal

El área del canal se calcula mediante la tabla de las Normas para Estudio y diseño de agua potable y Disposición de aguas Residuales.

Tabla 14-3: Diseño de canal

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Base del canal (Asumida)	B	m	0,50
Altura del canal (Asumida)	H	m	0,60
Pendiente del canal (Asumida)	S	%	0,50
Caudal del diseño	Q diseño	m ³ /s	0,0032
Radio Hidráulico	R	m	0,176
Velocidad de transporte	v	m/s	0,54

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6.3 Rejillas de limpieza manual

Tabla 15-3: Rejillas de limpieza manual

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de las barras	A _L	m ²	0,0072
Área de la sección transversal del flujo	A _f	m ²	0,011
Longitud sumergida de la rejilla	d _{max}	m	0,143
Longitud de la rejilla	L _s	m	0,202
Número de barras	n	-	17
Pérdida de carga a través de las rejillas	H _f	m	0,013

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6.4 Tanque de sedimentación

Tabla 16-3: Tanque de sedimentador

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área superficial del sedimentador	A	m ²	8,69
Carga superficial	Carga	m ³ /m ² * día	32,014
Diámetro del sedimentador	∅	m	3,32
Radio del sedimentador	r	m	1,66
Volumen de sedimentad	a	m	2,08
Largo del sedimentador	L	m	3,12
Volumen del sedimentador, área y largo	V	m ³	19,46
Tiempo de retención hidráulico			
Tiempo de retención	T _r	h	1,67
Área transversal	A _t	m ²	6,23
Velocidad de arrastre	Vh	m/s	0,26
Remoción de DBO	R	%	27,16
Remoción de SST	R	%	11,89

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6.5 Floculación

Tabla 17-3: Tanque de Floculación

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A	m ²	8,69
Ancho del tanque	a	m	2,08
Longitud del tanque	L	m	4,16
Volumen del tanque	V	m ³	27,11
Ancho de vueltas del floculador	d	m	3,12
Tiempo de retención	Tr	h	2,33

Cálculo de paletas de agitación			
Diámetro del impulsor	di	m	0,816
Altura del impulsor respecto al fondo	Hi	m	0,82
Ancho de las palas del impulsor	q	m	0,163
Longitud de las palas	l	m	0,204
Longitud de las palas montadas en el disco central	l_{DC}	m	0,408
Diámetro del disco central	s	m	0,612
Potencia disipada de la mezcla	P	W	38,47
Área de las paletas	A	m ²	0,162
Longitud de la paleta	l	m	1,81

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

3.6.6 Tanque de Filtración

Tabla 18-3: Tanque de filtración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Dimensionamiento de filtro	Q	$\frac{m^3}{día}$	0,002737
Número del filtro	n_f	-	1
Área del filtro	A_f	m ²	118
Coefficiente mínimo de filtro	K_c	-	1,33
Longitud de filtro	L_f	m	12,52
Ancho del filtro	a_f	m	9,42
Lecho filtrante	H_{LF}	m	0,75
Altura del filtro	Z_f	m	2,07
Volumen del filtro	V_f	m ³	244,13

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.6.6 Tanque de Cloración

Tabla 19-3: Cloración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Volumen del tanque	V_{tanque}	m^3	2,33
Área del tanque	A	m^2	7,07
Altura del tanque	H_{tanque}	m	3,83
Dosificación de Hipoclorito de calcio	D_{HTH}	$lb/día$	0,00154
Dosificación de HTH en solución madre	V_{AHTH}	L	86,36
Volumen de la solución madre	V_{SM}	L	24,62
Cálculo del volumen por día	V_2	$L/día$	189,38
Volumen total	$Goteo$	ml/min	3986,38

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.7 Análisis de resultados

3.7.1 Resultados de los coagulantes

Tabla 19-3: Comparación de resultados de los coagulantes

COAGULANTE	CANTIDAD (8ml)	TURBIDEZ
Sulfato de Aluminio	44	325
Polielectrólito	35	353
Cloruro Férrico	56	214

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Con los resultados obtenidos se determina que la tratabilidad más adecuado y en qué condiciones óptimas se da, utilizando el Cloruro Férrico y Polielectrólito, ya que sus valores de turbiedad demuestran mejores resultados

3.7.2 Resultados con los floculantes

Tabla 20-3: Resultados de floculantes

FLOCULANTE	CANTIDAD (ml)	TURBIDEZ
Sulfato de Aluminio	432	23
Polieléctrolito	41	44,1

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.7.3 Resultados de la cloración

Tabla 21-3: Resultados de la cloración

CLORACIÓN	CANTIDAD (ml)	COLOR
Cloro	0,3	0,28

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.8 Requerimiento de materiales y equipos

La tecnología y maquinaria utilizado para el tratamiento de aguas residuales son similares dependiendo del origen del agua y su volumen, en la actualidad existen métodos más avanzados pero esto implica más costos así como una mayor cantidad, en esta investigación el volumen de agua es inferior a los 100 m³/día, por lo tanto el tratamiento es uno de los tradicionales utilizados hasta el día de hoy.

A continuación en la tabla 22-3 se observa el fundamento de muestra, los materiales a utilizar y su procedimiento:

Tabla 22-3: Materiales de muestreo y recolección de información

Fundamentos	Materiales	Procedimiento
Basada en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras Manejo y conservación de muestras	<ul style="list-style-type: none"> - Recipiente de vidrio - Borosilicato para caracterizaciones físico-químico. - Bolsas estériles Whirl – Pak para caracterizaciones bacteriológicas. 	Recolección de dos muestras en un intervalo de tiempo de 15 minutos para luego hacer una muestra compuesta, la toma de muestras es en las horas pico.

Fuente: (INEN, 2013)

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Para la determinación del caudal fueron necesarios los materiales y equipos que se detallan en la siguiente tabla: 23-3

Tabla 23-3: Materiales y equipos para medición del caudal

Medición del Caudal	
Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> - Balde graduado de 10 litros - Botas de caucho - Esferográfico - Cuaderno - Mascarilla - Mandil - Guantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Cronómetro - GPS - Cámara fotográfica - Linterna - Termómetro

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.9 Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico - químico y microbiológico del agua residual.

Tabla 24-3: Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual

Análisis Físicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Buretas	Balanza analítica	Buffer pH 4.0
Cámara fotográfica	Digestor de DQO	Buffer pH 7.0
Kitasato	Destilador	
Cronómetro	Estufa	
Esferográfico	Turbidímetro	
Escobilla de cerdas	Fotómetro visible	
Mandil	Digestor de DBO	
Pipetas	Baño maría	
Vaso de precipitación	Filtro de arena y grava	
Soporte universal		
Pinzas		

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH

Realizado por: Betty Allauca, 2018

Tabla 25-3: Materiales, Equipos, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual

Análisis Químicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Cámara fotográfica	Estufa	Alkaline cyanide
Embudo de vidrio	Espectrofotómetro	Ascorbic acid
Botellones de plástico	Baño María	Cromo 2
Cronómetro	Fotómetro	EDTA (Sobres)
Frascos cuenta gota con tetina		DPD cloro total
Guantes		Nitriver
Gradilla		Pads absorbente
Mascarilla		Pan indicador sn 0.3%
Matraz Erlenmeyer		Phthalate-fosfato
Libreta		Reactivo acido cromo
Papel filtro		Salicylate ammonium
Pera de succión		Solución Férrica
Pinza		Sulfate 4
Pipeta volumétrica		THM Plus reagent
Probeta milimetrada		Sulfato de Aluminio
Tubos de ensayo		Cloruro férrico
Vaso de precipitación		Polielectrolito
		Cloro al 10%

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Tabla 26-3: Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual

Análisis Microbiológicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Capsula de Petri	Bomba de succión	Ampolla endo
Lente de aumento	Incubadora	Filtro de membrana
Matraz	Reverbero	Ampolla m-coliblu
Pinza	Espectrofotómetro	Alcohol antiséptico 70°
Esferográfico		

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Parámetros con los respectivos métodos para la caracterización de las muestras de agua residual:

Tabla 27-3: Parámetros, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Métodos
Conductividad	μS/cm	Colorimétrico.REF1001/S501
pH	-----	Potenciométrico. REF1001/S503
Color	UTC	Colorimétrico.REF1001/S502
Temperatura	°C	Colorimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505
Sólidos totales disueltos	mg/L	Colorimétrico.REF1001/S503

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos, ESPOCH
Realizado por: Betty Allauca, 2018.

3.10 Costos del diseño

El objetivo del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal Municipal a más de enfocarse en cumplir las Normativas y Parámetros Ambientales, tiene como complementó dar a conocer los costos que la infraestructura proyectada requiere el cual se lo especifica de la siguiente manera:

Tabla 28-3: Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Rubro /Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Global (\$)
REJILLAS Y CANAL DE LLEGADA				
Limpieza y desbroce	m2	21	1,50	31,50
Marco de Hierro	u	4	10,00	40,00
Replanteo y nivelación	m2	0,75	1,60	1,20
Costo de instalación de rejilla en el canal actual	-	1	10	10
Tubería corrugada	u	1	52,65	52,65
			Subtotal	135,35
FLOCULANTE				
Estructura de acero inoxidable	m2	1,00	310,0	310,0
Replanteo y nivelación	m2	15,30	4,20	64,26

Estructura de soporte de acero	u	100,	135,50	135,50
Motor de agitación industrial (flow control)	u	1,00	1100	1100
Excavación manual h=1m	m3	1	2,65	2,65
Turbina de cuatro aspas	u	1	120	120
			Subtotal	1732,41
SEDIMENTADOR				
Limpieza y desbroce	m2	150,50	1,00	150,50
Replanteo de H.S. 140 Kg/cm2	m2	5,5	85,50	470,25
Excavación manual	m3	250	7,50	1875
Replanteo y nivelación	m2	160,0	4,20	672
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m3	95,0	73,0	6935
Estructura circular de acero inoxidable	m3	2	8,45	16,90
			Subtotal	10119,6
FILTRO				
Excavación h= 0 a 2	m3	75,0	2,70	202,70
Hormigón Simple F'C=210Kg	m3	18	115,50	2079,0
Replanteo y nivelación	m2	36	1,10	39,60
Enlucido con impermeabilizante mortero 1:3	m2	55	9,00	495,0
Malla para filtro 6mm	m2	9,50	7,35	69,82
Arena	m3	35	7	245,0
Grava	m3	15	7	105,0
Acero de refuerzo F'Y=4200Kg/cm2	m2	65	2,50	162,50
CLORACIÓN				
Limpieza y desbroce	m2	73,00	1,00	73,00
Excavación manual	m3	95,00	8,10	769,5
Enlucido vertical con impermeabilización	m2	1,00	9,40	9,40
Replanteo y nivelación	m2	0,70	4,5	3,15
Dosificación de clorado	m2	15,00	5,30	79,50
			Subtotal	934,55

Fuente: Realizado por: Betty Allauca, 2018

Tabla 29-3: Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo diario	Costo por unidad
Cloruro de Al	20	1,0	0,80	16
Polielectrólito	2	1,0	5,50	11
			Total	27

Fuente: (Precios, Mínimos, Ley, & Ocupacionales, 2018)

Realizado por: Betty Allauca, 2018.

Tabla 30-3: Determinación de costos totales

Descripción	Costo
Rejillas y canales	135,35
Floculador	1732,41
Sedimentador	10119,6
Clarificación	934,55
Filtro de arena	3448,12
Dosificaciones	27,00
Costo total	16.370,0
Gastos Imprevistos (10%)	1.637,0
TOTAL	18.007

Realizado por: Betty Allauca, 2018

3.10 Cronograma del Proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO																											
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión de Fuente Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Determinación de Línea Base Teórica			■	■																								
Toma de muestras					■	■	■	■																				
Caracterización física, química y biológica de las aguas residuales					■	■	■	■																				
Identificación de parámetros fuera de norma									■																			
Realización de pruebas de tratabilidad									■	■	■	■	■	■														
Realización de cálculos de Ingeniería para el diseño													■	■	■													
Validación técnica y económica del diseño															■	■												
Revisión y Corrección															■	■	■	■										
Sustentación final del proyecto																			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Realizado por: Betty M. Allauca, 2018.

CONCLUSIONES

- Las aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Municipal Pallatanga, se realizó caracterizaciones físico-química y microbiológica a través de los métodos APHA, WPCF, AWWA, ESTÁNDAR METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODO 21° EDICION. El resultado del efluente contaminante presente en el agua residual se comparó con la norma general para descarga de efluentes a cuerpo de agua dulce del libro VI TULSMA, ANEXO I, TABLA 9.
- Se identificó los parámetros que se encuentran fuera de la norma Ambiental vigente, los mismos que fueron: Aceites y Grasas 178 mg/L; Color real 730; DQO 800 mg/L; DBO₅ 472 mg/L; Cloro residual Ausente Unidades Pt/Co; Coliformes Fecales 2.2X10⁶; Por lo cual se debió establecer un tratamiento adecuado, con la finalidad de disminuir la carga contaminante y cumplir con el límite máximo establecido en la tabla 9 del TULSMA
- Se propuso pruebas de tratabilidad para reducir las concentraciones de contaminación presentes en el agua, según el Índice de Biodegradabilidad se optó por un tratamiento Físico-Químico, se comprobó mediante la experimentación y caracterización del efluente contaminado el cual empieza con la eliminación de grasas y aceites, así como el test de jarras para encontrar la dosis óptima de coagulante y floculante así como la cloración, siendo favorecedor el Cloruro férrico al 10% con una dosis de 2 ml; el polielectrolito al 0,05% con 0,5 ml y la cloración con 0,3 ml. A través de estos resultados se procedió a realizar el respectivo dimensionamiento de la planta, la cual se compone de: un canal, rejillas, sedimentador, floculador, clorador y un filtro, mismos que reducirán la concentración de contaminación presente en el mismo
- A través de pruebas experimentales a escala de laboratorio se ejecutó el tratamiento de las aguas residuales y se validó los resultados en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo con los resultados obtenidos se procede a establecer el diseño propuesto para reducir la carga contaminante de las aguas residuales y cumplir con la norma

- El costo estimado para la implementación y ejecución del proyecto es de 18,007 dólares que incluye todas las infraestructuras, ingeniería civil para la construcción de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

- Capacitar a los técnicos sobre el manejo de la Planta de tratamiento de aguas residuales para su mantenimiento y duración
- Realizar un mantenimiento preventivo de forma anual con la finalidad de preservar los equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal Municipal del cantón Pallatanga
- Realizar la limpieza de las rejillas de forma manual y semanal al observar una cantidad considerable para remover los sólidos sostenidos y evitar la obstrucción del agua residual al siguiente proceso
- Recomendar la reutilización de los desechos líquidos (sangre) como materia prima para harina de sangre u otro producto así como los lodos generados en la planta por la depuración del efluente pueden ser utilizados como compostaje orgánico, generando la sustitución de fertilizante químico por abonos orgánicos para el sector agrícola
- Realizar la caracterización físico químico y microbiológico periódicamente de la descarga del agua residual, para llegar a obtener una base de datos que nos permita controlar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de agua residual cumpliendo con lo establecido en el proyecto técnico.
- Se recomienda implementar de manera inmediata el sistema de tratamiento propuesto, con el fin de evitar la contaminación directa hacia el río Huitzize y cumplir con la Norma

BIBLIOGRAFÍA

- **Alanoca, R.** *Gestión de las aguas residuales en huacho emapa huacho s.a.* [en línea]. 2016. [Consulta: 20 junio 2018]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/GABRIELROJAS80/gestion-de-las-aguas-residuales-en-huacho-emapa-huacho-sa>.
- **Alarcón, P.** *Perfil territorial del cantón pallatanga.* [en línea]. 2013. pp. 124. [Consulta: 31 06 2017]. Disponible en: [http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/853/1/Perfil territorial PALLATANGA.pdf](http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/853/1/Perfil%20territorial%20PALLATANGA.pdf).
- **Crites, R; & Tchobanoglous, G.** *Tratamientos de aguas residuales en pequeñas poblaciones.* 3ed. Bogotá-Colombia : McGraw Hill, 2000 pp. 33, 42-44, 46-90, 247-337,636-640.
- **Colombia. Ministerio de Ambiente, V. y D.T..** *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico-RAS* [en línea]. S.l.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Agua y Saneamiento, 2010. [Consulta: 29 junio 2018]. ISBN 9789588491424. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mariaeugeniagilhernandez/anexo-tcnico-ras-2000-titulo-j>.
- **Faenamiento de porcinos - empresa publica metropolitana de rastro Quito.** [en línea]. 2013. [Consulta: 29 junio 2018]. Disponible en: <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamiento/faenamiento-porcinos>.
- **Espigares G, M.; & Pérez, J. A.** *Aguas residuales: composición. aguas residuales. Composición,* 1985, pp. 22.
- **Fuentes, R Beltrán.** *Sistema de depuración natural. filtros de turba.* [En línea]. 2010. [Citado el: 3 mayo 2018.] <https://www.blogger.com/profile/18308912312906078477>.
- **Flores, G.** *Filtros lentos de arena: una alternativa de depuración de agua en pequeñas comunidades.* [en línea]. 2000. [Consulta: 29 junio 2018]. Disponible en:

<https://www.iagua.es/blogs/gustavo-flores/filtros-lentos-arena-alternativa-depuracion-agua-pequenas-comunidades>.

- **INEN. 2169:98.** *Norma técnica ecuatoriana. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.* [En línea]. 2013. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>.
- **Ingeniería y servicios ambientales.** *compras en línea.* [En línea]. 2015. [Citado el: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://www.isa.ec/index.php/component/virtuemart/isa-portal-de-compras-en-1%C3%ADnea/e-septic-detail?Itemid=0>.
- **Metcalf; & Eddy.** *Ingeniería de aguas residuales*, 3° ed. Madrid-España : McGraw-Hill, 1995, pp.41,60,231,240,251.
- **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** *Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector.* [En línea]. 2000. [Citado el: 18 de de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mariaeugeniagilhernandez/anexo-tnico-ras-2000-ttulo-j>.
- **Muñoz, A.** *Caracterización y tratamiento de aguas residuales.* [En línea], Instituto de ciencias básicas e ingeniería, 2008. [Citado el: 18 de de 2018]. Disponible en: http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/Modulo1_PDF/Gen12/ESTEM01T01E08.pdf.
- **Organización de las naciones unidas.** *Objetivos de desarrollo sostenible. Objetivo 16: Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas* [en línea]. , 2016. [Citado el: 18 de de 2018]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/peace-justice/>.
- **Paula, Pamela.** *Perfil territorial del cantón pallataga. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo* . [En línea]. 2013. [Citado el: 25 de 03 de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/853/1/Perfil%20territorial%20PALLATANGA.pdf>.

- **Rigola, L. 1990.** *Tratamiento de aguas industriales aguas de proceso y residuales.* España : Alfaomega, 1990, pp. 42-43.
- **Romero.** *Diseño para el dimensionamiento de aguas residuales . s.l. : Vigneswaran, 2008.*
- **Tambini, G.** *Objetivos de desarrollo sostenible sobre la salud* [En línea]. 2016. [Citado el: 25 de 03 de 2018]. Disponible en: https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_docman&view=download&alias=665-ods-ecuador-diciembre-2016&category_slug=publications&Itemid=599.
- **Wastewater, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater del año 2017.** [En línea] 2017. [Citado el: 10 de 03 de 2018.]

