



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PLANTA PROCESADORA DE
PRODUCTOS LÁCTEOS DE LA ASOCIACIÓN DE MUJERES
“YURAK SISA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA:

TAMYA NINA ILLICACHI GUAMÁN

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA PLANTA PROCESADORA DE
PRODUCTOS LÁCTEOS DE LA ASOCIACIÓN DE MUJERES
“YURAK SISA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERIA QUÍMICA

AUTORA: ILLICACHI GUAMÁN TAMYA NINA

DIRECTORA: Ing. MABEL MARIELA PARADA RIVERA Mgs.

Riobamba-Ecuador

2022

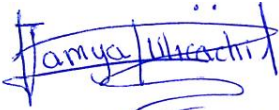
©2022, Tamyá Nina Illicachi Guamán

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

Yo, TAMYA NINA ILLICACHI GUAMÁN, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

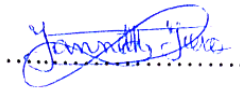
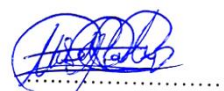

Riobamba, 01 de noviembre de 2022.



Tamyá Nina Illicachi Guamán
065029007-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE LA ASOCIACIÓN DE MUJERES “YURAK SISA”** realizado por la señorita: **TAMYA NINA ILLICACHI GUAMÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-01
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-01
Ing. Segundo Hugo Calderón Mgs. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-01

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico a mis padres, por ser el pilar fundamental de cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí, una mejor persona. A mis hermanos, por sus palabras de aliento en los momentos de angustia y desesperación. A Teo, mi compañero gatuno que con su amor y comprensión estuvo a mi lado a altas horas de la madrugada y por darle serenidad a mis días caóticos.

Tanya

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Juan Illicachi y María Guamán por ser mi gran apoyo incondicional durante toda mi vida, cada una de sus palabras se convirtieron en mi centro de motivación que me ayudó a no rendirme y a luchar por lo que siempre he anhelado, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de la lucha constante, el esfuerzo y la valentía.

A mi hermanos, Andrés y Ruth por estar presente en cada escalón de mi vida dándome ánimos para seguir adelante y no decaer en este camino.

A mi directora de tesis, Ing. Mabel Parada y a mi asesor, Ing. Hugo Calderón por transmitirme sus conocimientos y guiarme teórica y metodológicamente por medio de sus asesorías y sugerencias en el desarrollo de este proyecto técnico. A la Dra. Gina Álvarez por brindarme la asesoría necesaria para el desarrollo experimental de este proyecto.

A mis amigos, en especial al “Grupito morido” quienes hicieron de esta experiencia universitaria, la mejor etapa de mi vida, desde el inicio nos hemos apoyado en los momentos más difíciles hasta alcanzar este gran logro. Gracias por todos los momentos compartidos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Química por brindarme una educación de calidad y por contribuir con mi formación tanto personal como académica.

A KRZD y a todas las personas que de una u otra forma me brindaron sus palabras de aliento.

Tamya

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.3.1. <i>Localización del proyecto</i>	5
1.3.2. <i>Beneficiarios directos e indirectos</i>	6
1.3.2.1. <i>Directos</i>	6
1.3.2.2. <i>Indirectos</i>	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. <i>General</i>	6
1.4.2. <i>Específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Referencias Teóricas	8
2.2.1. <i>Planta procesadora de productos lácteos</i>	8
2.2.2. <i>Industrialización de la leche</i>	8
2.2.2.1. <i>Leche</i>	8
2.2.2.2. <i>Composición de la leche</i>	9
2.2.3. <i>Productos lácteos</i>	9

2.2.3.1.	<i>Queso</i>	9
2.2.3.2.	<i>Yogur</i>	10
2.2.3.3.	<i>Mantequilla</i>	11
2.2.4.	<i>Aguas residuales</i>	11
2.2.5.	<i>Agua residual de la industria láctea</i>	11
2.2.6.	<i>Procesos generadores de agua residual</i>	11
2.2.7.	<i>Caracterización de aguas residuales de las industrias lácteas</i>	12
2.2.8.	<i>Características físicas</i>	13
2.2.9.	<i>Características químicas</i>	14
2.2.10.	<i>Características biológicas</i>	15
2.2.11.	<i>Indicadores de la contaminación orgánica</i>	15
2.2.11.1.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	16
2.2.11.2.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	16
2.2.11.3.	<i>Índice de Biodegradabilidad</i>	16
2.2.12.	<i>Tratamiento de aguas residuales en la Industria Láctea</i>	16
2.2.13.	<i>Pretratamiento</i>	17
2.2.14.	<i>Tratamiento primario</i>	18
2.2.15.	<i>Tratamiento secundario</i>	19
2.2.16.	<i>Tratamiento terciario</i>	21
2.2.17.	<i>Muestreo del agua residual</i>	22
2.2.18.	<i>Tipos de muestras</i>	22
2.2.18.1.	<i>Muestra simple</i>	22
2.2.18.2.	<i>Muestra compuesta</i>	22
2.2.18.3.	<i>Muestra integrada</i>	23
2.2.19.	<i>Caudal</i>	23
2.2.20.	<i>Métodos para medición de caudal</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Ingeniería del proyecto	25
3.1.1.	<i>Tipo de proyecto</i>	25
3.2.	Métodos y técnicas	25
3.2.1.	<i>Métodos</i>	25
3.2.2.	<i>Técnicas</i>	26
3.2.2.1.	<i>Muestreo in situ</i>	26

3.2.2.2.	<i>Manejo y conservación de muestras</i>	27
3.2.2.3.	<i>Técnicas de análisis físico-químico</i>	28
3.2.2.4.	<i>Técnicas de análisis microbiológicos</i>	35
3.2.2.5.	<i>Ensayos de tratabilidad a nivel de laboratorio</i>	37
3.2.3.	<i>Determinación del caudal</i>	39
3.2.4.	<i>Caracterización físico-químico y microbiológico del agua residual</i>	40
3.2.5.	<i>Índice de Biodegradabilidad</i>	43
3.2.5.1.	<i>Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual inicial</i>	44
3.2.6.	<i>Elección del tipo de tratamiento</i>	44
3.2.7.	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	45
3.2.8.	<i>Cálculos ingenieriles para el tratamiento del agua residual</i>	50
3.2.8.1.	<i>Cálculo del caudal</i>	50
3.2.8.2.	<i>Canal de Entrada</i>	52
3.2.8.3.	<i>Rejillas de barras</i>	55
3.2.8.4.	<i>Trampa de grasa</i>	59
3.2.8.5.	<i>Tanque de aireación</i>	61
3.2.8.6.	<i>Tanque de Coagulación-floculación</i>	65
3.2.8.7.	<i>Tanque de sedimentación</i>	70
3.2.8.8.	<i>Lecho de secado de lodos</i>	72
3.2.8.9.	<i>Tanque de desinfección</i>	76
3.2.8.10.	<i>Dosificación del coagulante y el floculante aniónico</i>	78

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	80
4.1.	Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento	80
4.1.1.	<i>Caudal del efluente</i>	80
4.1.2.	<i>Canal de entrada</i>	80
4.1.3.	<i>Sistema de rejillas</i>	81
4.1.4.	<i>Trampa de grasa</i>	81
4.1.5.	<i>Tanque de aireación</i>	82
4.1.6.	<i>Tanque de coagulación-floculación</i>	82
4.1.7.	<i>Tanque de sedimentación</i>	83
4.1.8.	<i>Lecho de secado de lodos</i>	83
4.1.9.	<i>Tanque de desinfección</i>	84
4.2.	Resultados de la dosificación de los insumos químicos	84

4.3.	Resultados de la caracterización del agua residual después del tratamiento	85
4.4.	Comparación de la caracterización inicial y final del agua residual	87
4.5.	Porcentaje de remoción de los procesos de tratabilidad	88
4.5.1.	<i>Remoción de DQO y DBO₅ en la muestra antes y después del tratamiento</i>	89
4.5.2.	<i>Remoción turbiedad, aceites y grasas, y nitrógeno total</i>	89
4.5.3.	<i>Remoción de Sólidos suspendidos y sólidos totales</i>	90
4.6.	Propuesta del sistema de tratamiento del agua residual	91
4.7.	Requerimiento de costos	93
4.8.	Análisis y discusión de resultados	96
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES		99
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Localización de la Planta de Lácteos “Yurak Sisa”	5
Tabla 1-2: Composición de la leche.....	9
Tabla 2-2: Análisis del índice de biodegradabilidad.....	16
Tabla 1-3: Toma y recolección de muestras.....	27
Tabla 2-3: Determinación del pH.....	28
Tabla 3-3: Determinación de la Temperatura.....	28
Tabla 4-3: Determinación de Turbiedad	29
Tabla 5-3: Determinación de la Conductividad.....	29
Tabla 6-3: Determinación de Aceites y Grasas	29
Tabla 7-3: Determinación de Fósforo total	30
Tabla 8-3: Determinación de nitrógeno total, Kjeldahl.....	31
Tabla 9-3: Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	32
Tabla 10-3: Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	33
Tabla 11-3: Determinación de Sólidos sedimentables	33
Tabla 12-3: Determinación de Sólidos en suspensión	34
Tabla 13-3: Determinación de sólidos totales	34
Tabla 14-3: Determinación de Coliformes fecales	35
Tabla 15-3: Determinación de Coliformes totales	36
Tabla 16-3: Trampa de grasa.....	37
Tabla 17-3: Aireación	38
Tabla 18-3: Test de jarras.....	38
Tabla 19-3: Medición de caudales del agua residual	39
Tabla 20-3: Caracterización inicial del agua residual de muestras compuestas	41
Tabla 21-3: Caracterización inicial del agua residual y los límites de la Norma.....	42
Tabla 22-3: Análisis del índice de biodegradabilidad.....	43
Tabla 23-3: Concentración de DBO ₅ y DQO en el agua residual inicial	44
Tabla 24-3: Ensayo de tratamiento con Cloruro férrico al 3%	47
Tabla 25-3: Ensayo de tratamiento con Sulfato de aluminio al 3%	47
Tabla 26-3: Ensayo de tratamiento con Policloruro de aluminio al 3%.....	48
Tabla 27-3: Dosificación del floculante aniónico	48
Tabla 28-3: Prueba de sedimentación	49
Tabla 29-3: Criterios de la capacidad de canales revestidos	52
Tabla 30-3: Coeficiente de Manning para cálculo de canales	53

Tabla 31-3: Condiciones del diseño de rejillas de limpieza manual	55
Tabla 32-3: Factor de pérdida para rejillas manual.....	57
Tabla 33-3: Criterios de diseño para trampa de aceite y grasas.....	59
Tabla 35-3: Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas	65
Tabla 36-3: Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas	68
Tabla 37-3: Criterios de diseño de los floculadores mecánicos.....	68
Tabla 38-3: Valores de Coeficiente de arrastre	69
Tabla 39-3: Criterios de diseño para el tanque de sedimentación primaria.....	70
Tabla 40-3: Criterios de diseño para el lecho de secado	72
Tabla 41-3: Criterios de los lodos digeridos.....	73
Tabla 42-3: Tiempo de digestión del lodo.....	74
Tabla 43-3: Criterios del diseño de un tanque de almacenamiento	76
Tabla 1-4: Resultados del caudal del agua residual	80
Tabla 2-4: Resultados del canal de entrada	80
Tabla 3-4: Resultados del sistema de rejillas.....	81
Tabla 4-4: Resultados de la trampa de grasa	81
Tabla 5-4: Resultados del tanque de aireación	82
Tabla 6-4: Resultados del tanque coagulación-floculación.....	83
Tabla 7-4: Resultados del tanque de sedimentación	83
Tabla 8-4: Resultados de lecho de secado de lodos	84
Tabla 9-4: Resultados del tanque de desinfección.....	84
Tabla 10-4: Descripción de la dosificación de insumos químicos a nivel industrial	85
Tabla 11-4: Caracterización final del agua residual tratada	85
Tabla 12-4: Caracterización del agua tratada y los límites de la Norma.....	86
Tabla 12-4: Caracterización inicial y final del agua residual tratada.....	87
Tabla 13-4: Porcentaje de remoción de la carga contaminante en la muestra.....	88
Tabla 14-4: Costo de los equipos del sistema de tratamiento.....	93
Tabla 15-4: Costos por dosis de las sustancias químicas	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Rejillas manuales.....	17
Figura 2-2: Método de la trayectoria.....	24
Figura 1-3: Canal de entrada del agua residual	55
Figura 2-3: Forma de varillas para rejilla.....	58
Figura 3-3: Rejilla metálica.....	59
Figura 4-3: Trampa de grasa	61
Figura 5-3: Tanque de aireación.....	65
Figura 6-3: Tanque coagulador-floculador	69
Figura 7-3: Tanque sedimentador.....	72
Figura 8-3: Lecho de secado	76
Figura 9-3: Tanque de desinfección	77
Figura 1-4: Diagrama del sistema de tratamiento de aguas residuales	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Ubicación de la Planta Yurak Sisa	5
Gráfico 1-3: Curva de sedimentación	49
Gráfico 2-3: Simulación de un canal rectangular	52
Gráfico 1-4: Remoción de DQO y DBO ₅	89
Gráfico 2-4: Remoción de turbiedad, aceites y grasas, y nitrógeno total.....	89
Gráfico 3-4: Remoción de sólidos suspendidos y sólidos totales	90
Gráfico 4-4: Remoción de coliformes fecales	90

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA TRATADA
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA TRATADA
- ANEXO E:** PRUEBAS DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL
- ANEXO F:** CANAL DE RECEPCIÓN Y REJILLAS METÁLICAS
- ANEXO G:** TRAMPA DE GRASA
- ANEXO H:** TANQUE DE AIREACIÓN
- ANEXO I:** TANQUE COAGULADOR-FLOCULADOR
- ANEXO J:** TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
- ANEXO K:** LECHO DE SECADO
- ANEXO L:** TANQUE DE DESINFECCIÓN
- ANEXO M:** DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO N:** DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO O:** PLANO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
A_{SC}	Área de la sección transversal del canal
B	Factor dependiente de la forma de la barra
CD	Coefficiente de resistencia de las paletas
C_{SS}	Carga de sólidos suspendidos
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Químico de Oxígeno
D_{PAC}	Dosificación de Policloruro de aluminio
ε	Eficiencia asumida del compresor
e_b	Espesor de los barrotos
FM	Factor de Mayorización
G	Gradiente medio de velocidad
h_s	Altura de seguridad
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Q_{aire}	Caudal del aire para degradar DBO_5
Q_{EXP}	Caudal experimental
Q_D	Caudal de diseño
Q_M	Caudal mayorado
m_s	Masa de sólidos
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
NTU	Unidad nefelométrica de turbidez
ρ_{H_2O}	Densidad del agua
P_{abs}	Presión absoluta
PAC	Policloruro de aluminio
P_{atm}	Presión atmosférica
P_{H_2O}	Presión hidrostática del agua
pH	Potencial del hidrógeno
P_{H_2O}	Presión hidrostática del agua
PTAR	Planta de Aguas Residuales
PVC	Policloruro de Vinilo
R	Constante de gases ideales
RH	Radio hidráulico

S	Pendiente canal rectangular
SS	Sólidos suspendidos
ST	Sólidos totales
t_{RH}	Tiempo de retención hidráulica
μ	Viscosidad dinámica
V_{LD}	Volumen de los lodos digeridos
y	Altura del canal en el agua
ΔT_{comp}	Variación térmica del aire
% ST	Sólidos totales contenidos en el lodo

RESUMEN

El presente proyecto técnico consistió en diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta Procesadora de productos lácteos de la Asociación Yurak Sisa debido a que estos efluentes son vertidos directamente a un cuerpo de agua dulce. Para el desarrollo de este estudio, se procedió con la recolección de 3 muestras compuestas para la caracterización fisicoquímica y microbiológica, en el que se identificó los parámetros como: aceites y grasas, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total y coliformes fecales que se encuentran fuera de los límites permisibles de la Norma de Calidad Ambiental, por ende, se propuso un sistema de tratamiento en base al índice de biodegradabilidad el cual es 0,72, optando por un tratamiento fisicoquímico, por lo que se realizó una aireación durante 4 horas, una coagulación con PAC a 150 ppm y floculante aniónico a 6 ppm y una sedimentación por 1 hora. Una vez identificadas las variables de diseño, se determinó que el dimensionamiento del sistema acorde los tratamientos realizados, constará de los siguientes procesos; un sistema de rejilla manual, una trampa de grasa, un tanque de aireación, un coagulador-floculador, un sedimentador seguido de un tanque de desinfección. Este diseño propuesto se validó mediante la caracterización final del agua tratada basada en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. En este estudio se recomienda implementar el sistema de tratamiento propuesto para la Planta con el fin de minimizar el impacto ambiental de los recursos hídricos de la comunidad.

Palabras clave: <AGUA RESIDUAL>, <BIODEGRADABILIDAD>, <CARGA CONTAMINANTE>, <TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO>, <NORMATIVA AMBIENTAL>, <RECURSO HÍDRICO>, <DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS>.



ABSTRACT

This technical project consisted of designing a wastewater treatment system for the dairy products processing plant of the Yurak Sisa Association, since these effluents are discharged directly into a freshwater body. For the development of this study, we proceeded with the collection of 3 composite samples for physicochemical and microbiological characterization, in which we identified parameters such as: Oils and fats, COD, BOD, suspended solids, total solids, total nitrogen and fecal coliforms that are not within the established Environmental Quality Standard, therefore, a treatment system was proposed based on the biodegradability index which is 0.72, opting for a physicochemical treatment, for which aeration was performed for 4 hours, coagulation with PAC at 150 ppm and anionic flocculant at 6 ppm and sedimentation for 1 hour. Once the design variables were identified, it was determined that the sizing of the system according to the treatments carried out would consist of the following processes: a manual grid system, a grease trap, an aeration tank, a coagulator- flocculator, a settling tank followed by a disinfection tank. This proposed design was validated through the final characterization of the treated water based on the Environmental Quality Standard and Effluent Discharge to Water Resources. In this study, it is recommended to implement the proposed treatment system for the Plant in order to minimize the environmental impact of the community's water resources.

Key words: <WASTEWATER>, <BIODEGRADABILITY>, <CONTAMINANT LOAD>, <PHYSICOCHEMICAL TREATMENT>, <ENVIRONMENTAL STANDARD>, <WASTEWATER >, <CHEMICAL DOSAGE>.



Mgs. Ana Gabriela Reinoso Espinosa

110369613-2

INTRODUCCIÓN

La industria láctea en el Ecuador constituye una de las principales actividades económicas con gran aporte a la fuente de empleos ya que busca el desarrollo constante en la elaboración de sus productos de primera calidad. Sin embargo, es una de las industrias que genera mayor contaminación a los distintos recursos hídricos debido al consumo excesivo de agua para sus diferentes líneas de procesos ya sea por la elaboración de sus productos, por la limpieza de sus equipos o el saneamiento de la planta lo que genera grandes volúmenes de aguas residuales con alto contenido de cargas contaminantes como la presencia de aceites y grasas, DQO, DBO5, nitrógeno, sólidos en suspensión y totales (Bermeo, 2016, p.67).

Las alternativas de mejoramiento son variadas, pero en ciertas ocasiones no se garantiza una buena relación amigable con el medio ambiente y las actividades que realizan varias industrias, como es el caso de la Planta Procesadora de productos lácteos de la Asociación de mujeres Yurak Sisa que ofrece una gran variedad de productos, pero incumple con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al Recurso agua, por lo que la Planta se ha interesado en contribuir con la depuración de sus aguas residuales generadas en sus actividades. Actualmente se ha puesto en marcha diferentes sistemas de tratamiento aplicados al agua residual que consiste en una serie de procesos físicos, químicos o biológicos que dependen de las características que presenta el efluente y el nivel de depuración requerido de acuerdo al límite establecido por la normativa.

Como contribución a la solución de la problemática, se desarrolló el presente Proyecto técnico que propone realizar un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en base a la caracterización del efluente, pruebas de tratabilidad de parámetros que se encuentran fuera de la norma, validación del diseño, determinación de variables y cálculos de ingeniería con el propósito de reducir la carga contaminante del efluente, mismo que deberá cumplir con los parámetros establecidos en la Normativa vigente y puedan ser reutilizada para procesos dentro de la Planta o vertidas a un cuerpo hídrico generando en la Planta una producción más limpia.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la región sierra del Ecuador, se localiza la provincia de Chimborazo, la cual está conformada políticamente por diez cantones. En la provincia existen un sin número de plantas de productos lácteos que se localizan estratégicamente en las comunidades más cercanas a las ciudades, debido a la facilidad que tienen para la obtención de su materia prima, no existe el control adecuado de parte de las entidades encargadas y la existencia de transporte a diferentes puntos de venta (Pineda, 2021, párr.12).

La Asociación de mujeres Yurak Sisa se encuentra ubicada en la comunidad Santa Cruz, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, misma que cuenta con una planta procesadora de productos lácteos y hortalizas. Esta asociación está conformada por 22 personas, las cuales todas son mujeres. A inicios del año 2019, con el respaldo de la Fundación Maquita se impulsó un importante proyecto de emprendimiento para la implementación de la planta procesadora de lácteos, con el fin de impulsar la producción ganadera debido a la gran cantidad de producción de leche, siendo su principal fuente de ingreso para el sustento de sus hogares.

La planta procesadora de lácteos inicia sus actividades como una microempresa procesadora de quesos en el año 2020, debido al incremento de la producción y las necesidades de los mercados del cantón, mediante un financiamiento de parte de la fundación Maquita se ha logrado expandir tecnológicamente para la producción de yogures. En la actualidad, la capacidad de la planta procesadora es de aproximadamente 300 litros por día, de los cuales el 60% se destina para la producción de quesos y el 40% para la elaboración de yogures. Mediante esta producción se espera expandir el mercado no solo en el cantón Guamote sino también en toda la provincia. Esta planta procesadora tiene la finalidad de mejorar tanto en su infraestructura como en la calidad de todos sus productos para elevar las ventas de sus productos en todos los mercados de la provincia. La aplicación de un sistema de tratamiento de aguas residuales representa un factor muy fundamental en la planta procesadora ya que presenta varias ventajas como es la reutilización del agua, el cumplimiento con la norma de Calidad ambiental y de Descarga de efluentes y la mejora de las prácticas de manufactura que contribuirá a reducir la contaminación de los recursos hídricos de la comunidad y resultaría ser más económica.

La implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta se requiere con el diseño de dicho sistema mediante la caracterización física-química y biológica del agua procedente de la línea de producción y tener un tratamiento previo en concordancia con los

parámetros establecidos en la norma y cumplir con las obligaciones ambientales referente a la industria láctea (Montezuma, 2015, p. 55).

1.2. Planteamiento del problema

En el Ecuador, según datos obtenidos de (Secretaría del agua, 2016), aproximadamente el 72% de aguas residuales tanto domésticas como industriales se depositan en los sistemas de alcantarillado, el 54,4% de estas aguas son tratadas y aplicadas en la agricultura, procesos industriales o fines recreativos mientras que el 44,6% se descargan de forma directa hacia canales o pozos sépticos. Con esta información se evidencia las aguas residuales, en gran parte son devueltas a su entorno natural: lagos, lagunas, ríos, mares o suelos sin ningún tipo de tratamiento previo, generando problemas ambientales afectando a la flora, fauna y a la salud de las personas de su entorno (Rodríguez, 2019, párr.12).

Las aguas residuales provenientes de las plantas procesadoras de productos lácteos se han convertido en un verdadero problema para el medio ambiente, debido al constante uso del agua en los diferentes procesos productivos, ya que la mayor parte del agua termina como efluentes que son vertidas directamente al sistema de alcantarillado (Cueva, 2019, p.76).

En la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, comunidad Santa Cruz, existe gran producción de la planta procesadora de productos lácteos dirigida por la Asociación de mujeres “Yurak Sisa” para mejorar la calidad de vida de varias familias de la comunidad.

La problemática que se presenta en esta planta es que al elaborar sus productos genera grandes cantidades de aguas residuales provenientes de la línea de proceso ya sea para la obtención de sus productos o la limpieza de los equipos, materiales y área de trabajo. Por ende, estas aguas son descargadas directamente a los recursos hídricos de la comunidad generando impactos ambientales muy graves ya que contienen desechos orgánicos, residuos sólidos, detergentes, grasas y aceites que requieren de un tratamiento previo para su total eliminación (Vallejo, 2013, p.45).

Esta planta procesadora de productos lácteos dirigida por la Asociación de mujeres “Yurak Sisa” no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que ocasiona problemas de salubridad, contaminación al medio ambiente y malos olores, ya que no existe un tratamiento previo antes de ser descargada directamente al cuerpo de agua dulce de la comunidad, incumpliendo así con los parámetros de calidad de la norma vigente.

1.3. Justificación

Las aguas residuales industriales generan un alto nivel contaminación ambiental ya que contiene desechos orgánicos, residuos sólidos, detergentes, grasas y aceites que requieren de un tratamiento previo para su total eliminación y así poder mejorar la calidad del agua, misma que podría ser aplicada para otros fines. El tratamiento de estas aguas residuales generadas por la población y la recuperación de una mayor cantidad de efluentes será un reto de gran importancia para el desarrollo ecológico, social y económico (Bermeo y Salazar, 2013, p.98).

La planta procesadora utiliza diferentes procesos productivos para la obtención de sus productos por lo que es importante aplicar tecnologías que permitan el ahorro en energía y costo durante el tratamiento de las aguas residuales beneficiando a la comunidad y al ambiente que nos rodea (Montezuma, 2015, p. 78). Una gran alternativa para mitigar el impacto ambiental que produce esta planta, como es la contaminación del agua, es el estudio preliminar y el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, misma que es importante realizar una caracterización física, química y microbiológica del agua residual para establecer el grado de contaminación existente de tal forma que al cuantificar el caudal se pueda establecer el tipo de sistema de tratamiento adecuado que se aplicará en la industria (Vallejo, 2013, p.45).

El presente trabajo centra su atención en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la planta procesadora de productos lácteos dirigida por la Asociación de mujeres “Yurak Sisa” con la finalidad de que el agua cumpla con los parámetros físicos y químicos descritos en la Normativa de Calidad Ambiental, misma que podría ser reutilizada o devuelta al cuerpo de agua dulce, puesto a que el agua es un recurso natural que no debe ser malgastado por lo que se debe buscar alternativas para su reutilización en el proceso e incluso trae grandes beneficios a la empresa ya que a más de cumplir con la legislación ambiental también ofrece un gran desarrollo económico y ayuda a minimizar la contaminación de los recursos hídricos (Rodríguez, 2019, p.6).

Mediante este estudio se pretende diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la planta procesadora “Yurak Sisa” con el propósito de mitigar y controlar la contaminación de los recursos hídricos. Además, esta planta cumplirá con todos los parámetros establecidos en la Norma de Calidad Ambiental Vigente, obteniendo una planta más limpia y económicamente rentable, y así mejorar la calidad de vida tanto económica como social de todas las mujeres que pertenecen a la Asociación “Yurak Sisa”.

1.3.1. Localización del proyecto

El presente proyecto técnico se efectuará en la Planta Procesadora de productos lácteos de la Asociación de mujeres “Yurak Sisa” perteneciente a la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, comunidad Santa Cruz. Además, los respectivos análisis se realizarán en el laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tabla 1-1: Localización de la Planta de Lácteos “Yurak Sisa”

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Provincia	Chimborazo
Cantón	Guamote
Parroquia	Palmira
Comunidad	Santa Cruz
Longitud	78°70'01.65''
Clima	Variado
Temperatura	Varía entre 5-23 °C

Fuente: (Google Maps, 2022).

Realizador por: Illicachi, Tamyá, 2022.



Gráfico 1-1: Ubicación de la Planta Yurak Sisa

Fuente: (Google Maps, 2022).

1.3.2. Beneficiarios directos e indirectos

1.3.2.1. Directos

El presente proyecto técnico tiene como beneficiario directo a la Asociación de mujeres Yurak Sisa, misma que está conformada por 22 mujeres, pertenecientes a la comunidad Santa Cruz del cantón Guamote debido a que el sistema de efluentes de la Planta cumplirá con las normativas ambientales.

1.3.2.2. Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los habitantes de la comunidad Santa Cruz y el sector aledaño ya que se evitará una contaminación al medio ambiente y dicha agua tratada podrá ser utilizada para las actividades que se realicen dentro o fuera de la Asociación.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la planta procesadora de productos lácteos de la Asociación de mujeres “Yurak Sisa”

1.4.2. Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual de acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.
- Realizar las pruebas de tratabilidad para los contaminantes del agua residual.
- Aplicar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento y diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización física-química y microbiológica del agua tratada con base a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los efluentes de agua residual proveniente de las plantas procesadoras de productos lácteos poseen una composición muy alta de contaminantes orgánicos debido a las diferentes operaciones que se realizan dentro de la industria. La legislación ambiental obliga a las industrias lácteas a tratar a sus aguas residuales antes de ser descargadas al sistema de alcantarillado o a un cuerpo de agua dulce, mediante el cumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Por tal razón, varias investigaciones se han centrado en el diseño de un sistema de tratamientos de aguas residuales para las industrias lácteas de algunas provincias del Ecuador.

En el proyecto técnico realizado por Soria (2019, p. 34), denominado “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta de Lácteos San Jacinto ubicada en el cantón Penipe, provincia de Chimborazo” se logró dimensionar los equipos para disminuir los contaminantes generados por la Planta y se definió el diseño en el que consistió de: un sistema de rejillas, un canal donde se dirigió el agua residual a la trampa de aceites y grasas, de un tanque Imhoff, filtro anaerobio de flujo y eras de secado, mismo que se validó mediante los resultados finales de la caracterización de efluente tratado, en el que se obtuvo valores dentro de la norma establecida.

Sáenz y Zapata (2013, p. 87), en su trabajo de investigación titulada “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la Planta de lácteos Oasis” en el que se realizó la caracterización físico-químico y microbiológico del agua residual. Su tratamiento consistió en clarificar el agua en referencia a las operaciones de tamizado, coagulación-floculación y sedimentación, del cual este sistema para la tratabilidad de agua residual cumplió con todos los parámetros establecidos en la norma y se garantizó la reutilización del agua para la agricultura.

Por otra parte, Rivadeneyra (2015, p.9), realizó el “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la Planta procesadora de Lácteos Asociación Unión Libre” en el que se caracterizó el agua residual de las diversas etapas de producción, mismo que se realizaron pruebas de tratabilidad donde se determinó que para el diseño se implementaría; un sistema de rejillas manuales, trampa de aceites y grasas, floculador y un tanque de sedimentación, diseño en el que se logró reducir los valores de los parámetros y así ayudar a la conservación del medio ambiente de la comunidad.

En base a los resultados obtenidos de varios estudios reportados por los autores mencionados anteriormente sobre el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para las plantas

procesadoras de productos lácteos, es fundamental realizar una caracterización del agua no tratada, ya que mediante esto se podrá determinar el tipo de tratamiento a aplicarse y realizar el diseño respectivo a los cálculos ingenieriles. Además, realizar este diseño trae grandes beneficios a la empresa ya que a más de cumplir con la legislación ambiental ofrece un gran desarrollo económico a la Planta y ayuda a minimizar la contaminación ambiental de su entorno.

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. *Planta procesadora de productos lácteos*

Tipo de industria alimentaria que tiene como materia prima la leche proveniente de la vaca o de otros animales, siendo un complemento alimenticio básico para el ser humano. El progreso de este tipo de industria ha mejorado a la alimentación cotidiana ya que posee una gran variedad de productos derivados de la leche como: queso, yogurt, mantequilla entre otros, por lo que representa una importante fuente de ingreso económico. Este tipo de planta procesadora suelen estar ubicados en los alrededores de las zonas urbanas y cercanas al mercado de consumo o en zonas rurales cercana a la producción de la leche (Pineda, 2013, párr.12).

2.2.2. *Industrialización de la leche*

Los procesos tecnológicos de la Industria láctea han evolucionado y han dado lugar a una serie de productos lácteos como: la leche pasteurizada, yogur, manjar, quesos u otros derivados lácteos, destinados al consumo humano para una mejor calidad de vida.

2.2.2.1. *Leche*

Producto obtenido del ordeño completo de las hembras mamíferas de distintas especies sanas y bien alimentadas. Se puede considerar como uno de los alimentos más completos que existen, ya que contiene proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y sales minerales de alto valor biológico, hasta el punto de constituir el único alimento que consumimos durante una etapa muy importante de nuestra vida. La leche es sometida a tratamientos generales que tienen por objeto destruir los microorganismos patógenos y adecuar su composición para el consumo directo y/o la elaboración de otros productos lácteos (Gómez, 2017, p.17).

2.2.2.2. *Composición de la leche*

La calidad de leche se define por sus aspectos físicos, químicos y organolépticos, así como su valor nutritivo. En la siguiente tabla se expone la composición porcentual de la leche.

Tabla 1-2: Composición de la leche

Componentes	Variación	Promedio
Agua	70,00-90,50	88,00
Grasa	2,20-8,00	4,00
Proteínas	2,70-4,80	3,50
Lactosa	3,60-6,00	4,90
Minerales	0,65-0,90	0,80
Vitaminas	0,6-0,80	0,75

Fuente: (Barragán, 2015, p.65).

2.2.3. *Productos lácteos*

2.2.3.1. *Queso*

Producto que se obtiene a partir de la coagulación de la leche y de la deshidratación de la cuajada. Además, es un alimento rico en proteínas, grasas, vitaminas y algunos minerales como el fósforo importante fuente de calcio que actúa en beneficio de la salud. Para garantizar la inocuidad de estos productos es imprescindible que la elaboración y manipulación de los quesos sean adecuadas y no exista ningún tipo de problema (Gómez, 2017, p.17).

2.2.3.2. *Operaciones en la elaboración del queso fresco*

- **Recepción y tratamiento térmico de la leche:** La leche cruda es transportada en bidones de acero inoxidable, en la que se realizan pruebas de calidad y así garantizar que la leche cumple con sus estándares de calidad siendo apta para el procesamiento (Escobar, 2013, p.7).
- **Filtración:** La operación consiste en hacer pasar el producto a través de una tela para eliminar pelos, pajas, polvo, insectos y otras suciedades que generalmente trae la leche, especialmente cuando el ordeño se realiza en forma manual. Es muy importante destacar que los paños que se usan en esta operación, deben limpiarse frecuentemente para evitar la transmisión de microorganismos a la leche (Escobar, 2013, p.7).
- **Pasteurización:** Proceso por el cual es posible destruir los microorganismos patógenos, mediante la aplicación de calor a temperaturas suficientes para eliminar este tipo de

microorganismos, pero sin alterar los componentes de la leche. Calentar la leche hasta 60 °C y mantener esta temperatura por 30 minutos. Luego enfriar a 37 °C.

- **Inoculación y coagulación:** La leche calentada hasta 33-34° C se le agrega los aditivos (Cuajo líquido y cultivos lácticos mesófilos) y se agita para lograr una distribución homogénea de los aditivos. La mezcla inoculada coagula totalmente a 33-34° C durante un periodo de 30-40 minutos (Escobar, 2013, p.7).
- **Corte manual de la cuajada:** Una vez que se lleva a cabo la coagulación de la leche (33-34 ° C) se procede al corte del producto formado utilizando liras de acero inoxidable provistas de cuerdas de acero inoxidable tensadas, que son las que realizan el corte de la leche cuajada.
- **Desuerado:** Se da previamente 30 minutos de agitación rápida auxiliado con las palas plásticas y 10 minutos de agitación lenta y se procede a realizar el desuerado total del producto a 33-34 ° C durante 45 minutos, haciendo drenar todo el suero contenido del producto (Escobar, 2013, p.7).
- **Salado:** Se debe logra tener en el producto final una concentración de sal de 4.5 %. Se puede añadir sal cuando se tritura el queso y se reintegra el 20 % del suero con una concentración de sal del 7 % peso/volumen.
- **Moldeo y prensado:** El producto salado (33-34° C) es colocado en moldes de acero inoxidable y prensados a 100 PSI en una prensa hidráulica por un periodo de 48 horas. Se utilizan moldes y una prensa.
- **Empaque y almacenamiento:** El producto terminado es empacado en bolsas de Poli-Etileno de Baja Densidad. Por lo general se utiliza el empaque al vacío. Los quesos son llevados al cuarto frío de almacenamiento de producto terminado manteniéndose la temperatura a 4-8° C para garantizar una vida útil de 60 días.

2.2.3.3. *Yogur*

Producto lácteo fermentado, levemente ácido, de cultivo semisólido que es producido por homogenización y pasteurización. La fermentación de la lactosa, contenida en la leche, en ácido láctico es la responsable de la textura y el sabor diferenciado del mismo. El yogurt, es un producto efectivo para restaurar y mantener el funcionamiento normal de nuestro equilibrio intestinal, rico en las vitaminas del complejo B (Pineda, 2021, párr.12).

2.2.3.4. Mantequilla

Derivado lácteo que tiene importancia como alimento por la grasa que contiene. Es una emulsión de grasa y agua que se obtiene gracias al batido intenso de la nata en el que se hallan los glóbulos microscópicos de mantequilla, esos glóbulos están rodeados de unas membranas de ácidos grasos y proteínas, con el batido, esas membranas se rompen, los ácidos grasos quedan libres y ejercen de agente emulsionante. (Barragán, 2015, p.65).

2.2.4. Aguas residuales

Son aquellas aguas que presentan una composición variada de líquidos y elementos contaminantes o impurezas provenientes del sistema de abastecimiento de cualquier población y que han sido modificadas debido a varias actividades como: industriales, municipales, comerciales, pecuarias, agrícolas o de otro tipo de actividad, por lo que han sufrido degradación y han afectado su calidad.

Al momento de su descarga, estas aguas no pueden ser reutilizadas en sus mismos procesos o en varios cuerpos de agua dulce si no se ha realizado un tratamiento previo ya que al ser vertidas en la red de alcantarillado pueden afectar o sufrir alguna alteración los ecosistemas acuáticos o terrestres e incluso afectar la salud humana (Valencia, 2013, p.4).

2.2.5. Agua residual de la industria láctea

Las industrias lácteas generan grandes cantidades de agua para la producción de leche y sus derivados, por lo que la mayor parte del agua que se usa en los procesos productivos acaban como efluentes afectando a los ecosistemas acuáticos y terrestres ya que son descargadas sin ningún tipo de tratamiento. Este tipo de aguas residuales presentan cargas de contaminantes orgánicos muy altos como; aceites, grasas, nitrógeno, fósforo, DBO y DQO (Soria, 2019, p.34).

2.2.6. Procesos generadores de agua residual

2.2.6.1. Recepción de la leche

Antes de almacenar la leche, se realiza una limpieza profunda en los tanques de almacenamiento y los silos para mantener la calidad de la materia prima. Además, se realiza una limpieza del área de trabajo, cisternas y filtros, estos filtros mismo suelen generar residuos sólidos con un gran contenido de grasa (Jiménez, 2019, p. 51).

2.2.6.2. *Tratamientos térmicos*

Al momento en el que se realizar este tipo de tratamiento se producen depósitos de proteínas, mismas que se adhieren a las superficies de los equipos; marmitas y pasteurizadoras y al realizar una limpieza serán arrastradas hacia el sistema de alcantarillado (Jiménez, 2019, p.51).

2.2.6.3. *Producción de quesos y yogures*

Algunas industrias con cuentas con tratamientos individuales para el lactosuero por lo que este suele ser el proceso que posee mayor generación de contaminantes, ya que en su composición posee gran cantidad de material orgánico.

2.2.6.4. *Transporte de los productos lácteos*

Para la producción final, se suele realizar una limpieza en las tuberías transportadoras de la leche a la pasteurizadora por el empuje automático para la eliminación de los residuos.

2.2.6.5. *Limpieza del área de trabajo y equipos*

Estas limpiezas se realizan con sosa cáustica diluida a una temperatura de 85 °C, para la eliminación de grasas mediante la saponificación por arrastre, por lo que estas aguas son vertidas directamente (Escobar, 2013, p.7).

2.2.7. *Caracterización de aguas residuales de las industrias lácteas*

Existen parámetros físicos, químicos y microbiológicos que las plantas procesadoras de productos lácteos deben controlar en sus aguas residuales para cumplir con la norma vigente ambiental. Por ello, las aguas residuales son todas aquellas aguas que han sido usadas en entornos industriales, domésticos, urbanos o ganadería. Contienen gran cantidad de contaminantes ya sean sólidos o disueltos en la propia agua.

2.2.8. *Características físicas*

2.2.8.1. *Color*

Esta característica está relacionada con la edad del agua residual, que se determina cualitativamente. Su coloración depende de la descomposición de materia orgánica y de la mezcla de algunos minerales como el manganeso y el hierro. Se denomina color aparente si es provocado por un material en suspensión (Rivadeneira, 2015, p.9).

2.2.8.2. *Olor*

Estos olores se producen por los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que se depositan en el fondo de los contenedores creando condiciones adecuadas para que los organismos anaerobios produzcan estos gases.

2.2.8.3. *Temperatura*

Es una medida relativa que se refiere a la cantidad de calor que está contenida en el agua residual. Su temperatura es mayor que la del agua de suministro debido a las descargas calientes y afecta al ecosistema acuático si es vertido hacia un cuerpo de agua dulce (Rivadeneira, 2015, p.9).

2.2.8.4. *Turbiedad*

Parámetro que indica la calidad del agua, en el que existe una reducción de transparencia debido a la cantidad de materia en suspensión por lo que dificultan el paso de luz. Además, los valores de la turbidez establecen el grado de tratamiento que necesita la fuente de agua cruda y para mejorar la eficiencia de los procesos de coagulación, filtración y sedimentación (Carpio, 2015, p.10).

2.2.8.5. *Conductividad*

Expresión numérica de la habilidad que tiene una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Estas aguas residuales suelen aumentar su conductividad debido al cambio que se realiza en la cantidad de sustancias disueltas o en la movilidad de sus iones disueltos ya que al conocer este parámetro se puede identificar que tan contaminado está el agua residual.

2.2.8.6. *Sólidos*

Uno de los parámetros más importantes para conocer el grado de contaminación del agua residual ya que es la cantidad de los materiales sólidos que tiene la muestra (Ramos, 2017, p.53).

- *Sólidos totales:* Residuos de materia que se presentan después de la evaporación del agua a 103-105 °C.
- *Sólidos Suspendidos:* Cantidad de materia que se presenta después de la filtración del agua por lo que estos ayudan a aumentar la turbidez.
- *Sólidos sedimentables:* Cantidad de materia orgánica que se sedimenta a la muestra de agua en un determinado tiempo.

2.2.9. *Características químicas*

2.2.9.1. *Potencial de hidrógeno*

El pH es un indicador que determina las condiciones básicas y ácidas del agua residual. Si el agua residual presenta concentraciones de ion de hidrógeno inadecuadas significa que tendrá problemas de tratamiento de depuración con procesos biológicos.

2.2.9.2. *Alcalinidad*

Se define como la presencia de bicarbonatos, carbonatos y de hidróxidos de sodio, calcio, potasio o magnesio. La alcalinidad permite regular los cambios que se generan en el pH debido a la adición de ácidos. Además, es importante realizar este análisis para conocer su concentración y así determinar la capacidad del agua para neutralizar los ácidos (Rivadeneira, 2015, p.11).

2.2.9.3. *Compuestos orgánicos*

Componentes que proceden de la materia orgánica, animal o vegetal. Además, son los responsables del mal olor y sabor de estas aguas.

- *Aceites y grasas:* Compuestos que se genera en las aguas residuales industriales. Si hay presencia en las aguas no se puede realizar procesos biológicos por lo que no existiría desarrollo de la flora.

- *Agentes tensoactivos:* Sustancias que se encargan de disminuir la tensión superficial del agua y son los responsables de la aparición de espuma, misma que suele ser perjudicial para la disolución y absorción del oxígeno en el agua residual.

2.2.9.4. *Compuestos inorgánicos*

Compuestos que son de origen mineral y que suelen presentarse en las aguas residuales:

- *Nitrógeno:* Se presenta como nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos. Estos elementos son considerados como contaminantes ya que suele ser tóxico para el ecosistema acuático.
- *Fósforo:* Elemento importante para el crecimiento biológico, por lo que favorece el proceso de la eutrofización, por lo que es fundamental limitar la cantidad de este elemento ya que puede existir una proliferación incontrolada de algas en las aguas residuales.
- *Cloruros:* La excesiva presencia de cloruro afectaría al medio natural si las aguas residuales no son tratadas correctamente por lo que se consideraría como un indicador de contaminación (Cueva, 2019, p.76).

2.2.10. *Características biológicas*

Las aguas residuales poseen una gran cantidad de microorganismos, estos intervienen en los tratamientos biológicos produciendo la descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica con el fin de realizar el respectivo tratamiento del agua residual. Debido a la gran cantidad de patógenos que existen en el agua se tomó en cuenta a un grupo de microorganismos denominados como bacterias coliformes para ser considerados en el indicador de calidad bacteriológica del agua (Bermeo y Salazar, 2013, p. 98).

- *Coliformes totales:* Se caracterizan por fermentar lactosa y producir ácido y gas.
- *Coliformes fecales:* Subgrupo de los coliformes totales y son capaces de tolerar altas temperaturas y se reproducen en condiciones favorables de pH y temperatura.

2.2.11. *Indicadores de la contaminación orgánica*

Para determinar la cantidad de materia orgánica en el efluente se realiza un análisis de DQO y DBO. El indicador de DQO y DBO denota el estado de calidad del agua de los cuerpos de aguas superficiales con respecto a este parámetro.

2.2.11.1. Demanda química de oxígeno (DQO)

Evalúa la materia orgánica oxidada existente en el agua por medio de un agente oxidante (dicromato de potasio), se enfoca en conocer la concentración de la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual. Su valor será mucho mayor al del DBO debido a que estas sustancias orgánicas se oxidan químicamente y no por procesos biológicos.

2.2.11.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Proceso biológico que determina la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos al momento de proliferar en el agua residual para oxidar y degradar la materia orgánica. Se utiliza para evaluar el grado de contaminación que posee el agua residual y es un parámetro fundamental para el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.2.11.3. Índice de Biodegradabilidad

Para un proceso de depuración de las aguas residuales es importante conocer la cantidad de materia biodegradable que está presente en el efluente de aguas residuales de la industria, por ende, es necesario determinar la relación que existe entre DBO5 y DQO ya que nos indica el posible tratamiento que se le puede aplicar al agua residual para generar un correcto proceso de depuración del mismo.

Tabla 1-2: Análisis del índice de biodegradabilidad

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Tipo de biodegradabilidad	Tipo de tratamiento
> 0,8	Muy biodegradable	Tratamiento biológico
0,5 – 0,8	Biodegradable	Tratamiento Físico-químico o Biológico
< 0,5	Poco biodegradable	Tratamiento Físico-químico.

Fuente: (Bedoya et al., 2014, p.13).

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

2.2.12. Tratamiento de aguas residuales en la Industria Láctea

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos unitarios y operaciones unitarias que tienen como finalidad obtener agua residual tratada con un mayor grado de purificación, eliminando así todo tipo de contaminantes. Por ende, el proceso de tratamiento se

divide en etapas, tales como: pre-tratamiento, primario, secundario y terciario (Bedoya et. al, 2014, p.6). Se describirán algunas alternativas que pueden ser implementadas en el sistema de tratamiento de aguas residuales para escoger el tratamiento más eficiente y que mejor se ajuste al diseño en función de la caracterización del efluente.

2.2.13. Pretratamiento

Este tratamiento tiene como función evitar el paso de materiales y sólidos de gran tamaño como basura, plástico o papeles, mismos que provocarían daños a los equipos en los siguientes procesos.

2.2.13.1. Rejillas

Conjunto de barras que ayudan a retener residuos de gran tamaño como: palos, papeles, vidrio, piedras que se encuentran en el efluente. Para el tratamiento de agua residual se encuentran tanto rejillas finas (10-25 mm) como rejillas gruesas (60-100 mm). Dentro de este sistema de rejilla se pueden tener las de limpieza manual utilizadas para plantas de tratamiento pequeña y rejillas automáticas aplicadas a plantas de tratamiento grande y/o medianos (Bermeo, 2016, p.67).



Figura 1-2: Rejillas manuales

Fuente: (Vallejo, 2013, p.4).

2.2.13.2. Tamiz estático

Este equipo se utiliza para la separación de sólidos en suspensión dentro de los líquidos o para cuando se quiere retener partículas pequeñas de hasta 0,25 mm de tamaño, estos están constituidos por un soporte y una malla de filtrado. Su diseño genera la separación de una fase sólida a una fase líquida, esta herramienta puede ser aplicable en toda clase de aguas, ya sea industrial, potable o residual. Este tipo de tamiz está determinado para trabajar sin energía, es decir, no tienen partes

móviles, los cuales son ideales para ser instalados en zonas donde no hay fluido eléctrico y no se producen desgastes por lo que su mantenimiento es mínimo (Bonilla, 2018, p.63).

2.2.13.3. Trampa de grasa

Este equipo también es conocido como interceptor o separador de grasa, el propósito de una trampa de grasa es recolectar y por lo tanto reducir la cantidad de materiales grasos. Las grasas y aceites tienen una densidad diferente a la del agua por ende estas se pueden separar filtrando cada uno de sus efluentes por diferentes tuberías. Es necesario realizar un tratamiento de este tipo debido a que se evita el daño y permeabilidad de componentes de la planta (Sánchez, 2011, p.59).

2.2.14. Tratamiento primario

Este tratamiento implica la interacción física y reacciones químicas generales, su principal función es el de remover contaminantes mediante procesos de flotación y sedimentación. Además, los procesos eliminan por completo varias características indeseables de las aguas residuales, se considera que por lo menos exista una disminución de un 25%-35% de DBO₅, un 50%-65% de sólidos suspendidos y un 30%-40% de las diferentes bacterias coliformes que existen en la muestra (Manahan, 2007, p.209).

2.2.14.1. Homogeneización

El objetivo de la homogeneización es estabilizar una disolución; en una planta de tratamiento de aguas residuales es indispensable para el tratamiento de residuos con el fin de mantener un caudal constante y así mejorar las características del líquido residual y optimizar los tratamientos químicos y biológicos ya que existen vertidos irregulares, discontinuos o diferentes de un período a otro. La ventaja de un proceso de homogeneización es que no hay cambio en la caracterización del agua, no hay cambio físico-químico y se trabaja con una sola concentración de la muestra contaminada (Harnisth, 2017, p.97).

2.2.14.2. Coagulación-Floculación

Proceso que se lleva a cabo mediante la adición de coagulantes y/o floculantes, permitiendo que las partículas coloidales presentes en el agua residual se aglomeren, de manera que puedan formar flóculos de mayor tamaño, provocando que el agua para bajar su turbiedad y conductividad. Según Alzate (2021, p.12), menciona que los procesos de coagulación y floculación tienen como principal

objetivo la remoción de partículas coloidales del agua utilizando químicos apropiados. Actualmente, los floculantes químicos se usan en la mayoría de los casos, mientras que los floculantes biológicos se usan raramente en la eliminación de nitrógeno, cromo, níquel y DQO (Jiménez, 2019, p.51).

2.2.14.3. Sedimentación

Proceso más utilizado en el tratamiento de las aguas residuales, y es el que complementa a la coagulación-floculación, puesto que permite que los sólidos sedimentables que han precipitado por acción de la gravedad se separen del agua. Debido a que en el tratamiento preliminar no hay una eliminación del 100% de los sólidos en suspensión, es necesaria la utilización de sedimentadores, ya que permiten que las partículas sedimenten por su peso y se pueda obtener un líquido transparente (Mecalf y Eddy, 1995, p.29).

2.2.14.4. Precipitación química

Operación realizada mediante la adición de agentes químicos al agua, consiguiendo la generación de compuestos poco solubles y de fácil sedimentación. Utilizado para optimizar la remoción de sólidos en suspensión y materia orgánica, así como para remover metales pesados como: cromo, cobre, plomo, níquel, nitrógeno y fósforo (Zhao y Chen, 2019, p.102).

2.2.14.5. Neutralización

Las aguas residuales de las industrias tienen un pH alcalino sin importar el tipo de tratamiento. En general, se necesita neutralización para ajustar su pH al rango requerido para el tratamiento posterior. Los métodos de neutralización se clasifican de la siguiente manera:

- Método de neutralización mutua de aguas residuales ácidas y alcalinas.
- Neutralización química.
- Neutralización por filtración.

El método de neutralización química es el más utilizado ya que es eficiente y fácil de controlar. Este método utiliza HCl y NaOH como neutralizadores (Zhao y Chen, 2019, p.110).

2.2.15. Tratamiento secundario

Es un método biológico, que incluye principalmente el tratamiento aeróbico y el tratamiento anaeróbico y tienen como objetivo la destrucción de las moléculas orgánicas disueltas gracias a la actividad metabólica de los microorganismos presentes (Cueva, 2019, p.76).

2.2.15.1. *Lodos o fangos activados*

Proceso aerobio que se fundamenta en el uso de microorganismos, estos crecen en el agua residual y tienen la función de convertir la materia orgánica disuelta en productos más simples tales como; bacterias, dióxido de carbono y agua. Este tratamiento biológico se efectúa en estanques o reactores con una suspensión de microbios que forman lodos activados. Cabe mencionar que en la industria láctea se sugiere que a los lodos se realice una deshidratación para ser aplicados en la agricultura (Valencia, 2013, p.9).

2.2.15.2. *Lechos bacterianos*

Sistema de depuración biológico cuyo funcionamiento se basa en un filtro percolador que consiste en poner el agua residual en contacto con un material inerte en el que se adhieren los microorganismos. Estos lechos suelen tener un gran diámetro que están rellenos de rocas o piezas de cerámica para desarrollar una gran superficie sobre el que se rocía el agua a tratar. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para la separación del efluente (Romero, 2010, p.15).

2.2.15.3. *Aireación*

Proceso biológico mediante el cual se suministra oxígeno al agua residual con la finalidad de aclimatar a los microorganismos que se encuentran presentes en la misma y que serán los encargados de degradar la materia orgánica. Con este proceso se consigue eliminar olores reducir la DBO y la DQO. Durante este proceso la materia orgánica disuelta y finamente dividida se convertirá en flóculos biológicos sedimentables. En cuanto a la elección del tipo de reactor los más utilizados son los de tipo pistón y los de mezcla completa siendo este último el más utilizado por suministrar una adecuada cantidad de oxígeno (Vallejo, 2013, p.45).

2.2.15.4. *Reactor Biológico de Membrana*

Este sistema separa los materiales contaminantes del agua mediante una membrana semipermeable unido con un proceso de fangos. La limitación que presenta este reactor es directamente proporcional a la reducción de nutrientes del proceso de los fangos activos. El principal inconveniente es el elevado costo de su implementación debido a pequeños incrementos

en el consumo de energía y producción de fangos, pero se elimina el 99% de e sólidos en suspensión, el 95% de DQO y el 98% de reducción en DBO₅ (Manahan, 2007, p.32).

2.2.15.5. *Sedimentación secundaria*

La etapa final del tratamiento secundario para el agua residual se lleva a cabo en tanque de sedimentación secundaria que consiste en separar los lodos activados del efluente, por lo que se obtiene agua clarificada con bajo contenido de DBO₅, DQO y sólidos totales. Los tipos de tanques de sedimentación secundaria más empleados en el tratamiento de aguas residuales son los tanques rectangulares y circulares (Vallejo, 2013, p.45).

2.2.16. *Tratamientos terciarios*

Representa la última fase del proceso en el que se trata de eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios con el fin de que el agua residual tratada pueda ser reutilizada o pueda ser devuelta al medio natural. Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico y biológicos que utilizan la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos del efluente final (Rivadeneira, 2015, p.13).

2.2.16.1. *Filtración*

Este proceso se encarga de hacer pasar el agua a través de un medio poroso con el objetivo de conservar la mayor cantidad posible de la materia en suspensión. Los materiales que se utilizan como medios filtrantes es la grava fina, grava gruesa o arena. La adsorción con carbón activado se utiliza para remover las toxinas y eliminar por completo la materia orgánica residual que se obtuvo en el tratamiento biológico (Alzate, 2021, p.34).

2.2.16.2. *Desinfección*

La desinfección del agua se refiere a la eliminación de los microorganismos patógenos causantes de enfermedades que existen en el efluente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua tratada, el tipo y las dosis de desinfectante a utilizar. Los desinfectantes no solo eliminan a los microorganismos, sino que además tienen un efecto residual ya que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la contaminación del agua (Alzate, 2021, p.26).

2.2.16.3. *Lagunaje*

Este tratamiento consiste en distribuir las aguas residuales a una velocidad muy lenta en una serie de estanques impermeables dimensionados de modo que el agua se quede durante unos días, incluso semanas. Las instalaciones de lagunaje permiten optimizar el tratamiento de la contaminación que, en vez de asfixiar la naturaleza, la alimentan. Están constituidas por estanques artificiales que pueden usarse por separado, pero más a menudo en serie para mejorar su eficacia (Morales, 2016, p.13).

2.2.17. *Muestreo del agua residual*

El proceso de muestreo debe ser realizado cuidadosamente con el fin de obtener muestras representativas, cuyos resultados obtenidos determinen la selección adecuada de las distintas etapas del proceso de tratamiento (Ramos, 2017, p.4). Para un correcto muestreo se debe tomar un volumen pequeño, representativo y homogéneo de agua residual para ser llevada al laboratorio y realizar las caracterizaciones físicas, químicas, microbiológicas y el grado de contaminación que tiene el efluente.

2.2.18. *Tipos de muestras*

2.2.18.1. *Muestra simple*

Este tipo de muestra es tomada en un punto específico durante un tiempo de minutos a segundos y representa la composición del agua en un tiempo y un punto determinado en el espacio en la zona de muestreo. Su principal desventaja es que indica la composición del agua en el instante en que fue tomada (Bejarano, 2015, p.78).

2.2.18.2. *Muestra compuesta*

Se describe como muestra compuesta a la mezcla de varias muestras simples tomadas en el mismo punto en diferentes intervalos de tiempo, cuyo volumen en la composición es proporcional al caudal. Se la usa para conocer las condiciones promedio del agua, con el fin de controlar la eficiencia de una PTAR. En general, las muestras compuestas son aptas para indicar el promedio de las variaciones de la contaminación en el agua (Bejarano, 2015, p.45).

2.2.18.3. *Muestra integrada*

Este tipo de muestreo consiste en el análisis de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos de manera simultánea, tan cerca como sea posible, el muestreo debe realizarse de con los caudales medidos al momento de toma de la muestra (Fernández, 2018 párr.6).

2.2.19. *Caudal*

Parámetro fundamental para el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, pues en base a este se diseñará las diferentes instalaciones que componen el sistema de tratamiento. Esta cantidad de fluido representa el volumen de agua que pasa por una sección en una unidad de tiempo. Las unidades que se usan para este parámetro son litros por segundo. La medición de caudales se encuentra incluida en las operaciones físicas unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales (Bermeo, 2016, p.67).

2.2.20. *Métodos para medición de caudal*

La medición de los caudales permite monitorear espacial y temporalmente los afluentes, en lugares estratégicos en los cuales se estime la cantidad de agua que circula en los distintos puntos de la cuenca y se construya una base de datos sobre el manejo integral del agua con los diferentes usuarios del agua (Bermeo, 2016, p.54). Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son:

2.2.20.1. *Método volumétrico*

Utilizado netamente cuando los caudales son pequeños, como son los de surcos de riego o pequeñas acequias. Para su determinación se requiere de un deposito (balde) de volumen conocido; en el cual se toma en cuenta el tiempo que tarda en llenar el mismo. Se recomienda realizar varias veces la determinación de tiempos, con la finalidad de obtener un valor promedio de caudal (Bermeo, 2016, p. 56). En este método se aplica la siguiente ecuación:

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

Ec. 1-2

Donde:

Q = Caudal (L/s)

V = Volumen conocido (L)

t = Tiempo que tarda en llenar el recipiente (s)

2.2.20.2. Método de trayectoria

Este método es usado cuando existe la necesidad de conocer los caudales en tuberías y bombas; es muy fácil y rápida de operar. “La energía del agua que fluye por una tubería se manifiesta por la trayectoria que describe al salir por su extremo libre. La trayectoria tiene dos componentes X e Y, con ellos se obtiene una aproximación aceptable (Jiménez, 2019, p. 51). La ventaja que presenta es su fácil y rápida operación, como se indica en la figura 2-2:

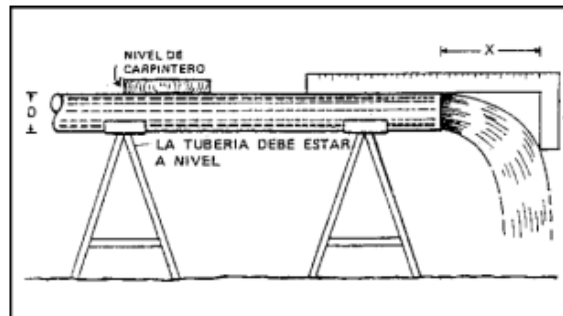


Figura 2-2: Método de la trayectoria

Fuente: (Jiménez, 2019, p.4).

2.2.20.3. Método según los vertederos

Uno de los métodos que da resultados con mayor eficiencia y exactitud son aquellos que utilizan estructuras especiales o vertederos. Se conoce como vertederos a las estructuras con simples aberturas, sobre los cuales fluye un líquido por lo que el caudal está relacionado directamente con el tipo de vertedero que tiene la descarga.

2.2.20.4. Método del flotador

Este método da resultados aproximados, se utilizan para canales y acequias; y relaciona el área de la sección que conduce el agua y la velocidad. Una vez conocida la velocidad del agua y el área del canal, se aplica la siguiente ecuación para determinar el caudal:

$$Q = A * V * 850$$

Ec. 2-2

Donde:

Q = Caudal (L/s)

V = Velocidad del agua (m/s)

A = Área del canal (m²)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ingeniería del proyecto

3.1.1. *Tipo de proyecto*

El presente proyecto se basa en un estudio técnico, relacionado directamente con investigaciones de origen teórico-práctico, mediante el cual se pueda evaluar la situación actual del problema, en este caso, los efluentes de aguas residuales de la Planta procesadora de lácteos sin ningún tratamiento previo, y dar solución a la problemática con la aplicación de procesos y operaciones unitarias para disminuir el contenido de materia orgánica y contaminantes presentes en el efluente, para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales requerido en base al desarrollo de las pruebas de tratabilidad correspondientes.

3.2. Métodos y técnicas

3.2.1. *Métodos*

Para este proyecto técnico se tomó como referencia el método deductivo, inductivo y experimental para identificar las variables correspondientes al presente estudio y que faciliten el desarrollo del diseño y permitan dar soluciones viables como es el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

a. **Método Deductivo:**

Por medio de este método, se localiza el punto de descarga del agua residual donde se genera la contaminación al medio ambiente y los malos olores, partiendo de un diagnóstico previo y pruebas a nivel de laboratorio para reducir los contaminantes liberados al cuerpo de agua dulce dentro de los límites de la norma de ambiental vigente con el propósito de realizar un dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual.

b. Método Inductivo:

Este método implica fundamentos y principios de Operaciones Unitarias para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual, partiendo de la caracterización físico-químico y microbiológico del efluente generado en la Planta de lácteos, mediante el cual se obtendrá el proceso y tratamiento adecuado para su dimensionamiento.

c. Método Experimental:

Dentro de este método se utilizan equipos e instrumentos para realizar los respectivos análisis y pruebas de tratabilidad al agua residual y así plantear un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales generadas en la empresa, mismo que los parámetros que han sido identificados deben dar cumplimiento a la norma ambiental establecida vigente.

3.2.2. Técnicas

En el presente estudio se aplicó varias técnicas establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176 y 2169, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recurso Agua, y los manuales de procedimiento que se encuentra en el Laboratorio de Calidad del Agua que se basa en los métodos AWWA, WPCF, APHA, STANDARD METHODS Y HACH de la actual edición. Además, la caracterización físico-química y microbiológica final del agua residual tratada fueron expedidas al laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo y laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos SAQMIC.

3.2.2.1. Muestreo in situ

Antes de empezar con la muestra de agua residual, se realizó el reconocimiento de las instalaciones para determinar el punto de los efluentes donde convergen las corrientes provenientes de los diferentes procesos de la Planta, sitio en el cual se efectuó el respectivo muestreo. La recolección de muestras se realizó de manera in-situ de acuerdo a la Norma INEN 2176:2013, que describe la calidad del agua, muestreo y los diferentes tipos de muestreo.

Tabla 1-3: Toma y recolección de muestras

Día	Hora	Número de muestras compuestas
Miércoles	8:00 a 12:00 y 14:00 a 16:00	1
Viernes	8:00 a 12:00 y 14:00 a 16:00	1
Sábado	8:00 a 12:00 y 14:00 a 16:00	1
TOTAL DE MUESTRAS		3

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

El tipo de muestra a utilizar en el presente trabajo de investigación es la muestra compuesta, que comprende la combinación de varias muestras simples recolectadas en el mismo punto de muestreo. Cada muestra fue recolectada desde las 8:00 hasta las 16:00, en intervalos de 1 hora, teniendo así 8 muestras simples en el día para obtener 1 muestra compuesta representativa. Además, la toma de muestras se realizó durante 3 días para alcanzar resultados concretos en su caracterización.

3.2.2.2. *Manejo y conservación de muestras*

En esta sección se llevó a cabo la Norma INEN 2169:2013, que describe sobre el manejo y la conservación de las muestras. El recipiente donde se colocó la muestra de agua residual se lavó con agua destilada para eliminar el polvo y residuos de la botella para no alterar sus características. La muestra se conservó a una temperatura inferior a la que fue recolectada. Para el transporte de las muestras se ubicó en una caja térmica (cooler) para evitar la degradación hasta la realización de sus respectivos análisis en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.2.2.3. *Técnicas de análisis físico-químico*

Tabla 2-3: Determinación del pH

Fundamento	Determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrón patrón de hidrógeno y otro de referencia.
Técnica	STANDARD METHODS 4500-H ⁺ B
Equipo	pH-metro
Materiales	Vasos de precipitación de 50 ml
Reactivos	Solución Buffer Agua destilada Muestra de agua residual
Procedimiento	Colocar la muestra del agua residual en un vaso de precipitación Calibrar el equipo utilizando la sustancia buffer Introducir el electrodo en la muestra Registrar la lectura del valor una vez que se estabilice

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 3-3: Determinación de la Temperatura

Fundamento	Se fundamenta en la dilatación térmica del metal, en el termómetro de Celsius consta una escala, marcado cada 0,1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica que permite un equilibrio rápido
Técnica	STANDARD METHODS 4500-H ⁺ B
Equipo	Termómetro
Materiales	Vasos de precipitación de 50 ml
Procedimiento	Sumergir el bulbo del termómetro en la muestra Esperar la estabilización Leer directo el valor que se muestra en el termómetro

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Materiales	Embudo de separación Caja Petri	Matraz de destilación Trípode
Reactivos	Hexano Muestra de agua residual	
Procedimiento	Colocar 250 ml de la muestra en el embudo de separación Añadir 30 ml de disolvente (hexano) Agitar hasta lograr una mezcla homogénea Dejar reposar el embudo sostenido a un trípode, hasta que las capas se separen. Destilar el disolvente Colocar el residuo en una caja Petri y evaporar Pesar el residuo secado	
Ecuación de cálculo		
$mg\ aceites\ y\ grasas/L = \frac{W_r}{W_s} \quad Ec. 1-3$		
Donde:		
W_r = Peso total de la caja Petri y el residuo (no la tara de la caja)		
W_s = Volumen inicial de la muestra		

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 7-3: Determinación de Fósforo total

Fundamento	El fósforo en el agua puede encontrarse en combinación con la materia orgánica, por lo que su determinación implica la oxidación de toda la materia orgánica presente y se encuentre bajo forma de ortofosfato.
Técnica	STANDARD METHODS 4500-P-E mod
Equipo	Reactor DRB200
Materiales	Tubos Test N tuve Pipeta TenSette 1-10 ml Cuentagotas de polietileno Gradilla de tubo
Reactivos	Agua destilada Muestra de agua residual Reactivo de persulfato de potasio Hidróxido de sodio 1.54 N Reactivo de molibdo vanadato
Procedimiento	Encender el reactor DRB200 con la opción de 542 P total RA TNT

	<p>Preparar del blanco: Añadir 5.0 ml de agua destilada en un tubo Test N Tube de fósforo total</p> <p>Añadir el contenido de reactivo de persulfato de potasio a cada tubo</p> <p>Colocar los tubos en el reactor y esperar 30 minutos</p> <p>Dejar enfriar a temperatura ambiente (18-25 °C)</p> <p>Añadir 2.0 ml de hidróxido de sodio 1.54 N a cada tubo</p> <p>Con un cuentagotas de polietileno, añadir 0.5 ml de reactivo de molibdovanadato a los dos tubos</p> <p>Colocar en el reactor los dos tubos en un período de 7 minutos</p> <p>Medir la muestra en los siete a nueve minutos, minuto que finaliza la reacción.</p>
--	--

Fuente: (HACH COMPANY, 2000).

Tabla 8-3: Determinación de nitrógeno total, Kjeldahl

Fundamento	Se encuentra en forma de nitrógeno orgánico y amoniacal, estos compuestos se convierten en sales de amoníaco por la acción del ácido sulfúrico y el peróxido de hidrógeno.
Técnica	STANDARD METHODS 4500-N-B mod
Equipo	Equipo de digestión digesdahl Equipo HACH
Materiales	Probetas de 25 ml Vasos de precipitación Cuentagotas de polietileno
Reactivos	Muestra de agua residual Agua destilada Indicador TKN Hidróxido de sodio 1,0 N Estabilizador de mineral Reactivo Nessler
Procedimiento	Digerir una muestra de agua residual en el equipo de digestión Digesdahl y digerir una cantidad igual de agua destilada Colocar con la pipeta 10 ml de la muestra digerida y el blanco en dos probetas diferentes Agregar una gota de indicador TKN a cada probeta Añadir de gota a gota hidróxido de sodio 1,0 N a cada probeta hasta que sea visible el primer color (azul)

	<p>Llenar agua destilada hasta completar 20 ml de ambas probetas.</p> <p>Agregar 3 gotas de estabilizador mineral a cada probeta y agitar varias veces.</p> <p>Añadir 3 gotas de agente dispersor de alcohol polivinílico a cada probeta y agitar.</p> <p>Llenar ambas probetas con agua destilada hasta marcar los 25 ml de la probeta</p> <p>Colocar 1 ml de reactivo Nessler a cada probeta, tapar y agitar varias veces para evitar una solución brumosa.</p> <p>Ubicar el blanco en el equipo, del cual arrojará un valor de cero</p> <p>Colocar la muestra preparada en el soporte de celdas</p> <p>Anotar el resultado que se mostrará en la pantalla en mg/l de nitrógeno Kjeldahl total como N.</p>
--	--

Fuente: (HACH COMPANY, 2000).

Tabla 9-3: Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Fundamento	Determina la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica de la muestra de agua usando una población microbiana heterogénea en un período de 5 días.
Técnica	STANDARD METHODS *5210 B
Equipo	Equipo de DBO
Materiales	Frascos winkler de 300 ml Cápsula magnética Probeta
Reactivos	Sobre buffer de nutrientes Cápsula de NaOH Agua destilada
Procedimiento	<p>En una probeta diluir 10 ml de muestra con 100 ml de agua destilada</p> <p>Realizar el mismo procedimiento hasta obtener 200 ml de muestra diluida.</p> <p>Colocar 150 ml de la dilución en el frasco winkler</p> <p>Añadir el sobre buffer de nutrientes e introducir la cápsula magnética</p> <p>En el tapón colocar la cápsula de NaOH y sellar el frasco</p> <p>Enrosca el cabezal de medición y ajustar las condiciones de incubación en el equipo</p> <p>Colocar la botella en el equipo y encender</p> <p>Tomar la lectura de los datos obtenidos en el cabezal de medición en un período de 5 días.</p>

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 10-3: Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Fundamento	Determina la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas.
Técnica	STANDARD METHODS 5220 - D
Equipo	Termorreactor Espectrofotómetro
Materiales	Vaso de precipitación Pipeta Viales de vidrio de 16 mm
Reactivos	Solución patrón de absorbancia Solución patrón ftalato ácido de potasio Muestra de agua residual
Procedimiento	Agitar el vial de la solución blanca y colocar en la gradilla Tomar 2 ml de muestra de agua para añadir en el vial de vidrio Tapar y homogenizar el contenido del vial Encender el termorreactor a la temperatura de 148 ± 2 °C Colocar el vial en el equipo por 2 horas Al terminar la reacción, dejar enfriar Limpiar las paredes externas del vial con agua destilada Seleccionar el método en el espectrofotómetro y calibrar con la solución blanca. Medir y anotar el resultado mostrado en la pantalla del equipo

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 11-3: Determinación de Sólidos sedimentables

Fundamento	Determina la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse en el fondo de un recipiente a partir de un volumen dado de una muestra en un tiempo determinado.
Técnica	STANDARD APHA 2540 B
Materiales	Cono Imhoff Vaso de precipitación
Reactivos	Muestra de agua residual
Procedimiento	Homogenizar la muestra de agua destilada Colocar en el cono Imhoff hasta la línea de aforo (1 L) Dejar sedimentar durante 45 minutos

	Después del tiempo transcurrido, remover suavemente las paredes del cono con una varilla y dejar reposar 15 minutos Registrar el volumen de sólidos sedimentables en el cono.
Ecuación de cálculo	
$SS (mg/L) = mg/L \text{ de materia suspendida} - mg/L \text{ de materia no sedimentable}$	
Ec. 2-3	

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 12-3: Determinación de Sólidos en suspensión

Fundamento	Método que se aplica la espectrofotometría para determinar la presencia de sólidos que se encuentran en suspensión en la muestra.
Técnica	HACH 8006
Equipos	Espectrofotómetro HACH Celdas de medición
Materiales	Cono Imhoff Vaso de precipitación
Reactivos	Muestra de agua residual Agua destilada
Procedimiento	Seleccionar en el espectrofotómetro HACH la opción de sólidos suspendidos. Añadir 10 ml de agua destilada (blanco) en la celda y colocar en el equipo Seleccionar la opción cero para encerrar el equipo. En otra celda, añadir 10 ml de muestra de agua residual en la celda, colocar en el equipo y seleccionar la opción medición. Registrar el valor de la medición mostrada en la pantalla.

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Tabla 13-3: Determinación de sólidos totales

Fundamento	Determina la materia que permanece como residuo después de la evaporación y del secado a 103-105 °C
Técnica	STANDARD METHODS *2540 B
Equipos	Balanza analítica Equipo Baño María Estufa

Materiales	Caja Petri Vaso de precipitación Desecador
Reactivos	Muestra de agua residual
Procedimiento	Colocar la caja Petri en la estufa durante 1 hora. Después del tiempo transcurrido, enfriar en el desecador en un largo tiempo. Pesar y registra el peso 1 Homogenizar la muestra y añadir 25 ml en la caja Petri Situvar la caja con la muestra de agua a baño maría para su sequedad Colocar la caja en la estufa a una temperatura de 103-105 °C por 1 hora y después, dejar enfriar en el desecador Al finalizar el tiempo, pesar y registrar el peso 2 Registrar el procedimiento hasta obtener un peso constante
Ecuación de cálculo	
$mg \frac{ST}{L} = \frac{(A \times B)1000}{V} \quad \text{Ec. 3-3}$	
Donde:	
A = Peso de la muestra seca + peso de la caja Petri (mg)	
B = Peso de la cápsula inicial (mg)	
V = Volumen de la muestra (ml)	

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

3.2.2.4. Técnicas de análisis microbiológicos

Tabla 14-3: Determinación de Coliformes fecales

Fundamento	Bacterias del grupo de los coliformes totales, su género predominante es <i>Escherichia</i> y están presentes en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, así como también en ausencia de contaminación fecal.
Técnica	HACH DR 2800
Equipos	Cámara incubadora
Materiales	Placas compact dry
Reactivos	Medio de cultivo Ampollas m-ColiBlue24®Broth
Procedimiento	Desinfectar el área de trabajo con alcohol y agua destilada Añadir 10 ml de la muestra de agua residual Dispensar la muestra en el medio de cultivo m-ColiBlue24®Broth para realizar la primera dilución.

	<p>Realizar una dilución de 10^{-4}, es decir, 1 ml de muestra en 9 ml del medio cultivo.</p> <p>Deja reposar por 15 minutos</p> <p>Tomar una placa compact dry para coliformes totales y colocar 1 ml de la muestra preparada con la ayuda de una micropipeta</p> <p>Incubar a 37 °C por 24 horas</p> <p>Interpretar los resultados: colonias de coliformes fecales crecen como colonias de color azul o verde.</p> <p>Reportar los resultados.</p>
--	---

Fuente: (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

Tabla 15-3: Determinación de Coliformes totales

Fundamento	Este grupo incluye especies fecales y ambientales, la presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproblicación o bien la contaminación de materias extrañas.
Técnica	HACH DR 2800
Equipos	Cámara incubadora
Materiales	Placas compact dry Micropipeta
Reactivos	Medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth Muestra de agua residual
Procedimiento	<p>Desinfectar el área de trabajo con alcohol y agua destilada</p> <p>Añadir 10 ml de la muestra en el medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth</p> <p>Realizar una dilución de 10^{-4}</p> <p>Deja reposar por 15 minutos</p> <p>Tomar una placa compact dry para coliformes totales y colocar 1 ml de la muestra preparada con la ayuda de una micropipeta</p> <p>Incubar a 37 °C por 24 horas</p> <p>Interpretar los resultados: colonias de coliformes totales crecen como colonias de color lila.</p> <p>Reportar los resultados.</p>

Fuente: (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

3.2.2.5. Ensayos de tratabilidad a nivel de laboratorio

Tabla 16-3: Trampa de grasa

Fundamento	Permite la separación de las grasas y aceites del efluente por flotación, mientras que los sólidos en suspensión se depositan en el fondo de la trampa, por lo que el resto del efluente sale con poca materia grasa.
Equipos	Cronómetro
Materiales	Botellas plásticas Tubos PVC de 16 cm, 8cm y 4 cm 6 codos 4 tubos T Pegamento para tubo
Sustancia	Agua residual
Procedimiento	<p>Elaboración del prototipo de la trampa de grasa</p> <p>Se recorta 7 tubos PVC de 16 cm, 4 tubos de 8cm y 2 tubos de 4 cm</p> <p>Se recorta los picos de las 4 botellas de plástico y a los dos lados se realiza un pequeño corte circular, un pico se utilizará como embudo</p> <p>Para su ensamblaje, en el embudo se aplica una tapa con un pequeño orificio donde se coloca un adaptador en el cual se une el codo, el tubo de 4 cm que pasa por el orificio de la primera botella, y dentro de la botella se coloca el otro codo con el tubo de 16 cm.</p> <p>En la segunda celda, se coloca un tubo de 16 cm, se ensambla con un tubo T y se une un tubo de 8 cm ensamblado con el tubo T, que pasa por el orificio de la segunda botella y dentro de la botella se coloca el codo.</p> <p>Se realiza el mismo procedimiento para la tercera celda.</p> <p>En la cuarta celda, se coloca un tubo de 16 cm que se ensambla con el tubo T unida a un tubo de 8 cm, en el que el efluente saldrá libre de materias grasas.</p> <p>Se coloca pegamento en todas las conexiones de tubos</p> <p>Finalmente, se añade el agua residual en la primera cámara y se determina el tiempo de retención de la trampa de grasa.</p>

Fuente: (Sánchez, 2011, p.78).

Tabla 17-3: Aireación

Fundamento	Proceso que consiste en agregar aire para permitir la biodegradación aeróbica de los componentes contaminantes.
Equipos	Bomba al vacío
Materiales	Manguera Recipiente plástico Tiras medidoras de pH
Sustancia	Agua residual
Procedimiento	Colocar el agua residual final tratada de la trampa de grasa en un valde de 10 L. Inyectar aire mediante una bomba al vacío en intervalos de 1 hora durante 1 día. Medir el pH cada 5 horas Transcurrido el tiempo, dejar sedimentar por 12 horas para mejorar su turbiedad

Fuente: (Jiménez, 2019, p.5).

Tabla 18-3: Test de jarras

Fundamento	Tratamiento que determina las dosificaciones óptimas de coagulante y floculante a suministrar en las aguas residuales, específicamente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente.
Equipos	Prueba de jarras pH-metro Turbidímetro
Materiales	Vaso de precipitación de 1000 ml Probeta graduada Jeringuillas de 10 ml Varilla de agitación
Reactivos	Agua destilada Agua residual Coagulante: <ul style="list-style-type: none"> • Cloruro férrico al 3% • Policloruro de aluminio al 3% • Sulfato de aluminio al 3% Floculante: Polielectrolito al 1% Hidróxido de sodio 1N

Procedimiento	<p>Medir el pH y la turbiedad de la muestra de agua residual aireada.</p> <p>Añadir 1L de la muestra de agua en las 4 jarras</p> <p>Colocar las paletas de agitación en cada jarra</p> <p>Encender el equipo</p> <p>Colocar 5 ml de los diferentes coagulantes en las jeringuillas y 1 ml de floculante</p> <p>Añadir las dosis determinadas de coagulante y floculante en cada jarra</p> <p>Realizar la agitación a 200 rpm en 3 minutos</p> <p>Disminuir la agitación a 30 rpm por 10 minutos</p> <p>Suspender la agitación y retirar las paletas de agitación</p> <p>Dejar reposar las muestras por 30 minutos para su sedimentación</p> <p>Tomar la muestra de cada jarra, determinar su turbidez y pH</p> <p>Repetir el procedimiento descrito, pero con 3 ml de los diferentes coagulante y 1 ml de floculante.</p> <p>Comparar los valores del pH y la turbidez de cada muestra para seleccionar las sustancias adecuadas para el tratamiento.</p>
----------------------	---

Fuente: (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

3.2.3. *Determinación del caudal*

La medición del caudal de descarga del efluente se realizó en los días de mayor producción (miércoles, viernes y sábado) empleando el método volumétrico mediante el uso de implementos como un recipiente con capacidad de 10L y un cronómetro, en el que se aplicó aforaciones directas sobre el punto de descarga del efluente para medir el tiempo transcurrido en la recolección del volumen de la muestra.

Tabla 19-3: Medición de caudales del agua residual

Fecha	Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Promedio (L/s)
01/06/2022	08:00 a.m.	10,00	30,00	0,33	0,26
	09:00 a.m.	10,00	55,00	0,18	
	10:00 a.m.	10,00	28,14	0,35	
	11:00 a.m.	10,00	59,26	0,17	
	12:00 a.m.	10,00	32,07	0,31	
	14:00 a.m.	10,00	67,83	0,15	
	15:00 a.m.	10,00	25,45	0,39	

	16:00 a.m.	10,00	49,02	0,20	
17/06/2022	08:00 a.m.	10,00	29,30	0,34	0,25
	09:00 a.m.	10,00	56,30	0,18	
	10:00 a.m.	10,00	58,22	0,17	
	11:00 a.m.	10,00	75,01	0,13	
	12:00 a.m.	10,00	49,30	0,20	
	14:00 a.m.	10,00	26,04	0,38	
	15:00 a.m.	10,00	45,00	0,22	
	16:00 a.m.	10,00	27,90	0,36	
09/07/2022	08:00 a.m.	10,00	42,25	0,24	0,28
	09:00 a.m.	10,00	28,10	0,36	
	10:00 a.m.	10,00	45,01	0,22	
	11:00 a.m.	10,00	63,07	0,16	
	12:00 a.m.	10,00	26,19	0,38	
	14:00 a.m.	10,00	37,12	0,27	
	15:00 a.m.	10,00	40,29	0,25	
	16:00 a.m.	10,00	28,05	0,36	
PROMEDIO TOTAL (L/s)					0,26

Realizado por: Illicachi, Tamyra, 2022.

El monitoreo del caudal se realizó los días miércoles, viernes y sábado, obteniendo un caudal promedio de 0,26 L/s, como se observa en la Tabla 19-3.

3.2.4. Caracterización físico-químico y microbiológico del agua residual

Los análisis tanto físicos como químicos de 3 muestras de agua residual del día miércoles, viernes y sábado, se realizó en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias y el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, mientras que los análisis biológicos se enviaron al Laboratorio SAQMIC, tal y como se evidencia en el Anexo A y ANEXO B. Los resultados obtenidos de la caracterización se describen en la siguiente Tabla:

Tabla 20-3: Caracterización inicial del agua residual de muestras compuestas

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Valor promedio
Temperatura	°C	15,26	16,39	15,89	15,85
Potencial de hidrógeno	UND	5,18	4,72	5,46	5,12
Turbiedad	NTU	475,00	386,00	573,00	478,00
Conductividad eléctrica	uS/cm	3.377	2.829	3.482	3.229
Aceites y grasas	mg/L	298,40	325,60	315,20	313,07
Cloruros	mg/L	5,30	8,90	7,25	7,15
Sólidos sedimentables	mg/L	9,10	13,80	15,40	12,76
Sólidos suspendidos	mg/L	628,00	521,00	702,00	617,00
Sólidos totales	mg/L	1.895	2.068	2.209	2.057
Nitrógeno total	mg/L	102,40	114,30	125,02	113,91
Fósforo total	mg/L	2,20	4,86	5,09	4,05
DQO	mg/L	5.780	7.504	6.124	6.469
DBO	mg/L	3.640	5.990	4.298	4.643
Coliformes fecales	UFC/100 ml	1.250	1.400	1.320	1.323,3

Realizado por: Illicachi, Tamyra, 2022.

Estos análisis se determinaron mediante la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al Recurso agua de la Tabla 10: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Además, se realizó una comparación entre los valores promedios obtenidos en la muestra inicial y los parámetros que se establecen en la Norma Ambiental Vigente.

Tabla 21-3: Caracterización promedio inicial del agua residual y los límites establecidos de la Norma Ambiental

Determinaciones	Unidades	Método	Valor promedio obtenido en la caracterización	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	-	15,85	< 35
*Potencial de hidrógeno	.....	STANDARD METHODS 4500-B	5,12	6-9
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	478,00	.....
Conductividad eléctrica	uS/cm	PE-LSA-02	3.229	.....
*Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	313,07	30,00
Cloruros	mg/L	STANDARD METHODS 4500-CI-E	7,15	1.000
Sólidos sedimentables	ml/L	STANDARD METHODS 2540-F	12,76	20
*Sólidos suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2530-D	617,00	130
*Sólidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2530-B	2.057	1.600
*Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	113,91	50,00
Fósforo total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-P-E	4,05	10,00

*Demanda Química de Oxígeno	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	6.469	200
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	4.643	100
*Coliformes Fecales	UFC/100ml	Membranas filtrantes	1.323,3	Remoción > 99,9%

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

Como se observa en la Tabla 21-3, los parámetros que se encuentran fuera del rango permisible de la Norma de Calidad Ambiental son: DBO₅=4.643 mg/l, DQO= 6.469 mg/l, aceites y grasas=313,07 mg/L, sólidos suspendidos= 617,00 mg/L, sólidos totales= 2.057 mg/L, nitrógeno total= 113,91mg/L y coliformes fecales= 1.323,3 UFC/100 ml.

Mediante este análisis inicial del efluente, se aplicó las diferentes pruebas de tratabilidad para disminuir la materia orgánica y la carga contaminante del mismo.

3.2.5. Índice de Biodegradabilidad

La relación que existe entre la DQO y DB₅ es de gran importancia debido a que nos indica la biodegradabilidad de la materia orgánica presente en el efluente y el tipo de tratamiento que se aplica al agua residual. Este índice fue calculado aplicando la Ecuación 4-3 y analizado en base a los criterios de la Tabla 22-3.

Tabla 22-3: Análisis del índice de biodegradabilidad

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Tipo de biodegradabilidad	Tipo de tratamiento
> 0,8	Muy biodegradable	Tratamiento biológico
0,5 – 0,8	Biodegradable	Tratamiento Físico-químico o Tratamiento biológico
< 0,5	Poco biodegradable	Tratamiento Físico-químico

Fuente: (Bedoya et al., 2014, p.6).

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

Tabla 23-3: Concentración de DBO₅ y DQO en el agua residual inicial

Parámetro	Valor promedio	Límite máximo permisible	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4.643	100	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	6.469	200	mg/L

Realizado por: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.5.1. Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual inicial

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{\text{DBO}_5}{\text{DQO}}$$

Ec. 4-3

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{4.643}{6.469}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 0,72$$

El índice de biodegradabilidad del agua residual es de 0,72, según la Tabla 23-3 nos indica que el efluente es de naturaleza biodegradable, siendo adecuado aplicar un tratamiento fisicoquímico.

3.2.6. Elección del tipo de tratamiento

Al realizar los respectivos análisis tanto físicos, químicos como microbiológicos (ver Tabla 20-2 y Tabla 21-3 respectivamente), se observó que algunos parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al recurso Agua.

Con base al valor obtenido en el índice de biodegradabilidad, según la Tabla 23-3 se recomienda aplicar un tratamiento fisicoquímico para el efluente y reducir la carga contaminante en su totalidad. Este sistema de tratamiento consiste de tres etapas: etapa de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. Además, en el proceso de tratamiento se debe aplicar pruebas de dosificación en el que se utilizará el test de jarras que se encuentra en el Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias.

3.2.7. Pruebas de tratabilidad

Al evaluar el índice de biodegradabilidad en base a los criterios que se presentan en la Tabla 23-3, se optó por un tratamiento fisicoquímico. Se procedió a realizar ensayos de tratabilidad a nivel de laboratorio para reducir la carga contaminante del efluente y cumpla con todos los parámetros establecidos en la Norma ambiental vigente. Estas pruebas tienen como objetivo simular a gran escala el proceso de tratamiento del agua residual que se implementará en la Planta de lácteos. Además, determinan las condiciones adecuadas de los insumos, condiciones operativas de los tratamientos químicos a aplicarse y los parámetros de diseño para el sistema de tratamiento.

3.2.7.1. Sistema de rejilla (malla)

En el canal de salida del agua residual, se simuló un sistema de rejillas mediante una malla en el que se retuvo sólidos de gran tamaño y se eliminó la materia flotante mayores a 8 mm.

3.2.7.2. Trampa de grasa

Al eliminar los sólidos de gran tamaño, se realizó un prototipo de trampa de grasa con 4 cámaras construido de forma manual, procedimiento que se puede observar en la Tabla 16-3. La muestra de agua fluyó lentamente en cada una de las cámaras. Este tratamiento comienza con el proceso de flotación que retiene los aceites y grasas, mientras que, por sedimentación, retiene los sólidos en suspensión y se depositan en el fondo de la cámara. El tiempo de retención de 30 litros de agua residual fue de 4 minutos.



Ilustración 1-3: Prototipo de la trampa de grasa

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

3.2.7.3. Aireación

Con el tratamiento de aireación se logró eliminar un 60% la grasa que contenía el agua residual, el aire fue suministrado mediante una bomba al vacío en intervalos de 1 hora durante 2 días. Además, mediante este proceso se eliminó el olor que desprendía la muestra de agua. Posteriormente, la muestra final se aplicó a un tratamiento químico para encontrar la mejor dosificación del coagulante y así disminuir el valor de DQO.



Ilustración 2-3: Proceso de aireación

Realizado por: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.7.4. Prueba de jarras

➤ Selección del coagulante

Se realizó la prueba de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante, la cual representa un menor consumo del compuesto químico y una menor turbidez. Esta prueba de jarras se realizó con tres tipos de coagulantes a 200 RPM por 3 minutos. Según Díaz et al. (2017, p.34), los 200 RPM se establece como las mejores revoluciones para la mezcla de coagulantes químicos y la formación de flocs.

Tabla 24-3: Ensayo de tratamiento con Cloruro férrico al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	ml					
1	90	3	2	4,59	463	5,05	312
2	150	5	2	4,59	463	5,89	247
3	240	8	2	4,59	463	6,33	114
4	300	10	2	4,59	463	6,75	95
5	360	12	2	4,59	463	7,04	82

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

Como se observa en la Tabla 24-3, se preparó 5 muestras de agua residual con diferentes dosis de Cloruro férrico al 3% a una agitación de 200 RPM, en que se ajustó el pH con 2 ml de NaOH a una concentración de 1N. Se obtuvo que al aplicar 360 PPM de coagulante, la turbiedad disminuye desde 463 NTU hasta 82 NTU, en el que también se determinó un pH óptimo de 7,04.

Tabla 25-3: Ensayo de tratamiento con Sulfato de aluminio al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	ml					
1	90	3	2	4,59	463	5,21	109
2	150	5	2	4,59	463	6,09	51
3	240	8	2	4,59	463	7,85	36
4	300	10	2	4,59	463	8,00	42
5	360	12	2	4,59	463	8,23	48

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

Se mantuvo constante la velocidad de agitación 200 RPM por 3 minutos, variando las dosificaciones de sulfato de aluminio al 3%, en el que se ajustó el pH con 2 ml de NaOH. Tal y como se observa en la Tabla 25-3, al dosificar 240 PPM de coagulante, la turbiedad disminuye de 463 NTU hasta 36 NTU obteniendo un pH óptimo de 7,85, por lo que se considera que su carga contaminante es menor.

Tabla 26-3: Ensayo de tratamiento con Policloruro de aluminio al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	MI					
1	90	3	2	4,59	463	6,21	58
2	150	5	2	4,59	463	7,42	23
3	240	8	2	4,59	463	7,72	25
4	300	10	2	4,59	463	7,96	28
5	360	12	2	4,59	463	8,01	32

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

Se mantuvo constante la velocidad de agitación de 200 RPM, variando las dosificaciones de Policloruro de aluminio al 3% con un ajuste de pH de 2 ml de NaOH. Según los datos obtenidos en la tabla 26-3, se determinó que la muestra 2 con una concentración de 150 PPM, presenta un valor más bajo de turbidez disminuyendo de 463 NTU a 23 NTU, con un pH óptimo de 7,42, por lo que se considera que tiene una mejor eficiencia en la remoción de la carga contaminante.

Con base al test de jarras realizado con los 3 diferentes coagulantes, se determinó que el PAC con una concentración de 150PPM es el coagulante más óptimo para la clarificación del agua residual y la remoción de la mayor cantidad de sólidos en suspensión.

➤ *Adición de floculante*

Al seleccionar el coagulante más efectivo, se adicionó un floculante aniónico (polielectrolito) a diferentes dosificaciones para una precipitación total y así eliminar toda la materia suspendida presente en el agua residual industrial.

Tabla 27-3: Dosificación del floculante aniónico

N° de muestras	Concentración del floculante aniónico		Concentración del coagulante PAC	Turbidez (1 hora)
	ml	ppm			ppm
1	1	2	150	9,36
2	2	4	150	8,83
3	3	6	150	8,12
4	4	8	150	9,05

Realizado por: Illicachi Tamyá, 2022.

Según los datos obtenidos en la Tabla 27-3, se determinó que en la muestra 3, el floculante aniónico a una concentración de 6 ppm es el más eficiente, debido a que se obtienen una turbiedad final de 8,12 NTU. Además, se eligió una dosis mínima de floculante con el fin de reducir costos y su alta eficiencia en la reducción de la carga contaminante del efluente.



Ilustración 3-3: Test de jarras

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

3.2.7.5. Prueba de sedimentación

Una vez realizado el proceso de coagulación-floculación, se dejó sedimentar, proceso en el que los sólidos por la aplicación de los productos químicos se decantaron y se ubicaron en la base del vaso de precipitación, logrando conseguir una buena remoción de turbiedad y color. Los datos de la prueba de sedimentación se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 28-3: Prueba de sedimentación

Volumen (ml)	1000	800	600	400	200	180	160	140	120
Tiempo (min)	0	6	10	15	28	33	41	48	60

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

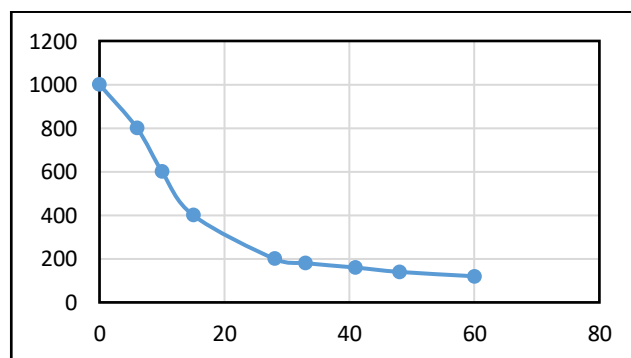


Gráfico 1-3: Curva de sedimentación

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En base a la Tabla 28-3 y el Gráfico 1-3, se determinó que el volumen de los flóculos formados (PAC al 3% y polielectrolito al 1%) es de 120 ml y el tiempo que tardó en sedimentar completamente es de 1 hora.

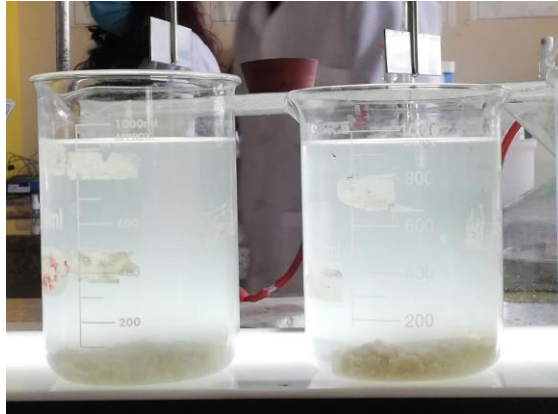


Ilustración 4-3: Sedimentación

Realizado por: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.8. *Cálculos ingenieriles para el tratamiento del agua residual*

Al determinar las pruebas de tratabilidad del agua residual, es importante dimensionar los equipos que se aplicaran en el sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que es fundamental determinar el caudal del agua residual que se produce en la Planta láctea y dependiendo de este parámetro dimensionar los equipos y la cantidad del coagulante a utilizar.

3.2.8.1. *Cálculo del caudal*

➤ Caudal experimental

Este tipo de caudal se determinó mediante el método volumétrico

$$Q_{\text{exp}} = \frac{V}{t}$$

Ec. 5-3

Donde:

Q_{exp} = Caudal experimental (L/s).

V = Volumen, (10 L). Valor considerado en la Tabla 19-3.

t = Tiempo, (38,40 s). Valor considerado en la Tabla 19-3.

$$Q_{\text{exp}} = \frac{10 \text{ L}}{38,40 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{exp}} = 0,26 \text{ L/s}$$

➤ Caudal Mayorado

$$Q_{Ma} = Q_{Exp} * F_M$$

Ec. 6-3

Donde:

Q_{MA} = Caudal mayorado (L/s).

Q_{Exp} = Caudal experimental, (0,26 L/s).

F_M = Factor de mayorización, (0,3, valor adimensional)

Según Alvarado (2017, p.23), para calcular el caudal mayorado se requiere un factor de mayorización o de seguridad del 30% en base a los proyectos realizados.

$$Q_{Ma} = (0,26 \text{ L/s})(0,30)$$

$$Q_{Ma} = 0,078 \text{ L/s}$$

➤ Caudal de diseño

$$Q_D = Q_{EXP} + Q_{Ma}$$

Ec. 7-3

Donde:

Q_D = Caudal de diseño (L/s).

Q_{EXP} = Caudal experimental, (0,26 L/s).

Q_{Ma} = Caudal mayorado del agua residual, (0,078 L/s).

$$Q_D = (0,26 + 0,078)L/s$$

$$Q_D = 0,338 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 0,000338 \text{ m}^3/s$$

$$Q_D = 6,10 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_D = 1,22 \text{ m}^3/h$$

3.2.8.2. Canal de Entrada

➤ Radio Hidráulico

Tabla 29-3: Criterios de la capacidad de canales revestidos

Características	Valor	Unidad
Material	Hormigón	-
Base del canal	0,20-0,80	m
Altura del canal	0,30-0,60	m
Rugosidad	0,015-0,030	-
Pendiente del canal	0,5	%

Fuente: (Jiménez et al., 2013, p.21).

Con base a los criterios de capacidad de canales revestidos que se muestra en la Tabla 29-3 se realizó una simulación en el software Hcanales de un canal de sección rectangular, con una base de canal de 0,20 m de ancho de fondo, valor de diseño recomendado por Jiménez (2013, p.21).

Datos:

Caudal (Q):	0.000338	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.20	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.005	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.0089	m	Perímetro (p):	0.2177	m
Área hidráulica (A):	0.0018	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0081	m
Espejo de agua (T):	0.2000	m	Velocidad (v):	0.1907	m/s
Número de Froude (F):	0.6470		Energía específica (E):	0.0107	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Gráfico 2-3: Simulación de un canal rectangular

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

$$RH = \frac{b * y}{b + 2y}$$

Ec. 8-3

Donde:

RH = Radio hidráulico (m).

b = Base del canal, (0,20 m). Valor considerado de la Tabla 28-3.

y = Altura del agua en el canal, (0,0089 m). Valor considerado del Gráfico 8-3.

$$RH = \frac{(0,20 \text{ m})(0,0089 \text{ m})}{(0,20 \text{ m}) + 2(0,0089 \text{ m})}$$
$$RH = 0,0082 \text{ m}$$

➤ Velocidad de flujo en el canal

Para conocer la velocidad de flujo del agua residual que debe circular por el canal de entrada se aplica la ecuación de Manning.

Tabla 30-3: Coeficiente de Manning para cálculo de canales

Canales revestidos	N	1/n
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.32).

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

Ec. 9-3

Donde:

v = Velocidad de flujo en el canal (m/s).

RH = Radio hidráulico (0,0082m).

S = Pendiente canal rectangular, (0,005m/m). Valor considerado en la Tabla 30-3.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, $\left(\frac{1}{0,015}\right)$. Valor considerado en la Tabla 30-3.

$$v = \frac{1}{0,015} (0,0082)^{2/3} (0,005)^{1/2}$$

$$v = 0,20 \text{ m/s}$$

➤ Área libre de paso de agua

$$A_p = \frac{Q_D}{v}$$

Ec. 10-3

Donde:

A_{SC} = Área de la sección transversal del canal (m^2).

Q_D = Caudal de diseño, (0,000338 m^3/s).

v = Velocidad de flujo en el canal, (0,20 m/s).

$$A_p = \frac{0,000338 \text{ m}^3/s}{0,20 \text{ m/s}}$$

$$A_p = 0,00169 \text{ m}^2$$

➤ Altura total del canal

$$H_c = h_y + h_s$$

Ec. 11-3

Donde:

H = Altura total del canal (m).

h_y = Altura del agua en el canal (0,0089m), Valor obtenido en el Gráfico 2-3.

h_s = Altura de seguridad (0,30 m), Valor considerado en la Tabla 29-3.

$$H_c = 0,0089 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$H_c = 0,3089 \text{ m}$$

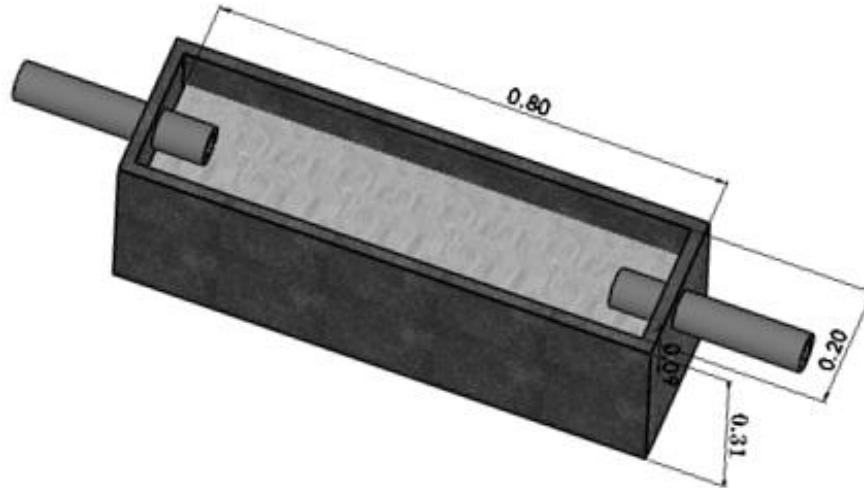


Figura 1-3: Canal de entrada del agua residual

Fuente: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.8.3. *Rejillas de barras*

Se propone un sistema de rejillas de barras rectangulares de tipo manual, de tal forma que el operario pueda limpiarlo fácilmente y así evitar la colmatación de cada una de las rejillas. Es importante que las rejillas estén inclinadas en relación a la horizontal con un ángulo.

Tabla 31-3: Condiciones del diseño de rejillas de limpieza manual

Características	Valor recomendado	Unidad
Ancho de las barras	5,08-15,24	mm
Pendiente en relación a la vertical	30-45	Grados
Velocidad de aproximación	0,20 – 0,60	m/s
Espacio entre barras	10-20	mm
Pérdida de carga admisible	0,15	m

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.57).

➤ Número de barras

$$N_b = \frac{b}{e_b + s_b}$$

Ec. 12-3

Donde:

N_b = Número de barras.

b = Base del canal, (0,20 m).

e_b = Espesor de las barras, (0,005 m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

s_b = Separación entre barrotes, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

$$N_b = \frac{0,20 \text{ m}}{0,005 \text{ m} + 0,0215 \text{ m}}$$
$$N_b = 8 \text{ barras}$$

➤ Separación total entre las barras

$$s_{TB} = \left(\frac{b - s_b}{e_b + s_b} + 1 \right) (s)$$

Ec. 13-3

Donde:

s_{TB} = Separación total de las barras en las rejillas (m).

b = Base del canal (0,20 m).

s_b = Separación entre barrotes, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

e_b = Espesor de las barras, (0,005 m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

$$s_{TB} = \left(\frac{0,20\text{m} - 0,0215\text{m}}{0,005\text{m} + 0,0215\text{m}} + 1 \right) (0,0215\text{m})$$
$$s_{TB} = 0,16 \text{ m}$$

➤ Longitud de las barras

$$L_b = \frac{H_c}{\text{Sen}\theta}$$

Ec. 14-3

Donde:

L_b = Longitud de las barras (m).

H_c = Altura del tirante de construcción (0,3089m).

θ = Ángulo de inclinación, (45°). Valor considerado en la Tabla 31-3.

$$L_b = \frac{0,3089 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$
$$L_b = 0,44 \text{ m}$$

➤ Área de espacio entre barras

$$A_b = L_b * S_{TB}$$

Ec. 15-3

Donde:

A_b = Área de espacio entre barras (m^2).

L_b = Longitud de las barras (0,44 m).

S_{TB} = Separación total de las barras en las rejillas (0,16m).

$$A_b = (0,44 \text{ m})(0,16\text{m})$$

$$A_b = 0,0704 \text{ m}^2$$

➤ Nivel máximo de agua en la rejilla

$$N_{max} = \frac{Q_D}{v * b}$$

Ec. 16-3

Donde:

N_{max} = Nivel máximo del agua en la rejilla (m).

v = Velocidad de aproximación del flujo, (0,20 m/s). Valor considerado en la Tabla 31-3.

Q_D = Caudal diseño (0,000338 m^3/s).

b = Base del canal, (0,20m).

$$N_{max} = \frac{0,000338 \text{ m}^3/s}{\left(0,20 \frac{m}{s}\right) (0,20 \text{ m})}$$

$$N_{max} = 0,00845 \text{ m}^2$$

➤ Pérdida de carga en las rejillas

Tabla 32-3: Factor de pérdida para rejillas manual

FORMA	A	B	C	D	R	F	G
Factor según la forma de la barra (β)	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (NORMA RAS, 2000, p. 51)

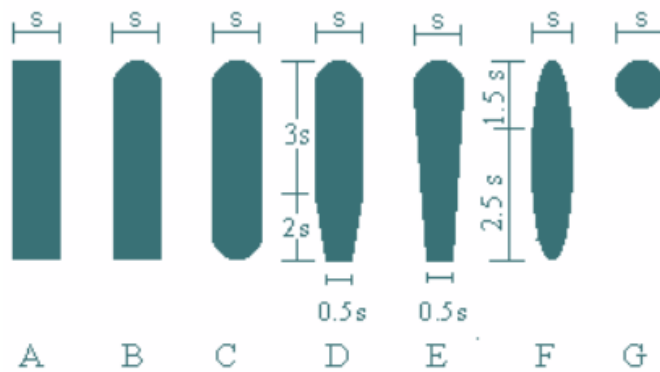


Figura 2-3: Forma de varillas para rejilla

Fuente: (NORMA RAS, 2000, p. 53).

La pérdida de energía se calcula mediante la ecuación de Krischnner. Para el diseño de un sistema de rejillas para el tratamiento de aguas residuales es recomendable trabajar con la varilla tipo G ya que es muy fácil adquirirla. Valor que se considera en el diseño RAS 2000.

$$H = \beta \left(\frac{s_b}{e_b} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen}\theta$$

Ec. 17-3

Donde:

H = Pérdida de carga (m).

β = Factor según forma de barras (1,79, adimensional). Valor considerado en la Tabla 32-3.

e_b = Espesor de las barras, (0,005 m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

s_b = Separación entre barros, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

v = Velocidad de flujo (0,20m/s). Valor considerado en la Tabla 31-3.

g = Gravedad, (9,8 m/s²).

θ = Ángulo de inclinación de las barras, (45°). Valor considerado en la Tabla 31-3.

$$H = 1,79 \left(\frac{0,0215 \text{ m}}{0,005 \text{ m}} \right)^{4/3} \left(\frac{(0,20 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right) \text{Sen}45^\circ$$

$$H = 0,018 \text{ m}$$

El valor de la pérdida de carga es de 0,018 m, valor que es menor a 0,15 lo que significa que este valor es admisible, de acuerdo al criterio de diseño RAS 2000.

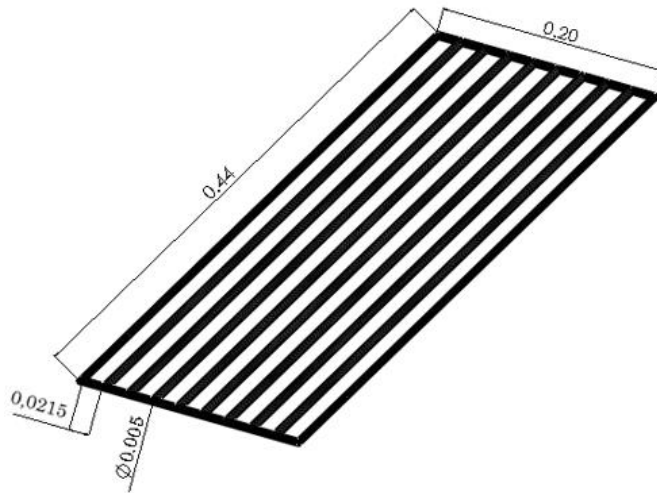


Figura 3-3: Rejilla metálica

Fuente: Illicachi, Tanya, 2022.

3.2.8.4. Trampa de grasa

Tabla 33-3: Criterios de diseño para trampa de aceite y grasas

Características	Valor recomendado	Unidad
Relación ancho/longitud	2:1 – 3:2	m
Área por cada litro por segundo	0,25	m ²
Carga hidráulica	4	L/m ² s
Profundidad	0,80-2,5	m
Tiempo de retención	30-50	min
Diámetros de tuberías de entrada y salida	> 0,05	m
Carga hidráulica	4	L/m ² s
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s

Fuente: (OPS/CEPIS/03.81, 2003).

Para realizar el diseño de la trampa de grasa es aconsejable aplicar los criterios de diseño que se muestran en la Tabla 33-3, de acuerdo a la Norma RAS 2000 y OPS/CEPIS 2003.

➤ Volumen del tanque

$$V_{TG} = Q_D * t_r$$

Ec. 18-3

Donde:

V_{TG} = Volumen de la trampa de grasa y aceite (m^3).

Q_D = Caudal de diseño ($0,0203 m^3/min$).

t_r = Tiempo de retención hidráulica, (30 min). Valor considerado de la Tabla 33-3.

$$V_{TG} = 0,0203 m^3/min (30 min)$$

$$V_{TG} = 0,609 m^3$$

➤ Área del Tanque

$$A_{TG} = \frac{V_{TG}}{P}$$

Ec. 19-3

Donde:

A_{TG} = Área de la trampa de grasa (m^2).

V_{TG} = Volumen de la trampa de grasa y aceite, ($0,609 m^3$).

P = Profundidad, ($0,80 m$). Valor considerado de la Tabla 33-3.

$$A_{TG} = \frac{0,609 m^3}{0,80 m}$$

$$A_{TG} = 0,761 m^2$$

➤ Ancho del tanque

$$b_{TG} = \sqrt{\frac{A_{TG}}{1,5}}$$

Ec. 20-3

Donde:

b_{TG} = Ancho del tanque (m).

A_{TG} = Área del tanque, ($0,761 m^2$).

$$b_{TG} = \sqrt{\frac{0,761 m^2}{1,5}}$$

$$b_{TG} = 0,71 m$$

➤ Longitud del tanque

$$L_{TG} = b_{TG} * 1,5$$

Ec. 21-3

Donde:

L_{TG} = Largo del tanque (m).

b_{TG} = Ancho del tanque, (0,71 m).

$$L_{TG} = 0,71 \text{ m} (1,5)$$

$$L_{TG} = 1,065 \text{ m}$$

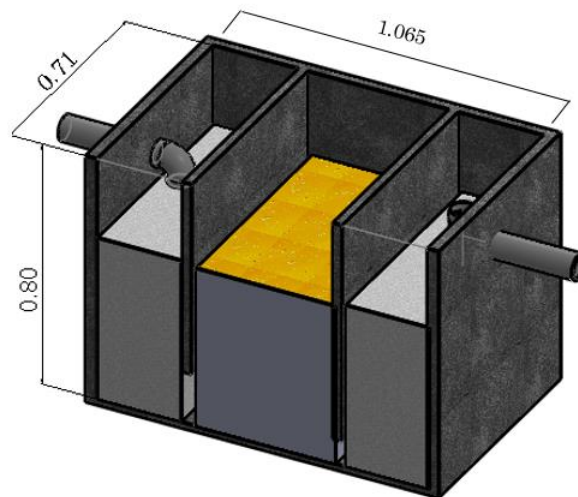


Figura 4-3: Trampa de grasa

Fuente: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.8.5. *Tanque de aireación*

Tabla 34-3: Consideraciones para el diseño de tanque de aireación

Características	Valor recomendado	Unidad
Altura del tanque de aireación	1	m
Relación largo/ancho (L/b)	1	(m/m)

Fuente: (Metcalfy y Eddy, 1995 p.34).

➤ Volumen del tanque

$$V_{TA} = b_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

Donde:

V_{TA} = Volumen del tanque de aireación (m).

b_{TA} = Ancho del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 34-3.

h_{TA} = Altura del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 34-3.

L_{TA} = Longitud del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 34-3.

$$V_{TA} = (1,00 \text{ m})(1,00 \text{ m})(1,00 \text{ m})$$

$$V_{TA} = 1,00 \text{ m}^3$$

➤ Sistema de aireación

La selección del sistema de aireación debe ser realizado cuidadosamente con el objetivo de disminuir el uso de químicos, facilidad y tiempo de operación.

➤ Caudal del aire en función de DBO_5

$$Q_{aire} = DBO_5 * Q_D$$

Ec. 23-3

Donde:

Q_{aire} = Caudal del aire para degradar DBO_5 (m^3/min).

$mg \text{ } DBO_5/L$ = Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, (5.990 mg/L).

Q_D = Caudal de diseño ($1,22 \text{ m}^3/h$).

$$Q_{aire} = 5.990 \frac{mg \text{ } DBO_5}{L} * \frac{1kg \text{ } DBO_5}{10^6 mg \text{ } DBO_5} * \frac{1000 L}{1m^3} * \frac{1,22 \text{ m}^3}{h} * \frac{154 \text{ m}^3 \text{ aire}}{1 kg \text{ } DBO_5} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Q_{aire} = 18,76 \text{ m}^3 \text{ aire}/min$$

Por lo tanto, si se requiere degradar $5.990 \text{ mg } DBO_5/L$ se debe aplicar $18,76 \text{ m}^3 \text{ aire}/min$.

➤ Presión hidrostática

$$P_{H_2O} = \rho * g * h_{TA}$$

Ec. 24-3

Donde:

P_{H_2O} = Presión hidrostática del agua (psi).

ρ = Densidad del agua a 20 °C, (9,8 Kg/m³)

g = Gravedad, (9,8 m/s²)

h_{TA} = Altura del tanque, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 34-3.

$$P_{H_2O} = (998 \text{ Kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(1,00 \text{ m})$$

$$P_{H_2O} = 9780,4 \text{ Pa}$$

$$P_{H_2O} = 1,42 \text{ psi}$$

➤ Presión absoluta

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H_2O}$$

Ec. 25-3

Donde:

P_{abs} = Presión absoluta (psi).

P_{H_2O} = Presión hidrostática del agua, (1,42 psi).

P_{atm} = Presión atmosférica del cantón Guamote, (14,81 psi).

$$P_{abs} = 14,81 \text{ psi} + 1,42 \text{ psi}$$

$$P_{abs} = 16,23 \text{ psi}$$

➤ Potencia del compresor

$$P_{Com} = \frac{Q_{aire} * R * T_{amb}}{0,75 * n * \varepsilon} \left[\left(\frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^n - 1 \right]$$

Ec. 26-3

Donde:

P_{Com} = Potencia del compresor (Hp).

Q_{aire} = Caudal de aire de compresión, (18,76 m³/min; 0,37 Kg/s).

R = Constante de gases ideales para aire seco, (287,00 J/Kg. K).

T_{amb} = Temperatura ambiente, (273 K).

n = Constante para el aire, (0,283 valor adimensional).

ε = Eficiencia asumida del compresor, (75% porcentaje adimensional).

$$P_{Com} = \frac{(0,37 \text{ Kg/s})(287 \text{ J/K} \cdot \text{Kg})(273 \text{ K})}{0,75(0,283)(0,75)} \left[\left(\frac{16,23 \text{ psi}}{14,81 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_{Com} = 4,78 \text{ KW}$$

$$P_{Com} = 6,41 \text{ HP}$$

➤ Variación térmica del aire de compresión

$$\Delta T_{Comp} = \frac{T_{amb}}{\varepsilon} \left[\left(\frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ec. 27-3

Donde:

ΔT_{Comp} = Variación térmica del aire (°C).

T_{Amb} = Temperatura ambiente, (20 °C).

ε = Eficiencia asumida del compresor (75%, porcentaje adimensional).

P_{abs} = Presión absoluta, (16,23psi).

P_{atm} = Presión atmosférica, (14,81 psi).

$$\Delta T_{Comp} = \frac{20 \text{ }^\circ\text{C}}{0,75} \left[\left(\frac{16,23 \text{ psi}}{14,81 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{Comp} = 9,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

➤ Temperatura de salida del aire

$$T_{aire} = T_{amb} + \Delta T_{compresión}$$

Ec. 28-3

Donde:

T_{aire} = Temperatura de salida de aire (°C).

$\Delta T_{compresión}$ = Variación térmica del aire, (9,55 °C)

T_{amb} = Temperatura ambiente, (20 °C)

$$T_{aire} = 20 \text{ }^\circ\text{C} + 9,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{aire} = 29,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

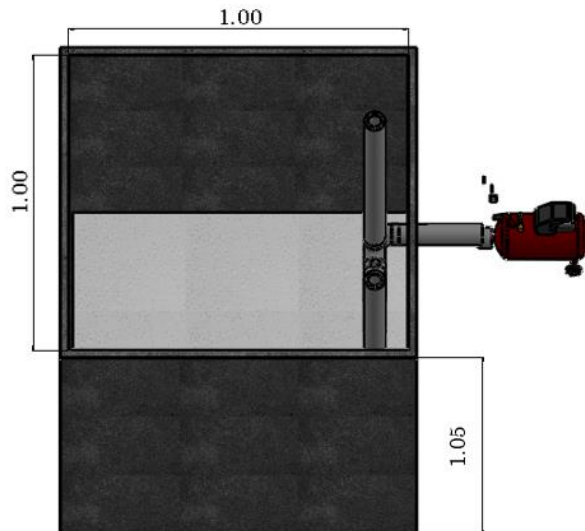


Figura 5-3: Tanque de aireación

Fuente: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.8.6. Tanque de Coagulación-floculación

Tabla 35-3: Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Intervalo	Carga de superficie (m ³ /m ² /día)
Floculo de cal	30-60	60
Floculo de hierro	25-50	30
Floculo de alúmina	25-50	40
Agua residual cruda	25-50	50

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.34).

➤ Área del tanque

$$A_{TCF} = \frac{Q_D}{Cs}$$

Ec. 29-3

Donde:

A_{TCF} = Área del tanque (m²).

Q_D = Caudal de diseño, (1,22 m³/h).

Cs = Carga superficial, (40 m³/m²día). Valor considerado de la Tabla 35-3.

$$A_{TCF} = \frac{29,20 \text{ m}^3/\text{día}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$A_{TCF} = 0,73 \text{ m}^2$$

- Ancho del tanque

$$b_{TCF} = \sqrt{\frac{A_{TCF}}{2}}$$

Ec. 30-3

Donde:

b_{TCF} = Ancho del tanque (m).

A_{TCF} = Área del tanque, (0,73 m²).

$$b_{TCF} = \sqrt{\frac{0,73 \text{ m}^2}{2}}$$

$$b_{TCF} = 0,60 \text{ m}$$

- Longitud del tanque

$$L_{TCF} = 2b_{TCF}$$

Ec. 31-3

Donde:

L_{TCF} = Largo del tanque (m).

b_{TCF} = Ancho del tanque, (0,60 m)

$$L_{TCF} = 2(0,60 \text{ m})$$

$$L_{TCF} = 1,20 \text{ m}$$

- Volumen del tanque

$$V_{TCF} = H_{TCF} * b_{TCF} * L_{TCF}$$

Ec. 32-3

Donde:

V_{TCF} = Volumen del tanque (m³).

H_{TCF} = Altura del tanque, (valor de 1 m de altura referente a otras PTAR funcionales)

b_{TCF} = Ancho del tanque, (0,60 m).

L_{TCF} = Largo del tanque, (1,20 m).

$$V_{TCF} = (1,00 \text{ m})(0,60\text{m})(1,20\text{m})$$

$$V_{TCF} = 0,72 \text{ m}^3$$

- Diámetro del tanque

$$\Phi_{TFC} = \sqrt{4 * \frac{A_{TFC}}{\pi}}$$

Ec. 33-3

Donde:

Φ_{TFC} = Diámetro del tanque (m).

A_{TFC} = Área del tanque, (0,73 m²).

$$\Phi_{TFC} = \sqrt{4 * \frac{(0,73 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$\Phi_{TFC} = 0,96 \text{ m}$$

- Tiempo de retención hidráulico

$$T_r = \frac{V_{TCF}}{Q_D}$$

Ec. 34-3

Donde:

T_r = Tiempo de retención hidráulico (h).

Q_D = Caudal de diseño, (1,22 m³/h).

V_{TCF} = Volumen del tanque, (0,72 m³).

$$T_r = \frac{0,72 \text{ m}^3}{1,22 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_r = 0,59 \text{ h}$$

- Longitud de las paletas de agitación

$$L_{PA} = \frac{b_{TFC}}{4}$$

Ec. 35-3

Donde:

L_{PA} = Longitud de la paleta (m).

b_{TFC} = Ancho del tanque, (0,60 m).

$$L_{PA} = \frac{0,60 \text{ m}}{4}$$

$$L_{PA} = 0,15 \text{ m}$$

➤ Potencia disipada

Tabla 36-3: Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad Cinemática (m ² /s)	Viscosidad Dinámica (N s/m ²)
0	999,80	1,785x10 ⁻⁶	1,781x10 ⁻³
10	999,70	1,306x10 ⁻⁶	1,307x10 ⁻³
20	998,20	1,003x10 ⁻⁶	1,102x10 ⁻³
30	995,70	0,800x10 ⁻⁶	0,708x10 ⁻³

Fuente: (Zacarías et al., 2017, p.18).

Tabla 37-3: Criterios de diseño de los floculadores mecánicos

Tiempo de detención (horas)	Gradiente medio de velocidad (s-1)	Velocidad (m/s)
1-7	150-750	0,3-0,75

Fuente: (Jiménez, 2013, p.4).

$$P = G^2 * \mu * V_{TFC}$$

Ec. 36-3

Donde:

P = Potencia disipada (W).

G = Gradiente medio de velocidad, (750 s⁻¹). Valor considerado de la Tabla 37-3.

μ = Viscosidad dinámica, (0,001102 Kg/m.s). Valor considerado de la Tabla 36-3.

V_{TFC} = Volumen del tanque, (0,72 m³).

$$P = (750 \text{ s}^{-1})^2 \left(0,001102 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right) (0,72 \text{ m}^3)$$

$$P = 446,31 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$$

$$P = 446,31 \text{ W}$$

➤ Área de las paletas

Tabla 38-3: Valores de Coeficiente de arrastre

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

Fuente: (Romero, 2010, p.8).

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

Ec. 37-3

Donde:

A_{PA} = Área de las paletas de agitación (m^2).

P = Potencia disipada (446,61 W).

C_D = Coeficiente de resistencia de las paletas, (1,20). Valor considerado de la Tabla 38-3.

ρ = Densidad del agua ($998,2 \text{ Kg}/m^3$) a 20°C . Valor considerado de la Tabla 36-3.

v = Velocidad de las paletas respecto al fluido, ($0,75 \text{ m/s}$). Valor obtenido de la Tabla 37-3.

$$A_{PA} = \frac{2 (446,31 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3)}{(1,20)(998,2 \text{ kg}/\text{m}^3)(0,75 \text{ m/s})^3}$$

$$A_{PA} = 1,77 \text{ m}^2$$

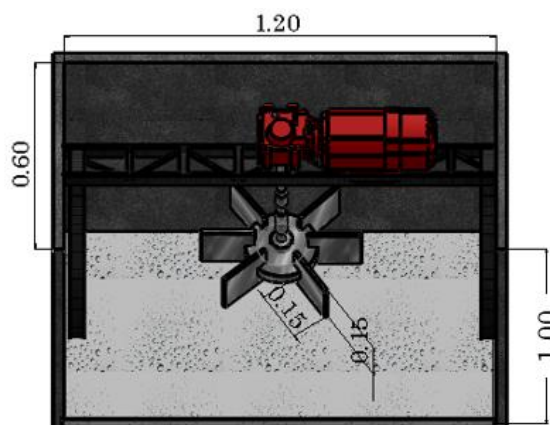


Figura 6-3: Tanque coagulador-floculador

Fuente: Illicachi, Tanya, 2022.

3.2.8.7. *Tanque de sedimentación*

Tabla 39-3: Criterios de diseño para el tanque de sedimentación primaria y secundaria

Parámetros	Intervalo	Unidad
Carga de superficie	20-40	m ³ /m ² día
Tiempo de retención	0,5-3,0	h
Profundidad	1,5-3,0	m
Pendiente de la solera	6,25-16	m/m

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2005).

- Área superficial del tanque sedimentador

$$A_{TS} = \frac{Q_D}{C_S}$$

Ec. 38-3

Donde:

A_F = Área superficial del filtro (m²).

Q_D = Caudal de diseño, (1,22 m³/h).

C_S = Carga superficial (m³/m² día). Valor considerado de la Tabla 39-3.

$$A_{TS} = \frac{29,20 \text{ m}^3/\text{día}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$A_{TS} = 0,73 \text{ m}^2$$

- Diámetro del tanque sedimentador

$$\phi_{TS} = \sqrt{\frac{4A_{TS}}{\pi}}$$

Ec. 39-3

Donde:

ϕ_{TS} = Diámetro del tanque sedimentador (m).

A_{TS} = Área superficial del tanque sedimentador, (0,73 m²).

$$\phi_{TS} = \sqrt{\frac{4(0,73\text{m}^2)}{\pi}}$$

$$\phi_{TS} = 0,96 \text{ m}$$

- Radio del tanque

$$r_{TS} = \frac{\phi_{TS}}{2}$$

Ec. 40-3

Donde:

r_{TS} = Radio del tanque sedimentador (m).

ϕ_{TS} = Diámetro del tanque sedimentador, (0,96 m).

$$r_{TS} = \frac{0,96 \text{ m}}{2}$$
$$r_{TS} = 0,48 \text{ m}$$

- Volumen del tanque sedimentador

$$V_{TS} = \pi * r^2 * H_{TS}$$

Ec. 41-3

Donde:

V_{TS} = Volumen del tanque sedimentador (m³).

r = Radio del tanque, (0,48 m).

H_{TS} = Altura del tanque, (1,5 m). Valor considerado de la Tabla 39-3.

$$V_{TS} = (\pi)(0,48 \text{ m})^2(1,5 \text{ m})$$
$$V_{TS} = 1,09 \text{ m}^3$$

- Carga sobre el vertedero de salida

$$C = \frac{Q_D}{\pi * A_{TS}}$$

Ec. 42-3

Donde:

C = Carga sobre el vertedero (m³/m² día).

Q_D = Caudal de diseño, (1,22 m³/h).

A_{TS} = Área superficial del tanque sedimentador, (0,73 m²).

$$C = \frac{1,22 \text{ m}^3/h}{\pi(0,73 \text{ m}^2)}$$

$$C = 0,53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

➤ Tiempo de retención hidráulica

$$t_{RH} = \frac{V_{TS}}{Q_D}$$

Ec. 43-3

Donde:

t_{RH} = Tiempo de retención hidráulica (h).

V_{TS} = Volumen del tanque sedimentador, (1,09 m³).

$$t_{RH} = \frac{1,09 \text{ m}^3}{1,22 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$t_{RH} = 0,89 \text{ h}$$

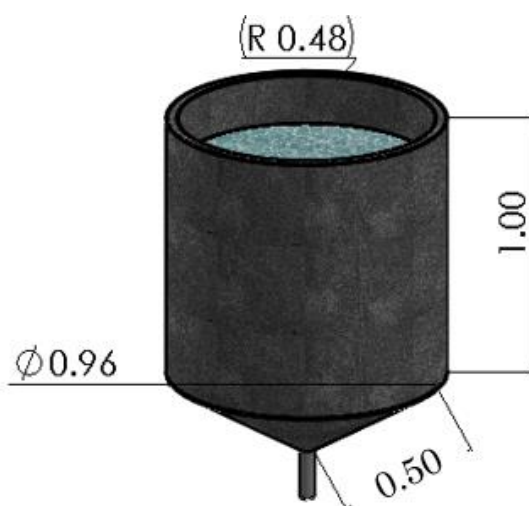


Figura 7-3: Tanque sedimentador

Fuente: Illicachi, Tanya, 2022.

3.2.8.8. Lecho de secado de lodos

Tabla 40-3: Criterios de diseño para el lecho de secado

Parámetros	Valores	Unidad
Profundidad	0,2-0,50	m
Ancho	1-6	m
Ancho (instalaciones grandes)	> 10	m

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2005).

Tabla 41-3: Criterios de los lodos digeridos

Parámetros	Valores	Unidad
Densidad de los lodos	1,04	Kg/L
Porcentaje de sólidos	20-40	%

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2005).

- Carga de los sólidos suspendidos en la muestra del agua residual

$$C_{SS} = Q_D * SS$$

Ec. 44-3

Donde:

C_S = Carga de sólidos suspendidos (kg/h).

Q_D = Caudal de diseño (1,22 m³/h).

SS = Sólidos suspendidos, (0,617 kg/m³). Valor considerado de la Tabla 21-3.

$$C_{SS} = (1,22 \text{ m}^3/\text{h})(0,617 \text{ kg}/\text{m}^3)$$

$$C_{SS} = 0,75 \text{ kg}_{SS}/\text{h}$$

- Masa de los sólidos que forman los lodos

$$m_S = [(0,5)(0,7)(0,5)(C_{SS})] + [(0,5)(0,3)(C_{SS})]$$

Ec. 45-3

Donde:

m_S = Masa de sólidos (kg/h)

C_{SS} = Carga de sólidos suspendidos, (0,75 kg_{ss}/h).

$$m_S = [(0,5)(0,7)(0,5)(0,75 \text{ kg}/\text{día})] + [(0,5)(0,3)(0,75 \text{ kg}/\text{día})]$$

$$m_S = 0,24 \text{ kg}/\text{h}$$

- Volumen de los lodos digeridos

$$V_{LD} = \frac{m_S}{\rho_{LD} \left(\frac{\% ST}{100} \right)}$$

Ec. 46-3

Donde:

V_{LD} = Volumen de los lodos digeridos (L/h).

m_S = Masa de sólidos, (0,24 kg/h).

ρ_{LD} = Densidad de los lodos digeridos, (1,04 kg/L). Valor considerado de la Tabla 41-3.

% ST = Sólidos totales contenidos en el lodo (20%). Valor considerado de la Tabla 41-3.

$$V_{LD} = \frac{0,24 \text{ kg/h}}{(1,04 \text{ kg/L}) \left(\frac{20}{100}\right)}$$

$$V_{LD} = 1,15 \text{ L/h}$$

➤ Volumen de lodos para la extracción

Tabla 42-3: Tiempo de digestión del lodo

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	30
> 25	25

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2005).

$$V_L = V_{LD} * t_{LD}$$

Ec. 47-3

Donde:

V_L = Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3).

V_{LD} = Volumen de lodos digeridos, (1,15 L/h).

t_{LD} = Tiempo para la digestión de lodo, (30 días). Valor considerado de la Tabla 42-3.

$$V_L = (27,6 \text{ L/día})(30 \text{ días})$$

$$V_L = 828 \text{ L}$$

$$V_L = 0,828 \text{ m}^3$$

➤ Área del lecho de secado

$$A_{LS} = \frac{V_L}{H_{LS}}$$

Ec. 48-3

Donde:

A_{LS} = Área del lecho de secado (m^2).

V_L = Volumen de lodos a extraerse del tanque, ($0,828 m^3$).

H_{LS} = Altura del lecho de secado, ($0,50 m$). Valor considerado de la Tabla 40-3.

$$A_{LS} = \frac{0,828 m^3}{0,50 m}$$

$$A_{LS} = 1,66 m^2$$

➤ Longitud de lecho del secado

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ec. 49-3

Donde:

L_{LS} = Largo del lecho de secado (m).

A_{LS} = Área del lecho de secado, ($1,66 m^2$)

b_{LS} = Ancho del lecho de secado, ($1 m$). Valor considerado de la Tabla 40-3.

$$L_{LS} = \frac{1,66 m^2}{1 m}$$

$$L_{LS} = 1,66 m$$

➤ Volumen del lecho de secado

$$V_{LS} = b_{LS} * L_{LS} * H_{LS}$$

Ec. 50-3

Donde:

V_{LS} = Volumen del lecho de secado (m).

b_{LS} = Ancho del lecho de secado, ($1m$). Valor considerado de la Tabla 40-3.

L_{LS} = Longitud del lecho de secado, ($1,66 m$).

H_{LS} = Altura del lecho de secado, ($0,50 m$). Valor considerado de la Tabla 40-3-3.

$$V_{LS} = (1 m)(1,66m)(0,50 m)$$

$$V_{LS} = 0,83 m^3$$

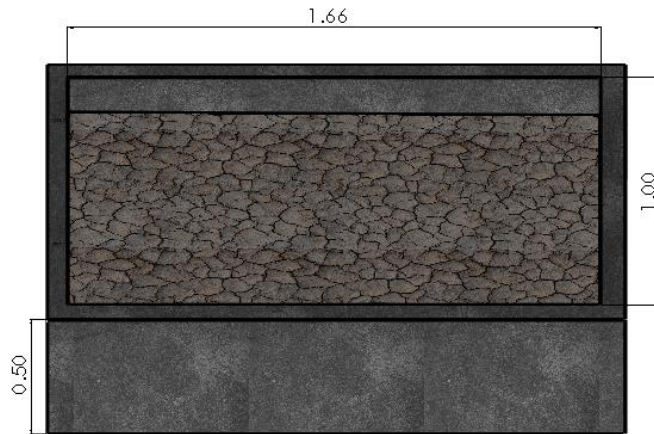


Figura 8-3: Lecho de secado

Fuente: Illicachi, Tamyá, 2022

3.2.8.9. *Tanque de desinfección*

Este tipo de tanque se diseñó para que el efluente sea recirculado a la Planta y pueda ser utilizado en diferentes procesos.

Tabla 43-3: Criterios del diseño de un tanque de almacenamiento

Características	Valor	Unidad
Altura del tanque	1,00-1,5	m
Longitud del tanque	1,00-7,3	m
Ancho el tanque	0,80-4,5	m
Profundidad	0,60-2,00	m
Tiempo de retención	0,55-0,70	h

Fuente: (Bonilla, 2018, p.5).

➤ **Volumen del tanque**

$$V_{TD} = Q_D * t_{rh}$$

Ec. 51-3

Donde:

V_{TD} = Volumen del tanque de desinfección (m^3).

Q_D = Caudal de diseño, ($1,22 m^3/h$).

t_{rh} = Tiempo de retención hidráulico, ($0,55h$). Valor considerado de la Tabla 43-3.

$$V_{TD} = (1,22 m^3/h)(0,55 h)$$

$$V_{TD} = 0,67 m^3$$

➤ Área del tanque

$$A_{TD} = L_{TD} * b_{TD}$$

Ec. 52-3

Donde:

A_{TD} = Área del tanque de desinfección (m^2).

L_{TD} = Longitud del tanque de desinfección, (1 m). Valor considerado de la Tabla 43-3.

b_{TD} = Ancho del tanque de desinfección (0,80). Valor considerado de la Tabla 43-3.

$$A_{TD} = (1m)(0,80m)$$

$$A_{TD} = 0,80 m^2$$

➤ Altura del tanque

$$H_{TD} = \frac{V_{TD}}{A_{TD}}$$

Ec. 53-3

Donde:

H_{TD} = Altura del tanque de desinfección (m).

V_{TD} = Volumen del tanque de desinfección, ($0,67 m^3$).

A_{TD} = Área del tanque de desinfección, ($0,80 m^2$).

$$H_{TD} = \frac{0,67 m^3}{0,80 m^2}$$

$$H_{TD} = 0,84 m$$

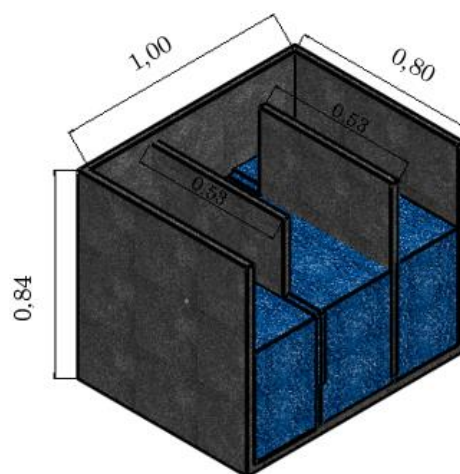


Figura 9-3: Tanque de desinfección

Fuente: Illicachi, Tamyra, 2022.

3.2.8.10. Dosificación del coagulante al 3% coagulante y el floculante aniónico

Al realizar el proceso de coagulación-floculación se requiere de una dosificación adecuada de las sustancias químicas, mismo que se determinó a nivel de laboratorio mediante la prueba de jarras, datos que serán utilizados como base para obtener las dosificaciones a nivel industrial.

➤ Dosificación del coagulante a nivel laboratorio

Antes de iniciar con el tratamiento químico, se ajustó el pH a 7 con 2 ml de Hidróxido de sodio 1N a la muestra del agua residual, con el fin de obtener mejores resultados en su turbidez. En el test de jarras se trabajó con Policloruro de aluminio 3% m/v, por lo que la dosificación óptima para la muestra fue de 5 ml de PAC al 3%.

$$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2}$$

Ec. 54-3

Donde:

C_1 = Concentración inicial del PAC (0,03 g/ml)

V_1 = Volumen de la dosis óptima del PAC (5 ml)

C_2 = Concentración de PAC en la dosis óptima (L/s)

V_2 = Volumen de la dosis óptima de la muestra del efluente (1000 ml)

$$C_2 = \frac{(0,03 \text{ g/ml})(5 \text{ ml})}{1000 \text{ ml}}$$

$$C_2 = 1,5 \times 10^{-4} \text{ g/ml}$$

$$C_2 = 0,15 \text{ g/L}$$

➤ Dosificación del coagulante a nivel industrial

$$D_{PAC} = Q_D * C_2$$

Ec. 55-3

Donde:

D_{PAC} = Cantidad de PAC requerida por día (kg/día).

Q_D = Caudal de diseño, (0,338 L/s).

C_2 = Concentración de PAC en la dosis óptima, (0,15 g/L).

$$D_{PAC} = (0,338 \text{ L/s})(0,15 \text{ g/L})$$

$$D_{PAC} = 0,0507 \text{ g/s}$$

$$D_{PAC} = 4,38 \text{ kg/día}$$

➤ Dosificación del floculante aniónico a nivel laboratorio

Después de obtener la dosis óptima del coagulante, mediante el test de jarras se añade el polielectrolito al 1% m/v.

$$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2}$$

Ec. 56-3

Donde:

C_1 = Concentración inicial del floculante, (0,01 g/ml).

V_1 = Volumen de la dosis óptima del floculante, (3 ml).

C_2 = Concentración del floculante en la dosis óptima, (L/s).

V_2 = Volumen de la dosis óptima de la muestra del efluente, (1000 ml).

$$C_2 = \frac{(0,01 \text{ g/ml})(3 \text{ ml})}{1000 \text{ ml}}$$

$$C_2 = 3 \times 10^{-5} \text{ g/ml}$$

$$C_2 = 0,03 \text{ g/L}$$

➤ Dosificación del floculante a nivel industrial

$$D_{POL} = Q_D * C_2$$

Ec. 57-3

Donde:

D_{POL} = Cantidad del floculante por día (kg/día).

Q_D = Caudal de diseño (0,338 L/s).

C_2 = Concentración del floculante en la dosis óptima (0,03 g/L).

$$D_{PAC} = (0,338 \text{ L/s})(0,03 \text{ g/L})$$

$$D_{PAC} = 0,0101 \text{ g/s}$$

$$D_{PAC} = 0,88 \text{ kg/dí}$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se expone los resultados obtenidos de la medición del caudal, los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual industrial y los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos de la Norma Ambiental, mismos que son necesarios para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en base a los criterios y normas.

4.1. Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento

4.1.1. Caudal del efluente

El caudal de diseño es la parte fundamental para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de la Planta láctea por lo que se determinó mediante el caudal experimental y el caudal mayorado. De tal forma que se obtuvo los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: Resultados del caudal del agua residual

Parámetros	Valor	Unidad
Caudal Experimental	0,26	L/s
Caudal Mayorado	0,078	L/s
Caudal de diseño	0,338	L/s

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

4.1.2. Canal de entrada

Para un caudal de diseño de 0,338 L/s se aplicó una simulación en el software Hcanales en el que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 2-4: Resultados del canal de entrada

Parámetros	Valor	Unidad
Ancho del canal	0,20	m
Altura del agua en el canal	0,089	m
Radio hidráulico	0,0082	m
Velocidad de flujo	0,20	m/s
Pendiente del canal	0,005	m/m

Área de la sección transversal	0,00169	m ³
Altura del canal	0,3089	m

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

4.1.3. Sistema de rejillas

Al considerar los criterios de diseño establecidos en la Norma RAS 200, se dimensionó unas rejillas de limpieza manual debido a que el caudal no es constante por lo que este sistema consta de las siguientes características:

Tabla 3-4: Resultados del sistema de rejillas

Parámetros	Valor	Unidad
Velocidad de aproximación del agua	0,20	m/s
Área de espacio entre barras	0,0704	m ²
Número de barras	8	barras
Longitud de barras	0,44	m
Separación entre barras	0,0215	m
Espesor de las barras	0,005	m
Nivel máximo de agua en la rejilla	0,00845	m ²
Pérdida de carga en las rejillas	0,018	m
Ángulo de inclinación	45	°

Realizado por: Illicachi Tanya, 2022.

4.1.4. Trampa de grasa

El equipo para la remoción de aceites y grasas del efluente fue diseñado bajo los criterios de la Norma RAS 2000 y OPS/CEPIS 2003, cuyas especificaciones y parámetros calculados se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4-4: Resultados de la trampa de grasa

Parámetros	Valor	Unidad
Área	0,761	m ²
Ancho	0,71	m
Longitud	1,065	m
Volumen	0,609	m ³
Tiempo de retención	30	min

Profundidad	0,80	m
Carga Hidráulica	4	L/m ² s

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

4.1.5. *Tanque de aireación*

Se propone un tanque de aireación, el cual aumentará la biodegradabilidad de los contaminantes presentes en el efluente, mismo que inyectará aire comprimido por un compresor y que este tanque cuente con una capacidad de 1,0 m³ y de las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5-4: Resultados del tanque de aireación

Parámetros	Valor	Unidad
Volumen	1,0	m ³
Altura	1,0	m
Ancho	1,0	m
Largo	1,0	m
Sistema de aireación		
Flujo de aire	18,76	m ³ /min
Presión hidrostática	1,42	psi
Presión absoluta	16,23	psi
Potencia del compresor	6,41	Hp
Variación térmica del aire de compresión	9,55	°C
Temperatura de salida del aire	29,55	°C

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

4.1.6. *Tanque de coagulación-floculación*

Mediante el dimensionamiento de este tanque se realizará el tratamiento químico que consiste en un proceso de coagulación-floculación con la adición de PAC y el floculante aniónico, mismo que se ha establecido un tiempo de retención de 0,59 h y sus especificaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6-4: Resultados del tanque coagulación-floculación

Parámetros	Valor	Unidad
Área	0,73	m ²
Ancho	0,60	m
Longitud	1,20	m
Volumen	0,72	m ³
Diámetro	0,96	m
Sistema de coagulación-floculación		
Tiempo de retención hidráulico	0,59	h
Longitud de las paletas de agitación	0,15	m
Potencia disipada	446,31	W
Área de las paletas	1,77	m ²

Realizado por: Illicachi Tamyá, 2022.

4.1.7. *Tanque de sedimentación*

Se ha diseñado un tanque de sedimentación con el objetivo de que los sólidos contaminantes sedimenten por acción de la gravedad y las características de este tanque se muestran a continuación:

Tabla 7-4: Resultados del tanque de sedimentación

Parámetros	Valor	Unidad
Área	0,73	m ²
Diámetro	0,96	m
Radio	0,48	m
Volumen	1,09	m ³
Carga sobre el vertedero	12,73	m ³ /m ² día
Tiempo de retención hidráulica	0,89	h

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

4.1.8. *Lecho de secado de lodos*

Este tanque ha sido diseñado para remover los sólidos y la materia orgánica procedente del sedimentador, ya que cumplirá con los parámetros establecidos en la norma ambiental. Además, este diseño se basó en los criterios de la Norma OPS/CEPIS/05.163, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 8-4: Resultados de lecho de secado de lodos

Parámetros	Valor	Unidad
Carga de lo sólidos suspendidos	0,75	Kg _{ss} /h
Masa de los sólidos	0,24	Kg/h
Volumen de lodos digeridos	1,15	L/h
Volumen de lodos para la extracción	0,828	m ³
Área del lecho de secado	1,66	m ²
Longitud de lecho de secado	1,66	m
Ancho de lecho de secado	1,00	m
Volumen del lecho de secado	0,83	m ³

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

4.1.9. *Tanque de desinfección*

Como etapa final del proceso de tratamiento del agua residual, se ha realizado los cálculos respectivos para el diseño de un tanque de desinfección con el fin de reutilizar el agua para diversos procesos de la Planta, los parámetros para su diseño se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9-4: Resultados del tanque de desinfección

Parámetros	Valor	Unidad
Longitud del tanque	1	m
Ancho del tanque	0,80	m
Volumen	0,67	m ³
Diámetro del tanque	0,69	m
Área	0,80	m ²
Altura del tanque	0,84	m

Realizado por: Illicachi Tamyá, 2022.

4.2. **Resultados de la dosificación de los insumos químicos**

En la Tabla 10-4, se describe la dosificación diaria de los insumos químicos que se van a utilizar para la tratabilidad del agua residual, en el que se añadirán en el tanque de coagulación-floculación.

Tabla 10-4: Descripción de la dosificación de insumos químicos a nivel industrial

Descripción	Cantidad	Concentración
Policloruro de aluminio	4,38 kg/día	150 ppm
Floculante aniónico (Poliectrolito)	0,88 kg/día	6 ppm

Realizado por: Illicachi Tamyá, 2022.

4.3. Resultados de la caracterización del agua residual después del tratamiento

Al finalizar con los procesos de tratabilidad se realizó la caracterización de los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de la Norma Ambiental, en el que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 11-4: Caracterización final del agua residual tratada

Determinaciones	Unidades	Método	Análisis 1	Análisis 2	Análisis 3	Valor promedio
pH	.....	STANDARD METHODS 4500-B	7,42	6,65	7,51	7,19
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	8,14	8,32	8,25	8,24
Conductividad eléctrica	uS/cm	PE-LSA-02	624	531	547	567,3
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	18,40	16,70	17,09	17,40
Sólidos suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2530-D	54	49	47	50
Sólidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2530-B	629	589	512	576,67
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	13,40	11,76	10,87	12,01

DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	137	158	149	148
DBO₅	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	75	82	79	79
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Membranas filtrantes	Ausenci a	Ausenci a	0,1	Remoción > 99,9%

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

De acuerdo a la Tabla 11-4, se observa que los parámetros promedios de las tres muestras de agua residual tratada se encuentran dentro de los límites establecidos de la Norma de Calidad Ambiental vigente. Se realizó tres caracterizaciones del agua residual tratada con el fin de obtener valores concretos, estos resultados también se pueden evidenciar en el Anexo C y Anexo D.

Tabla 12-4: Caracterización del agua residual tratada y los límites establecidos en la Norma

Determinaciones	Unidades	Método	Valor promedio	Límite máximo permisible
Potencial de hidrógeno	.....	STANDARD METHODS 4500-B	7,19	6-9
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	8,24	.....
Conductividad eléctrica	uS/cm	PE-LSA-02	567,3	.....
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	17,40	30.00
Sólidos suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2530-D	50	130
Sólidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2530-B	576,67	1600
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	12,01	50.00

DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	148	200
DBO₅	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	79	100
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Membranas filtrantes	Remoción > 99,9%	Remoción > 99,9%

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

4.4. Comparación de la caracterización inicial y final del agua residual

Al aplicar el tratamiento fisicoquímico se logró disminuir la carga contaminante de la muestra de agua residual, lo que significa que las pruebas de tratabilidad aplicadas son eficientes para el dimensionamiento del sistema de tratamiento. En la siguiente Tabla se presenta una comparación de los resultados obtenidos en la caracterización inicial y final del agua residual con los parámetros establecidos por la Normativa Ambiental para la descargada al cuerpo de agua dulce:

Tabla 12-4: Caracterización inicial y final del agua residual tratada

Determinaciones	Unidades	Agua residual inicial	Agua residual final	Límite máximo permisible
pH	.....	5,12	7,19	6-9
Turbiedad	NTU	478,00	8,24	.....
Conductividad eléctrica	uS/cm	3.229	567,3	.....
Aceites y grasas	mg/L	313,07	17,40	30.00
Sólidos suspendidos	mg/L	617,00	50	130
Sólidos totales	mg/L	2.057	576,67	1.600
Nitrógeno total	mg/L	113,91	12,01	50.00
DQO	mg/L	6.469	148	200
DBO₅	mg/L	4.643	79	100
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	1.323,3	Ausencia	Remoción > 99,9%

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

4.5. Porcentaje de remoción de los procesos de tratabilidad

Al finalizar con la caracterización físico-química del agua tratada, se determinó el porcentaje de remoción de los parámetros que se encontraban fuera del límite de la norma establecida con el fin de evaluar y analizar la eficiencia del sistema de tratamiento a escala laboratorio. En la siguiente tabla se muestra los resultados de remoción de la carga contaminante de la muestra:

Tabla 13-4: Porcentaje de remoción de la carga contaminante en la muestra

Determinaciones	Unidades	Agua residual inicial	Agua residual final	% Remoción
Turbiedad	NTU	478,00	8,24	98,15%
Aceites y grasas	mg/L	313,07	17,40	94,44%
Sólidos suspendidos	mg/L	617,00	50	91,90%
Sólidos totales	mg/L	2.057	606,3	70,53%
Nitrógeno total	mg/L	113,91	12,01	89,46%
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	6.469	148	97,71%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	4.643	79	98,30%
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1323,3	Ausencia	Remoción al 99,9%

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

4.5.1. Remoción de DQO y DBO₅ en la muestra antes y después del tratamiento

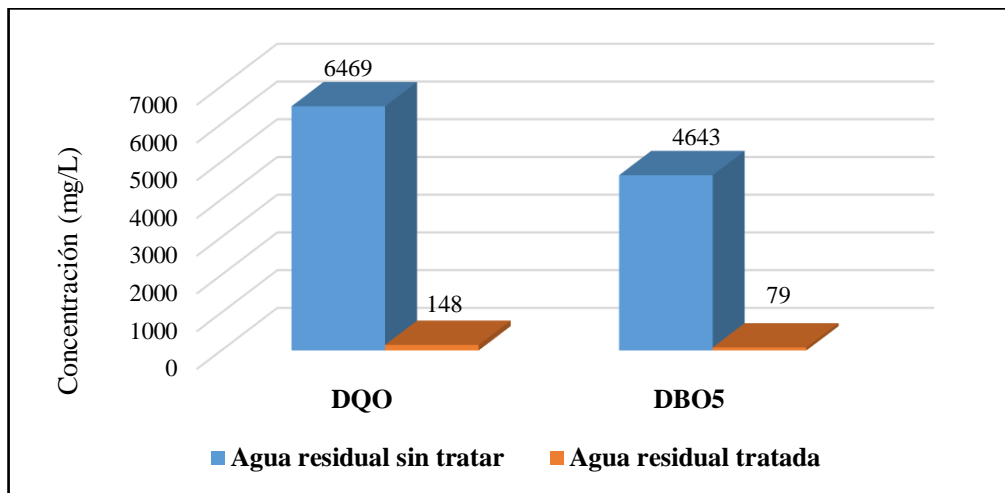


Gráfico 1-4: Remoción de DQO y DBO₅

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En la Gráfica 1-4, se puede evidenciar que las pruebas de tratabilidad aplicadas a la muestra se consiguió la remoción del 97,71% en DQO y 98,30% en DBO₅, logrando disminuir significativamente la concentración de esta carga contaminante.

4.5.2. Remoción turbiedad, aceites y grasas, y nitrógeno total

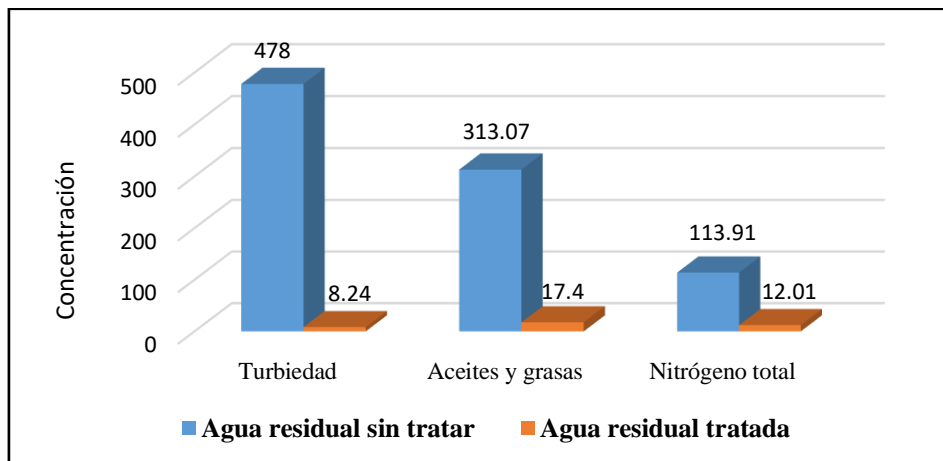


Gráfico 2-4: Remoción de turbiedad, aceites y grasas, y nitrógeno total

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En el Gráfico 2-4, se observa que la remoción de la turbiedad es del 98,15%, aceites y grasas es del 94,4% mientras que del nitrógeno total es del 89,46%. Por lo tanto, se obtuvo la concentración permisible con respecto a la Norma de Calidad Ambiental.

4.5.3. Remoción de Sólidos suspendidos y sólidos totales

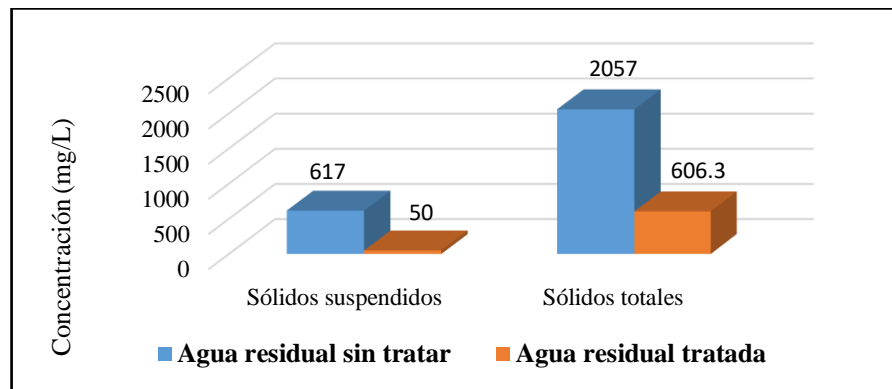


Gráfico 3-4: Remoción de sólidos suspendidos y sólidos totales

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En el Gráfico 3-4 se presenta los resultados del agua residual antes y después de su tratamiento, en el que se redujo parámetros como: sólidos suspendidos 617 mg/L y sólidos totales 2057 mg/L, indicando un porcentaje de remoción de 91,98% de sólidos suspendidos y un 70,53% de sólidos totales.

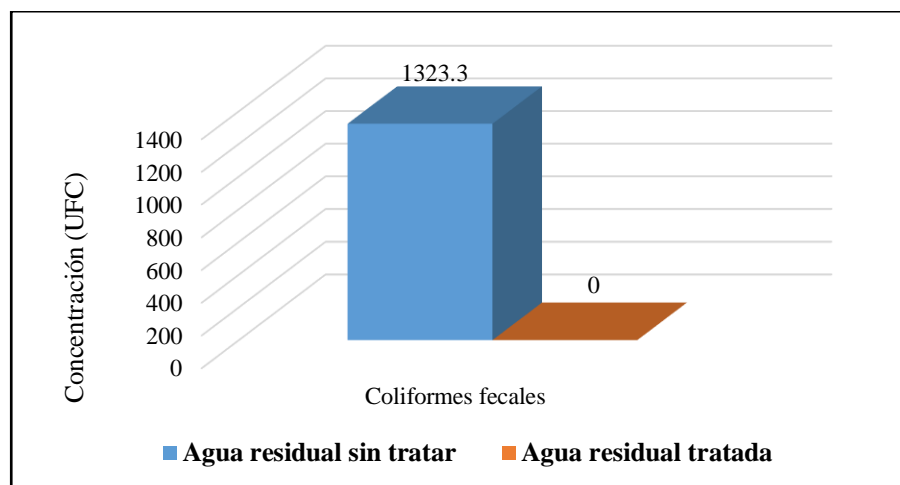


Gráfico 4-4: Remoción de coliformes fecales

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En el Gráfico 4-4 se presenta la concentración inicial y final del parámetro microbiológico en que se demuestra un porcentaje de remoción del 99,9% de coliformes fecales, lo que significa que el agua residual tratada puede ser reutilizada para diferentes procesos de la Planta Yurak Sisa.

4.6. Propuesta del sistema de tratamiento del agua residual

Actualmente, la Planta de productos lácteos Yurak Sisa genera una gran cantidad de aguas residuales, misma que posee una composición de carga contaminante muy alta debido a las diferentes operaciones que se realiza dentro de la Planta y son descargadas directamente al cuerpo hídrico (Río Guamote) sin ningún tratamiento previo, motivo por el cual se propone diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales que contribuya a la mitigación del impacto ambiental en especial a los recursos hídricos de la comunidad (Ver Anexo M y N).

En el desarrollo de este proyecto, se evidencio que el efluente no cumple con los parámetros establecidos en la normativa ambiental y de descarga a un cuerpo de agua dulce. Por lo tanto, se presenta la siguiente propuesta de sistema de tratamiento en base a los procesos físico-químicos con el fin de favorecer a la protección ambiental de la comunidad:



Figura 1-4: Diagrama del sistema de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Illicachi, Tanya, 2022.

- El agua residual proveniente de las líneas de producción de la Planta pasa por un sistema de rejillas de limpieza manual de 8 barras con una separación de 0,0215 m con el fin de retener los sólidos de mayor tamaño, estos estarán ubicados en un canal rectangular de hormigón con 0,20 m y un ancho de 0,80 m de largo con una profundidad de 0,3089 m, tal y como se observa en el Anexo F.
- Este canal rectangular conducirá al efluente hacia una trampa de grasa con unas dimensiones de 0,71 m de ancho y 1,065 m de longitud, el cual se diseñó para reducir las concentraciones de grasas y aceites que se removerán por flotación mientras que los sólidos se depositarán en el fondo del tanque, el diseño de este equipo se observa en el Anexo G.
- El efluente proveniente de la trampa de grasa pasará un tanque de aireación, cuyas dimensiones son de 1 m de largo y 1 de altura, en el que por medio de un compresor de 6,41 HP se suministrará oxígeno con un tiempo de retención de 3 horas, ya que ayudará a reducir la carga contaminante y eliminar olores desagradables del agua. Este diseño se puede evidenciar en el Anexo H.
- Posterior a esto, el agua entrará a un tanque de coagulación-floculación, el cual tiene unas dimensiones de 0,60 m de ancho y 1,20 m de largo, en el que introducirá un agitador de paletas con una potencia de 446,31 W. En este tanque se añadirá 2ml de NaOH a 1N para ajustar el pH y se adicionará PAC a una concentración de 150 PPM y floculante aniónico a una concentración de 6 PPM, este proceso se realizará a 200 RPM con un tiempo de retención de 35,4 minutos. Las especificaciones de este diseño se observan en la Tabla 6-4 y en el Anexo I.
- El agua pasará a un sedimentador con un diámetro de 0,96 m, un radio de 0,48m y un tiempo de retención de 0,89 h, en el que por acción de la gravedad se sedimentarán los flóculos en el fondo del tanque para ser llevados hasta el lecho de secado mediante un sistema de drenaje y obtener agua clarificada que cumpla con parámetros establecidos en la Norma ambiental (Ver Anexo J y Anexo K respectivamente).
- Finalmente, el agua es dirigida a un tanque de desinfección que posee una altura de 0,84 m, una longitud de 1 m, un ancho de 0,80 m, en el que se tratará el agua clarificada con hipoclorito de calcio (3 ml por cada litro de agua tratada) con el fin eliminar las bacterias contaminantes y desinfectar el agua tratada para que pueda ser reutilizada para diversos procesos que se generan dentro de la Planta. El equipo de este diseño se puede observar en el Anexo L.
- Cabe mencionar que los equipos se dimensionaron en base a los cálculos de ingeniería y criterios de diseño del sistema de tratabilidad como la Norma RAS 2000 y OPC/CEPIS 2003.

4.7. Requerimiento de costos

4.7.1. Costo del sistema de tratamiento propuesto

El presupuesto que se necesitará para la implementación y construcción de los equipos que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente de las diferentes líneas de producción de la Planta de Productos Lácteos Yurak Sisa, se describe en la siguiente tabla:

Tabla 14-4: Costo de los equipos del sistema de tratamiento

Etapa	Descripción	Unidad	Medida	Costo	Valor total
Canal de entrada	Limpieza y desbroce del material	m ²	2,00	0,86	1,72
	Excavación manual	m ³	1,65	5,93	9,78
	Hormigón simple fc=210 kg/cm ² inc. enlucido	m ³	0,8	180,70	90,35
	Tubería PVC y accesorios (codos a 90°, válvula)	ml	20,00	2,97	59,40
Sistema de rejillas	Rejilla manual con barras de acero inoxidable	u	8	3,50	35,00
Trampa de grasa y aceite	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,90	0,86	1,63
	Excavación manual	m ³	1,95	5,83	11,37
	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² y encofrado	m ³	2,30	260,59	262,89
	Enlucido interior con impermeabilizante	m ²	15,54	7,91	122,92
	Malla electrosoldada de 5 mm de 20x20 cm	m ²	9,08	1,60	14,53
	Tubería PVC y accesorios (codos a 90°, válvula)	ml	17,20	2,97	51,08
Tanque de aireación	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,70	0,86	1,46
	Excavación manual	m ³	2,40	5,83	13,99
	Hormigón simple fc=210 kg/cm ² inc. enlucido	m ³	1,30	180,70	234,91

	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	6,20	1,60	9,92
	Compresor de 7HP y accesorios	u	1,00	320,47	320,47
	Provisión de tuberías PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	25,20	2,48	62,50
Tanque de Coagulación-floculación	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,40	0,86	1,20
	Excavación manual	m ³	2,52	5,83	14,69
	Hormigón simple fc=210 kg/cm ² inc. enlucido	m ³	1,24	180,70	224,07
	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	7,40	1,60	11,48
	Motor y accesorios	u	1,00	395,00	395,00
	Paletas mecánicas tipo hélice	u	1,00	190,78	190,78
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	19,45	2,48	48,24
Sedimentador	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,70	0,86	1,46
	Excavación manual	m ³	2,56	5,83	14,92
	Hormigón simple fc=210 kg/cm ² inc. enlucido	m ³	1,50	180,70	271,05
	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	8,65	1,60	13,84
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	23,50	2,48	58,28
Lecho de secado	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,50	0,86	1,30
	Excavación manual	m ³	2,70	5,83	15,74
	Hormigón simple fc=210 kg/cm ² inc. enlucido	m ³	1,50	180,70	271,05
	Malla metálica electrosoldada 15x15 cm	kg	9,24	1,60	14,78
	Suministro y colocación de ladrillo	m ²	2,25	8,53	19,19

	Suministro y colocación de grava	m ³	3,24	12,30	39,85
	Suministro y colocación de arena	m ³	2,74	11,2	30,24
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	15,20	2,48	37,70
Tanque de desinfección	Limpieza y desbroce del material	m ²	1,80	0,86	1,55
	Excavación manual	m ³	2,30	5,83	13,41
	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² y encofrado	m ³	1,50	260,59	390,89
	Acero de refuerzo f'y= 4200 kg/cm ²	kg	55,20	2,10	115,92
	Enlucido interior con impermeabilizante	m ²	14,59	7,91	115,41
	Tuberías PVC d=110mm Desague+válvula	ml	15,00	3,12	46,80
	Malla metálica electrosoldada 15x15 cm	kg	11,25	2,60	29,25
Subtotal					3.692,01
TOTAL					4.135,05

Fuente: (Salinas, 2016, p.2).

Realizado por: Illicachi, Tamyá, 2022.

En la Tabla 14-4 se presenta la cotización de la construcción de cada uno de los equipos para el sistema de tratamiento de la Planta de lácteos Yurak Sisa. La implementación total de este sistema con el valor agregado de IVA es de \$ 4.135,05 (CUATRO MIL CIENTO TREINTA Y CINCO DÓLARES AMERICANOS), en el que se considera operaciones desde la preparación del terreno hasta la adquisición de los motores y accesorios para el funcionamiento del sistema en base a los resultados del dimensionamiento de cada equipo y los precios actuales de los materiales y así obtener un análisis preciso de los costos de construcción.

4.7.2. Costo por dosificación de los insumos químicos

El costo diario de la dosificación de los insumos químicos para tratar el agua residual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15-4: Costos por dosis de las sustancias químicas

Insumos químicos	Dosificación diaria (Kg/día)	Costo por Kg (\$)	Costo diario (\$)	Costo mensual (\$)
Policloruro de aluminio (PCA)	4,38	0,80	3,50	108,50
Floculante aniónico (polielectrolito)	0,88	6,50	5,72	177,32
TOTAL			\$ 9,22	\$ 285,82

Fuente: (Prolabor, 2022).

Realizado por: Illicachi Tamyá, 2022.

En la Tabla 15-4, se determina la cotización mensual de los insumos químicos, el cual es de 285,82 dólares. Cabe mencionar que al utilizar bajas concentraciones del Policloruro de aluminio (PCA) y el Floculante aniónico (polielectrolito), los costos de tratabilidad resultan ser favorables para la Planta.

4.8. Análisis y discusión de resultados

En el presente proyecto técnico se propone un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta de Lácteos Yurak Sisa debido a que se genera una cantidad considerable de aguas residuales, las mismas que contienen ciertos parámetros ambientales que superan el límite establecido de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al recurso agua. Por ende, se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras del efluente tomadas en diferentes días (miércoles, viernes y sábado), en el que se estableció un promedio de los siguientes parámetros: un pH de 5,12, aceites y grasas 313,07 mg/L, sólidos suspendidos 617 mg/L, sólidos totales 2.057 mg/L, nitrógeno tal 113,91mg/L, DQO 6.469 mg/L, DBO₅ 4.643mg/L y coliformes fecales 8.433 UFC, como se puede observar en la Tabla 20-3.

Con los valores obtenidos de DBO₅ y DQO de la caracterización inicial del efluente, se calculó el índice de biodegradabilidad dando como resultado 0,72, de acuerdo a los criterios presentados en la Tabla 21-3, se decidió aplicar un tratamiento fisicoquímico. Por tal razón, el agua residual fue sometido a varias pruebas de tratabilidad, siendo de mejor elección la trampa de grasa, tratamiento por aireación y procesos de coagulación-floculación mediante el test de jarras, en el que se realizó ensayos a diferentes concentraciones de los coagulantes y floculantes como se puede observar en la Tabla 23-3, Tabla 24-3 y Tabla 25-3 respectivamente, obteniendo los mejores resultados al aplicar 150 ppm de PAC y 6 ppm de floculante aniónico, logrando disminuir la turbiedad a 8,25 NTU, tal y como se observa en la Tabla 26-3, y así conseguir resultados finales al emplear un proceso de sedimentación.

Una vez finalizada con las pruebas de tratabilidad se efectuó la validación del diseño mediante la caracterización del agua tratada basada en la Norma de Calidad Ambiental, en el que se obtuvo los siguientes resultados: 7,19 de pH, 148 mg/L de DQO, 79 mg/L de DBO, 17,40 mg/L de aceites y grasas, 50 mg/L de sólidos suspendidos, 576,67 mg/L de sólidos totales, 12,01 mg/L de nitrógeno total y la ausencia de coliformes fecales, como se puede observar en la Tabla 11-4. Según Chariguamán (2018, p.40), en su estudio denominado “Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas en la Planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador” establece los siguientes valores de la caracterización final: 7,92 de pH, 167 mg/L de DQO, 84 mg/L de DBO5, 15 mg/L de aceites y grasas, 18 mg/L de sólidos suspendidos, 648 mg/L de sólidos totales y 39 mg/L de nitrógeno total. Comparando los datos obtenidos anteriormente, presentan una diferencia mínima en los parámetros establecidos debido a la cantidad de carga contaminante inicial del efluente y dosificaciones de los coagulantes-floculantes aplicados en ambos estudios, el cual modifica la caracterización del agua tratada, sin embargo, los resultados obtenidos en ambos análisis cumplen con los rangos establecidos en la Norma de Calidad Ambiental al Recurso Agua y de descarga a un cuerpo de agua dulce.

El dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual propuesto se realizó en base al caudal medido de 0,338 L/s, valor que se observa en la Tabla 1-4, con la aplicación de los criterios de diseño y los cálculos de ingeniería, cuyo sistema está conformado por: un sistema de rejillas, una trampa de grasa y aceite, un tanque de aireación, un tanque de coagulación-floculación, sedimentador y para su tratamiento final se propone un tanque de desinfección con el fin de recircular el agua tratada a los diversos procesos que se llevan a cabo en la Planta, tal y como se observa en el Anexo M y Anexo N. Según Jiménez (2019, p.5), en su trabajo titulado “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteos Santa Cruz-Santiago de Pillaro” propone un sistema de tratamiento que consta de un vertedero rectangular, un sistema de rejillas, tanque de almacenamiento, tanque de aireación, tanque de coagulación-sedimentación, un filtro de grava y un tanque de cloración. Ambos sistemas presentan una diferencia en dos equipos debido a las pruebas fisicoquímicas realizadas en el laboratorio, en base a la caracterización se comprobó que ambos sistemas son efectivos para la reutilización del agua tratada, lo que genera una ganancia económica en insumos y la reducción de la contaminación ambiental.

Los costos de operación de la Planta han sido analizados en base a la dosificación mensual del efluente, en el que se tendrá \$285,82 en insumos químicos. Para el costo de construcción e implementación del sistema de tratamiento propuesto se brindó el máximo beneficio para la Asociación Yurak Sisa obteniendo un valor de \$4.135,05. Por lo tanto, este proyecto técnico para su instalación es totalmente factible, ya que este sistema da como resultado un mejoramiento

notable en la calidad del agua residual, misma que será reutilizada para varios procesos dentro de Planta y evitará la contaminación de los recursos hídricos de la comunidad.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta procesadora de productos lácteos de la Asociación de mujeres Yurak Sisa debido a que el efluente requiere de tratamientos previos para la eliminación de su carga contaminante y cumpla con los parámetros establecidos de la Normativa Ambiental.
- Se determinó las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras del efluente en diferentes días, obteniendo los siguientes resultados: 6.469 mg/L de DQO, 4.643 de DBO5 mg/L, pH de 5,12, 478 NTU de turbiedad, 313,07 mg/L de aceites y grasas, 617 mg/L de sólidos suspendidos, 2.057 mg/L de sólidos totales, 113,91 mg/L de nitrógeno total y 1.323,3 UFC de coliformes fecales, parámetros que se encuentran fuera del límite permisible de la Norma de Calidad Ambiental.
- Se realizó diferentes pruebas de tratabilidad a escala laboratorio en base al índice de biodegradabilidad, cuyo resultado fue de 0,72, valor que orienta un tratamiento fisicoquímico, que consistió en una trampa de grasas, una aireación y posteriormente una coagulación-floculación siendo el PAC a 150 ppm y el polielectrolito a 6 ppm, compuestos químicos óptimos para el tratamiento, finalizando con la sedimentación, pruebas que garantizaron la disminución de la carga contaminante.
- Se aplicó los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento propuesto a partir del caudal de diseño 0,338 L/s y los criterios de diseño de cada equipo, por medio de los ensayos de tratabilidad a escala laboratorio se obtiene un sistema que consta de: un canal de entrada, sistema de rejillas, una trampa de grasa, un tanque de aireación, tanque de coagulación-floculación y un tanque de sedimentación, procesos eliminarán la carga contaminante aún presente en el efluente.
- Se realizó la validación del diseño de tratamiento propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica final del agua tratada mediante la Normativa ambiental vigente y puede ser reutilizada para diversos procesos en la Planta. Además, el costo total para su implementación y construcción es de \$ 4.135,05 dólares que implica desde la excavación del terreno hasta el funcionamiento del sistema.

RECOMENDACIONES

- Es necesario la implementación de este sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto considerando todas las especificaciones de diseño para la Planta de lácteos, ya que evitará la contaminación del recurso hídrico de la comunidad y sanciones económicas realizadas por instituciones u organizaciones ambientales.
- Efectuar un mantenimiento periódico del sistema de tratamiento, ya que al finalizar cada proceso de tratamiento pueden quedar pequeñas cantidades de sólidos, los mismos que pueden afectar a un nuevo proceso.
- Al cumplir con los parámetros establecidos por la norma ambiental es recomendable reutilizar el agua tratada para diversos procesos de la Planta en lugar de ser descargada y así evitar el consumo excesivo de agua potable, siendo una mejor alternativa para la aplicación de buenas prácticas ambientales.
- Una vez tratada el agua residual es recomendable instalar un tanque de desinfección para la reutilización del agua para diversos procesos que se generan dentro y fuera de la Planta Láctea con el fin de obtener ganancias económicas en insumos y la reducción de la contaminación ambiental.
- Realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua tratada cada 5 meses para verificar si el proceso de tratamiento es óptimo y funciona correctamente, caso contrario se deberá replantear las dosificaciones de los insumos químicos e incluso el dimensionamiento de la planta.
- Los lodos generados en el sistema de tratamiento deberán ser deshidratados por exposición al medio ambiente para ser utilizados en la agricultura como abono o en la producción de compost.

GLOSARIO

Absorción: Cuando un sólido toma las moléculas en su estructura (Pineda, 2021, párr.6).

Alcalinidad: Medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, esto se conoce como la capacidad del agua para resistir un cambio en el pH cuando se añade ácido (Rodríguez, 2019, p.6).

Antropogénico: Contaminante o material que resulta de la actividad humana, Los contaminantes antropogénicos son el resultado de vertidos o derrames, más que de sucesos naturales tales como el fuego en los bosques (Vallejo, 2013, p.45).

Cuerpo de agua: Acumulación de agua corriente, que en su conjunto forma la hidrósfera; son los charcos temporales, manantiales, lagunas, lagos, océanos, ríos y cualquier otra acumulación de agua (Bermeo, 2016, p.64).

Descarga: Vertido de agua residual o de líquidos contaminantes al ambiente durante un período determinante o permanente (Romero, 2010, p.10).

Efluente: Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo, por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales (Jiménez, 2019, p. 18).

Emisión: Descarga de contaminantes hacia la atmósfera (Casillas, 2018, párr.8).

Floculación: Proceso químico en el que se añade floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado (Cueva, 2019, p.6).

Limite permisible: Valor máximo de concentración de elementos o sustancias en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados y reglamentado a través de instrumentos legales (Sánchez, 2011, p.59).

Lodos: Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas (Rivadeneira, 2015, p.14).

Lodo activado: Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración (Núñez, 2019, p.51).

Neutralización: La adición de sustancias para neutralizar el agua, tal que no sea ácida ni tampoco básica, es decir, obtener el punto de equivalencia de una reacción ácido-base (Carpio, 2015, p.22).

Prueba de jarras: Ensayo de laboratorio que permite simular las etapas de coagulación-floculación para realizar la selección de los químicos adecuados y obtener una determinada calidad de agua final (Peralta, 2020, p.67).

Sedimentos: Suelo, arena, y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia (Bonilla, 2018, p.5).

Sólidos disueltos: Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración (Sánchez, 2021, párr.12).

Sólidos sedimentables: Producto sedimentables y son eliminados en ese camino. Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo (Rivadeneira, 2015, p.34).

Sustrato: Compuesto que puede ser empleado como fuente de carbono, energía o nutrientes para el metabolismo microbiano (López, 2018, párr.5).

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, E. G. *Manual de medición de caudales*. Guatemala-Cobán: ICC, 2015, pp. 45-49.

ALZATE LEAL, Lina Marcela. Evaluación del dimensionamiento de los lechos de secado en diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales del Oriente Antioqueño [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental, Colombia. 2021. pp. 12-18. [Consulta: 2022-09-18]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0419_MT.pdf.

APHA, AWWA y WPCF. 2017. *Standards Methods for the examination of water and wastewater*. 23^a ed. EE.UU.-Washington D. C.: American Public Health Association, pp. 69-81.

BARRAGÁN FONSECA, Gabriela Cecilia. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la Planta de lácteos Paraíso del cantón Salcedo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2015. pp. 84-109. [Consulta: 2022-09-10]. Disponible en: http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4729/1/96_T00313%20UDCTFC.pdf.

BEDOYA, Juan; et al. "Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [En línea], 2014, (Colombia) 10(2), pp. 6-10. [Consulta: 13 septiembre 2022]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37031522004>.

BEJARANO, L. S. *Guía para la toma de diferentes muestras de agua residual*. Bolivia-La Paz: Perigua, 2015, pp. 85-97.

BERMEO, M. Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales. 2^a ed. [en línea]. Ecuador-Quito: Grupo Compás, 2016. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37031522004>.

BERMEO MATUTE, Neuwton Danielo, & SALAZAR VALLEJO, Fernando Pablo. Optimización de la planta de tratamientos de aguas residuales industriales de una empresa textil [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial, Ecuador. 2013. pp. 98-124. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6215/1/UPS-GT000524.pdf>.

BOKOVA, Irina & RYDER, Guy. *Aguas residuales, el recurso desaprovechado. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* [blog]. [Consulta: 09 agosto 2022.] Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf).

BONILLA SÁNCHEZ, Alex Manuel. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para la parroquia de San Bartolomé de Pinillo, Cantón Ambato [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2018. pp. 53-87. [2022-09-13]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10425/1/96T00478.pdf>.

CARPIO, T. A. *Turbiedad por Nefelometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales.* Colombia: Medellín: Zuluaga S.A., 2015, pp. 127-145.

CUEVA ALCANTARA, Max Cueva. Implementación de una planta piloto de tratamiento de aguas residuales para disminuir los contaminantes orgánicos en el Dren 3100 [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Perú. 2019. pp. 121-143. [Consulta: 2022-07-04]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39531>.

DÍAZ, Miguel; et al. "Selección de programa químico de tratamiento para aguas residuales oleosas" [en línea], 2017, (México) 44(2), p. 38. [Consulta: 12 agosto 2022]. ISSN 2223-4861. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612017000200010.

ESCOBAR, R. *Catálogo de maquinaria para procesamiento de lácteos.* 3ª ed. Perú-Lima: Ilata SAC, 2013, pp.18-34.

FERNÁNDEZ, K. *Muestreo de aguas residuales y tipos de análisis empelados* [En línea]. Colombia-Medellín: Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018. [Consulta: 18 septiembre 2022]. Disponible en: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/muestreo-de-aguas-residuales-y-tipos-de-analisis-empleados/>.

GARCÍA MORALES, Angel. *Filtro Lento de Arena* [blog]. [Consulta: 02 julio 2022]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4472450/filtro-lento-de-arena---gits---grupo-deinvestigacion%C3%B3n-en-78/>.

GÓMEZ ALVARADO, José. *Leche y los productos lácteos* [blog]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: [https://tematico8.asturias.es/export/sites/default/consumo/seguridad Alimentaria/seguridad-alimentaria-documentos/lacteos.pdf](https://tematico8.asturias.es/export/sites/default/consumo/seguridad-Alimentaria/seguridad-alimentaria-documentos/lacteos.pdf).

HACH COMPANY. *Manual de análisis de agua* [En línea]. Washington-USA-Colorado: Academic Resources Coalition, 2000. [Consulta: 09 agosto 2022]. Disponible en: [20002https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwimwJC7mbX7AhUr7nMBHfQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hach.com%2Fas-setget.download.jsa%3Fid%3D7639984469&usg=AOvVaw0e7m1GTv_BwUBIEdm22_ak](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwimwJC7mbX7AhUr7nMBHfQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hach.com%2Fas-setget.download.jsa%3Fid%3D7639984469&usg=AOvVaw0e7m1GTv_BwUBIEdm22_ak).

JIMÉNEZ IDROVO, Victor Alfonso. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteos Santa Cruz-Santiago de Pillaro [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2019. pp. 51-62. [Consulta: 2022-07-22]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/10792/1/96T00530.pdf>.

JIMÉNEZ TERÁN, José Manuel; et al. *Manual de apuntes de la experiencia educativa de tuberías y tuberías* (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil. México: Creative Commons, 2013. pp. 34-46. [Consulta: 2022-09-01]. Disponible en: <https://acortar.link/b8tqO8>.

LLERENA ALDAZ, Andrea Sara. Estudio del funcionamiento de una planta de tratamientos de aguas residuales para una Industria láctea [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2019. pp.89-101. [Consulta: 23 de septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/simple-search?filterquery=%2C+Bol%C3%ADvar&filtername=author&filtertype=equals>.

MANAHAN, S. O. *Introducción a la Química Ambiental y su aplicación*. D.F. México: Reverté S.A., 2007, pp. 209-216.

METCALF & EDDY. *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ª ed. vol. 2, España-Barcelona: McGraw-Hill, 1995. ISBN 0-07-041690-7, pp.305-310.

MONTEZUMA NÚÑEZ, Eliana Marilin. Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales generadas en la comunidad Unión de Chimborazo del Cantón Francisco de Orellana [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Facultad de Ciencias. 2015. pp. 89-112. [Consulta: 2022-06-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4805/1/236T0151.pdf>.

MORALES ALDAZ, Kerly. *Técnicas de lagunaje* [blog]. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://wikiwater.fr/a21-tecnicas-de-lagunaje>.

RAMOS GUAMBO, Karina Elizabeth. Diseño de un sistema de tratamiento del agua residual de la fábrica de textiles en el cantón Guano [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2017. pp. 103-110 [Consulta: 06 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7883/1/96T00401.PDF>.

RIVADENEYRA MACHASILLA, Ángela Yajaira. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta procesadora de lácteos, Asociación Unión Libre [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2015. pp. 102-134. [Consulta: 2022-09-22]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4099/1/96T00283%20UDCTFC.pdf>.

RODRÍGUEZ ZAVALA, José. *Tratamiento de Agua, Business as Unusual* [blog]. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894.

ROMALHO, S. R. *Tratamiento de aguas residuales*. 1ª ed. Argentina-Buenos Aires: Reverté, 1990, pp.102-145.

ROMERO, J. *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* [en línea]. Colombia-Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010. [Consulta: 12 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/es/title/tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-de-diseno/oclc/991649715>.

SAENZ ROLDÁN, Luis Fernando. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Planta Lácteos Oasis [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2014. pp. 124-167. [Consulta: 2022-08-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3217/1/96T00221.pdf>.

SÁNCHEZ QUIROZ, Jaime Ivan. El uso de trampas de grasas para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitida a la red municipal de drenaje [En línea] (Trabajo de

titulación). (Pregrado) Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México. 2011. pp. 54-78 [Consulta: 21 septiembre 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/kMS14kC>.

SALINAS MORA, Karla Stefany. *Evaluación económica de una Planta de tratamiento de aguas residuales.* [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Litoral, Ecuador. 2016. pp.87-102. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: [http://www.espol-tech.espol.edu.ec/sites/default/files/servicios-en-linea/COTOESPOL TECH-18-2016/Especificaciones%20tecnicas.pdf](http://www.espol-tech.espol.edu.ec/sites/default/files/servicios-en-linea/COTOESPOL_TECH-18-2016/Especificaciones%20tecnicas.pdf).

SECRETARÍA DEL AGUA. *Estrategía Nacional de Calidad del agua* [En línea]. Ecuador-Quito: Control sanitario, 2016. [Consulta: 01 junio 2022]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.

SORIA SÁNCHEZ, Katerin Liliana. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta de lácteos "San Jacinto", ubicada en el cantón Penipe, provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2019. pp.65-95 [Consulta: 2022-08-01]. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13599/1/96T00568.PDF>.

SOTELO, G. *Hidráulica General.* 15ª ed. México: Limusa S.A, 1998. ISBN 1968-0500-8. pp.23-65.

UVIDIA LÓPEZ, Pamela Liseth. *Análisis de una implementación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la industria quesera El Cebadeñito.* [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Litoral, Ecuador. 2018. pp.90-113. [Consulta: 2022-06-08]. Disponible en: [http://www.espol-tech.espol.edu.ec/sites/default/files/servicios-en-linea/COTOESPOL TECH-18-2016/titulacion%20tecnicas.pdf](http://www.espol-tech.espol.edu.ec/sites/default/files/servicios-en-linea/COTOESPOL_TECH-18-2016/titulacion%20tecnicas.pdf).

VALENCIA LÓPEZ, Adriana Elizabeth. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2013. pp.87-102. [Consulta:2022-08-01]. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>.

VALLEJO LLERENA, Andrés Miguel. Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales para la quesera "El Pajonal" Quimiag [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2013. pp.67-80. [Consulta: 23 de agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3640/1/236T0106%20UDCTFC.pdf>.

ZACARÍAS, Alejandro; et al. *Mecánica de fluidos. Teoría con aplicaciones y modelado.* México: Grupo Editorial Patria, 2017, ISBN 978-607-744-674-3. pp.67-72.



ANEXOS

ANEXO A: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL



LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext. 332 Riobamba-Ecuador

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Tamyá Nina Illicachi Guamán
Fecha de análisis: 06/07/2022
Tipo de muestras: Agua Residual Asociación Yurak Sisa
Localidad: Cantón Guamote – Provincia de Chimborazo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-H-B	6-9	5,18
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	-	3377
Temperatura	°C	2130-B	< 35	15,26
Turbiedad	NTU	2130-B	-	475
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	200	5780
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	3640
Nitrógeno Total	mg/L	10072	50,0	102,40
Aceites y grasas	mg/L	5520-B	30,0	298,40
Cloruros	mg/L	4500-CI-B	1000	5,30
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130	628
Sólidos totales	mg/L	2540-A	1600	1895
Fósforo total	mg/L	4500-P-B	10	2,20

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 Ed.

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, tabla 10

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DE AGUA

Nota: El presente informe solo afecta a la muestra analizada.



LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext. 332 Riobamba-Ecuador

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Tamyá Nina Illicachi Guamán
Fecha de análisis: 29/07/2022
Tipo de muestras: Agua Residual Industria Láctea
Localidad: Cantón Guamote – Provincia de Chimborazo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-H-B	6-9	4,72
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	-	2829
Temperatura	°C	2130-B	< 35	16,39
Turbiedad	NTU	2130-B	-	386
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	200	7504
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	5990
Nitrógeno Total	mg/L	10072	50,0	114,30
Aceites y grasas	mg/L	5520-B	30,0	325,60
Cloruros	mg/L	4500-CI-B	1000	8,90
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130	521
Sólidos totales	mg/L	2540-A	1600	2068
Fósforo total	mg/L	4500-P-B	10	4,86

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 Ed.

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, tabla 10

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DE AGUA
Nota: El presente informe solo afecta a la muestra analizada.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 186-22

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Tamyá Illicachi INFORME N°: 186 – 22
EMPRESA: Proyecto de tesis ESPOCH N° SE: 186 – 22
DIRECCIÓN: La Libertad

TELÉFONO: 0962589241 FECHA DE RECEPCIÓN: 05-09-22
NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual, Industria Láctea TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN: MA-177-25 Agua residual

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras

RESULTADO DE ANALISIS

MA-177-25

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K-2)	FECHA DE ANALISIS
Aceites y grasas	mg/L	EPA 436.1	315,20	N/A	05-09-22
pH	[H ⁺]	PEL-LSA-01	5,46	+/- 0,08	05-09-22
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130 B	573	N/A	05-09-22
Conductividad	us/cm	STANDARD METHODS 2510 - B	3482	N/A	05-09-22
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D mod	6124	+/- 10 %	05-09-22
DBO ₅	mg/L	STANDARD METHODS 5210 - B	4298	N/A	05-09-22
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	125,02	N/A	05-09-22
Sólidos en Suspensión	mg/L	STANDARD METHODS 2540 D	702	N/A	05-09-22
Sólidos totales	mg/L	PEL-LSA-04	2209	+/- 6%	05-09-22
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	1320	N/A	05-09-22
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	4760	N/A	05-09-22

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)
-Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FM2103-01

LS.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 3/4 vía a Guano Bloque Administrativo

NOTAS:

Caracterización físico-química de 3 muestras de agua residual proveniente de la Planta de Lácteos Yurak Sisa.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
 Certificado
 Información
 Preliminar
 Por aprobar
 Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ELABORADO POR:
Tamyá Illicachi

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



CLIENTE: Tamya Illicachi
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche-Yurak Sisa
FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de julio del 2022
FECHA DE MUESTREO: 06 de julio de 2022
EXAMEN FÍSICO
COLOR: Blanquecino
OLOR: Lácteo
ASPECTO: Presencia de sólidos

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	*Método de análisis	Resultados
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	5020
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	1250

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
 *La muestra es receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
 Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



CLIENTE: Tamya Illicachi
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche-Yurak Sisa
FECHA DE RECEPCIÓN: 29 de julio del 2022
FECHA DE MUESTREO: 29 de julio de 2022
EXAMEN FÍSICO
COLOR: Blanquecino
OLOR: Lácteo
ASPECTO: Presencia de sólidos

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	*Método de análisis	Resultados
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	1400
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	4020

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
 *La muestra es receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
 Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

NOTAS:

Caracterización microbiológica de 2
 muestras de agua residual proveniente de la
 Planta de Lácteos Yurak Sisa.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
 CHIMBORAZO**
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Tamya Illicachi

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA



**LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext. 332 Riobamba-Ecuador

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Tamyá Nina Illicachi Guamán
 Fecha de análisis: 05/08/2022
 Tipo de muestras: Agua Residual Tratada, Industria láctea
 Localidad: Cantón Guamote – Provincia de Chimborazo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-H-B	6-9	6,65
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	-	531
Turbiedad	NTU	2130-B	-	8,32
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	200	158
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	82
Aceites y grasas	mg/L	5520-B	30,0	16,70
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130	49
Sólidos totales	mg/L	2540-A	1600	589
Nitrógeno Total	mg/L	10072	50,0	11,76

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 Ed.

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, tabla 10

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. CALIDAD DE AGUA
 Nota: El presente informe solo afecta a la muestra analizada.



**LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext. 332 Riobamba-Ecuador

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Tamyá Nina Illicachi Guamán
 Fecha de análisis: 05/08/2022
 Tipo de muestras: Agua Residual Tratada, Industria láctea
 Localidad: Cantón Guamote – Provincia de Chimborazo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-H-B	6-9	6,65
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	-	531
Turbiedad	NTU	2130-B	-	8,32
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	200	158
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	82
Aceites y grasas	mg/L	5520-B	30,0	16,70
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130	49
Sólidos totales	mg/L	2540-A	1600	589
Nitrógeno Total	mg/L	10072	50,0	11,76

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 Ed.

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, tabla 10

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. CALIDAD DE AGUA
 Nota: El presente informe solo afecta a la muestra analizada.



N° SE: 207-36

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Tamyá Illicachi INFORME N°: 207-36
 EMPRESA: Proyecto de tesis ESPOCH N° SE: 207-36
 DIRECCIÓN: La Libertad

TELÉFONO: 0962589241 FECHA DE RECEPCIÓN: 14-09-22
 FECHA DE INFORME: 21-09-22

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual tratada, Industria láctea TIPO DE MUESTRA: Agua tratada
 IDENTIFICACIÓN: MA-189-32

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA-189-32

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	17,09	N/A	14-09-22
pH	[H ⁺]	PEL-LSA-01	7,51	+/- 0,08	14-09-22
Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	8,25	N/A	14-09-22
Conductividad	us/cm	STANDARD METHODS 2510-B	547	N/A	14-09-22
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D mod	149	+/- 10 %	14-09-22
DBO ₅	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	79	N/A	14-09-22
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	10,87	N/A	14-09-22
Sólidos en Suspensión	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	47	N/A	14-09-22
Sólidos totales	mg/L	PEL-LSA-04	512	+/- 6%	14-09-22
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	<1 (Ausencia)	N/A	14-09-22
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	0.1	N/A	14-09-22

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)
 -Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del OAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 1

NOTAS: Caracterización físico-química de 3 muestras de agua residual después de las pruebas de tratabilidad.	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tamyá Illicachi	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

CLIENTE: Tanya Illicachi
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industrial tratada-Yurak Sisa
FECHA DE RECEPCIÓN: 15 de julio del 2022
FECHA DE MUESTREO: 15 de julio de 2022
EXAMEN FÍSICO
COLOR: Incoloro
OLOR: Incoloro
ASPECTO: Transparente

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	*Método de análisis	Resultados
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	Ausencia

Observaciones:

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
 *La muestra es receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
 Contactanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

CLIENTE: Tanya Illicachi
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industrial tratada-Yurak Sisa
FECHA DE RECEPCIÓN: 05 de agosto del 2022
FECHA DE MUESTREO: 05 de agosto de 2022
EXAMEN FÍSICO
COLOR: Incoloro
OLOR: Incoloro
ASPECTO: Transparente

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	*Método de análisis	Resultados
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	Filtración por membrana	Ausencia

Observaciones:

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
 *La muestra es receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
 Contactanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

NOTAS:

Caracterización microbiológica de 2 muestras de agua residual después de las pruebas de tratabilidad.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
 Tanya Illicachi

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO E: PRUEBAS DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tamyá Illicachi	PRUEBAS DE TRATABILIDAD A ESCALA LABORATORIO		
Trampa de grasa Proceso de aireación Test de jarras para la elección del coagulante	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

CONTINUACIÓN, ANEXO E: PRUEBAS DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL

a)



b)



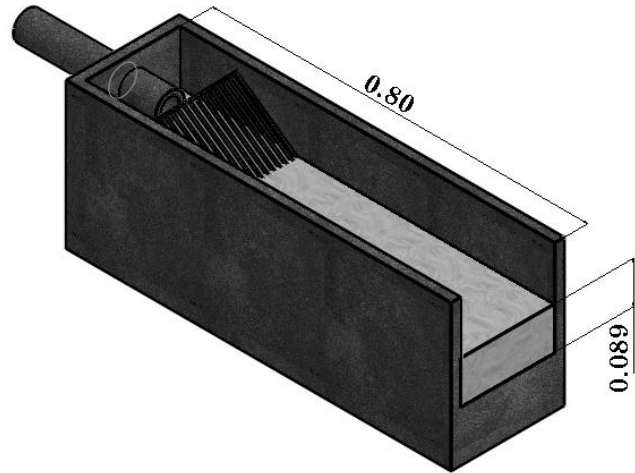
c)



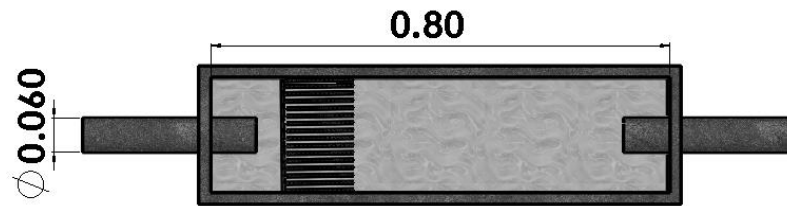
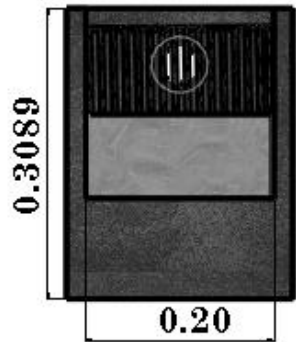
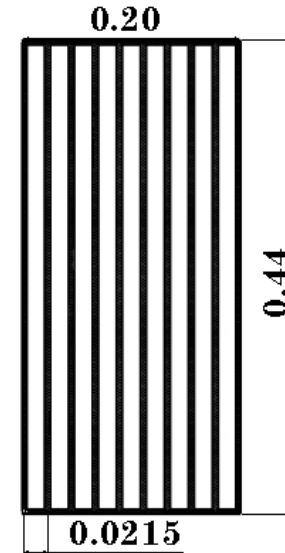
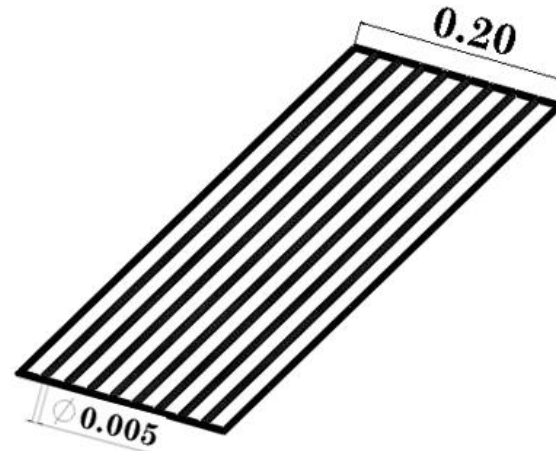
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tanya Illicachi	PRUEBAS DE TRATABILIDAD A ESCALA LABORATORIO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Proceso de coagulación del PAC al 3% Influencia del pH en el proceso de coagulación Agua residual tratada	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		1	1:1	2022/09/25

ANEXO F: CANAL DE RECEPCIÓN Y REJILLAS METÁLICAS

a.



b.



NOTAS:

Dimensión del canal de recepción del agua residual.
Dimensión de las rejillas metálicas.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

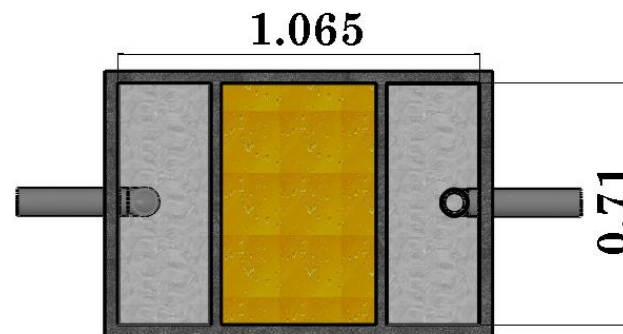
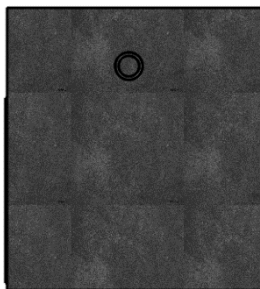
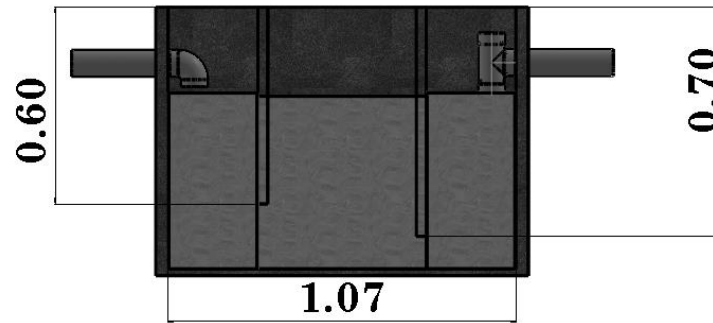
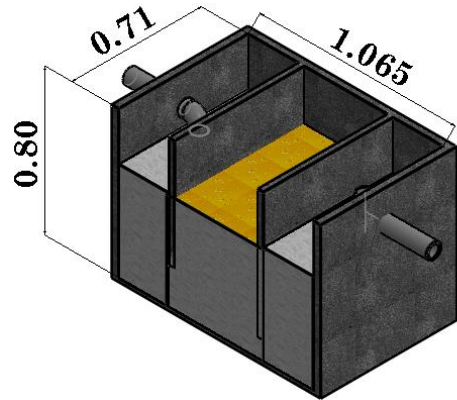
- Aprobado Preliminar
 Certificado Por aprobar
 Información Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
 CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Tamyá Illicachi

CANAL DE RECEPCIÓN Y REJILLAS METÁLICAS

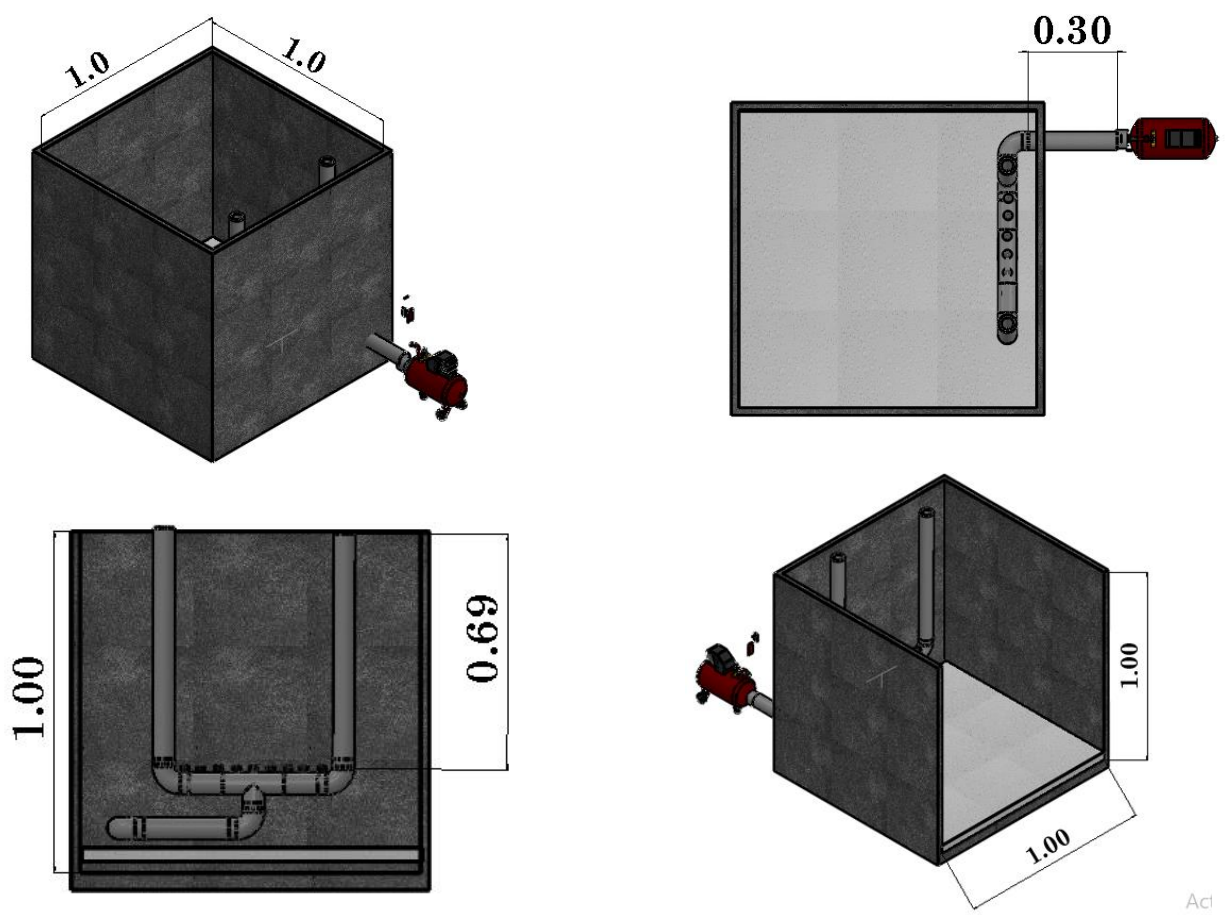
LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO G: TRAMPA DE GRASA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tanya Illicachi	TRAMPA DE GRASAS		
Dimensión de la trampa de grasa o desengrasador.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

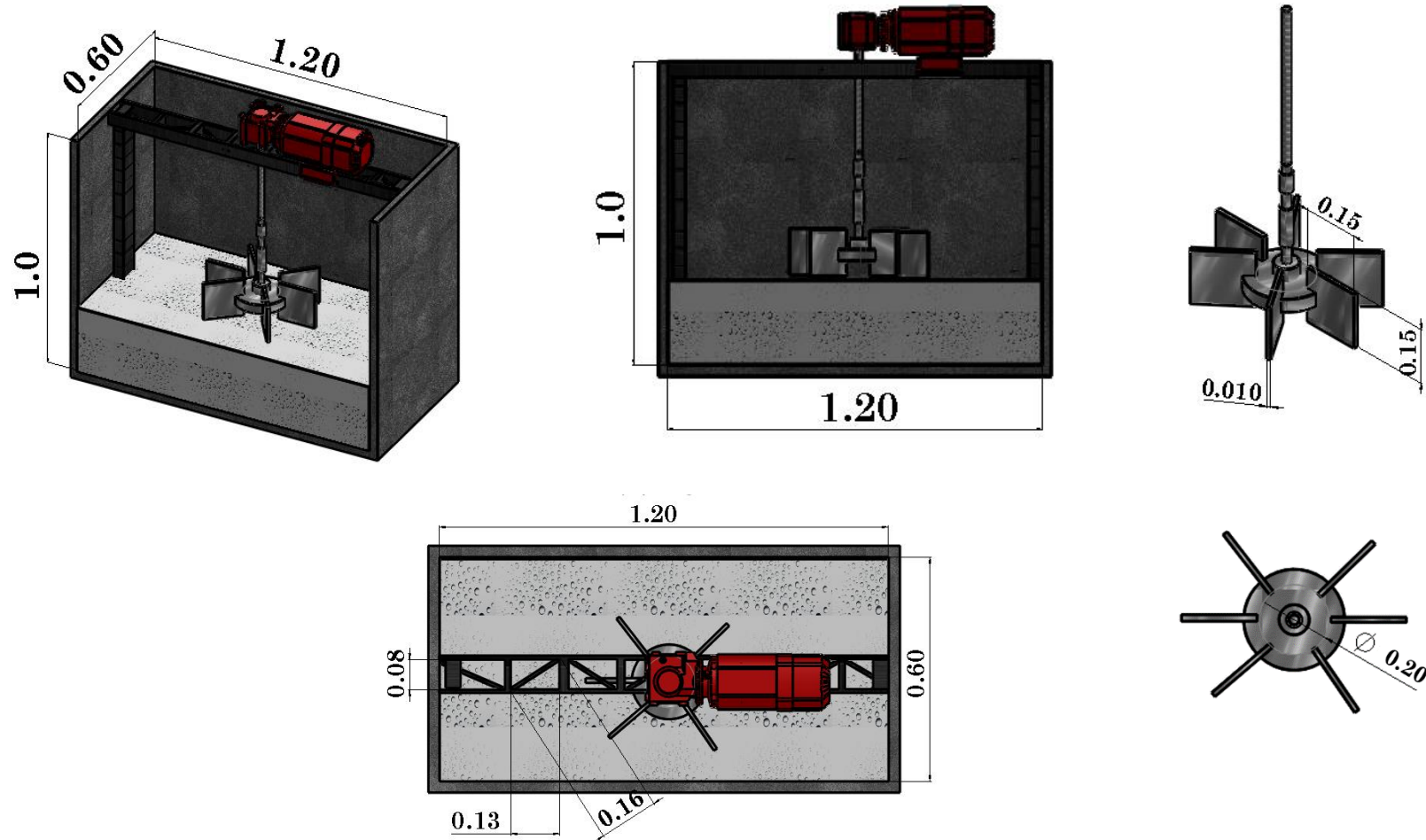
ANEXO H: TANQUE DE AIREACIÓN



Act

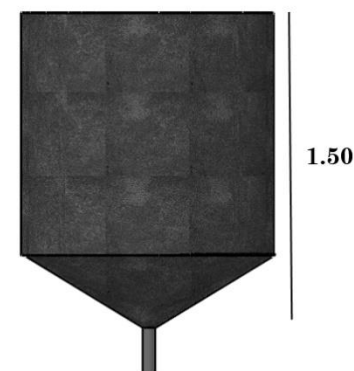
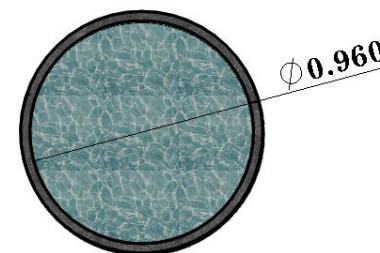
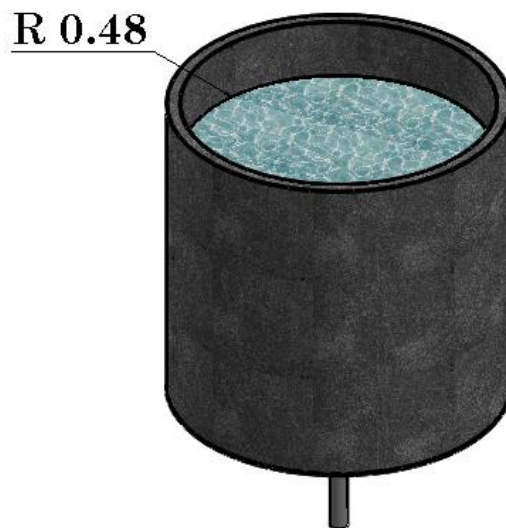
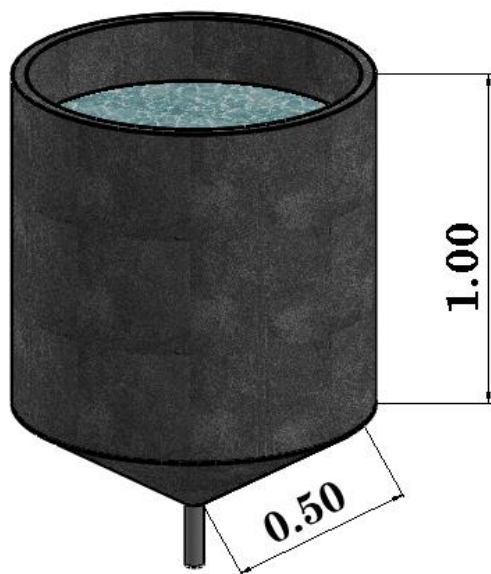
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tanya Illicachi	TANQUE DE AIREACIÓN		
Dimensión del tanque de aireación.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

ANEXO I: TANQUE COAGULADOR-FLOCULADOR



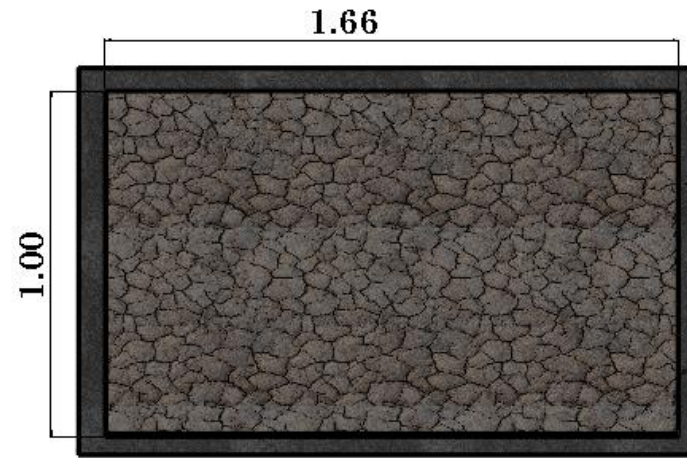
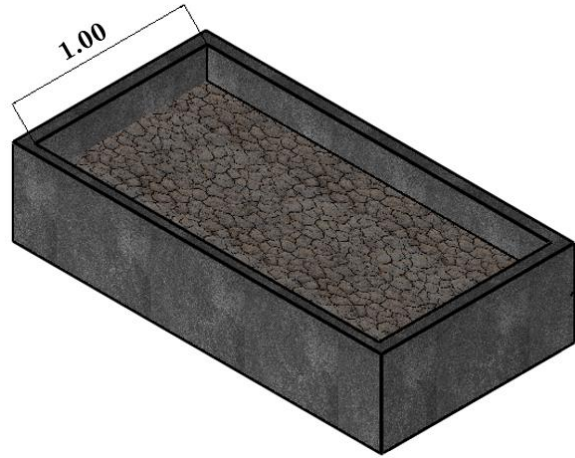
<p>NOTAS:</p> <p>Dimensión del tanque coagulador-floculador.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Tanya Illicachi</p>	<p>TANQUE COAGULADOR- FLOCULADOR</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2022/09/25</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2022/09/25
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2022/09/25							

ANEXO J: TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



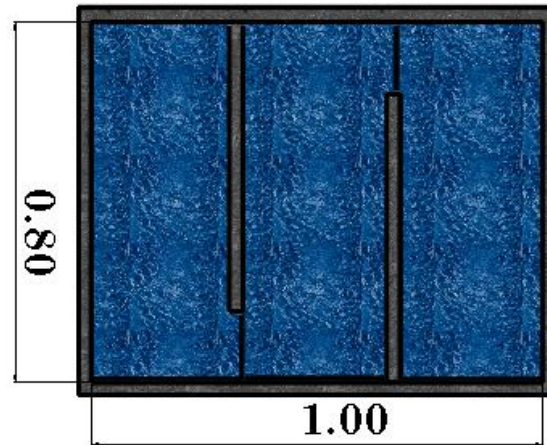
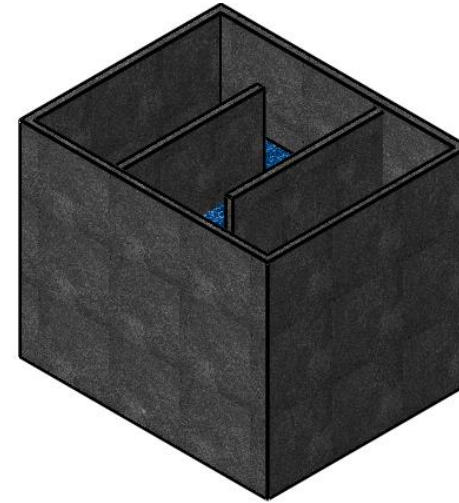
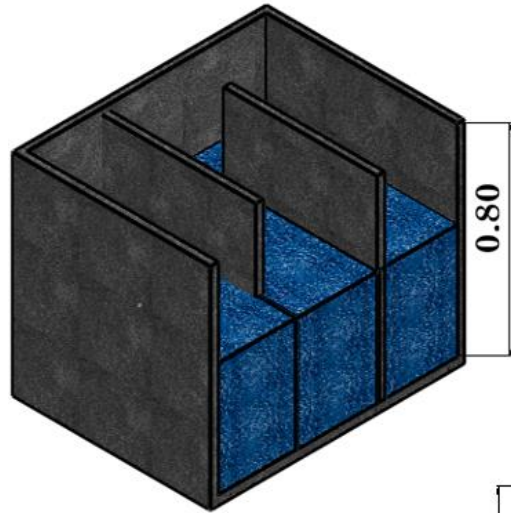
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tanya Illicachi	SEDIMENTADOR		
Dimensión del tanque de sedimentación.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

ANEXO K: LECHO DE SECADO



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Tanya Illicachi </p>	LECHO DE SECADO		
Dimensión del lecho de secado.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25

ANEXO L: TANQUE DE DESINFECCIÓN



NOTAS:

Dimensión del tanque de tanque de desinfección para la reutilización del agua residual.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

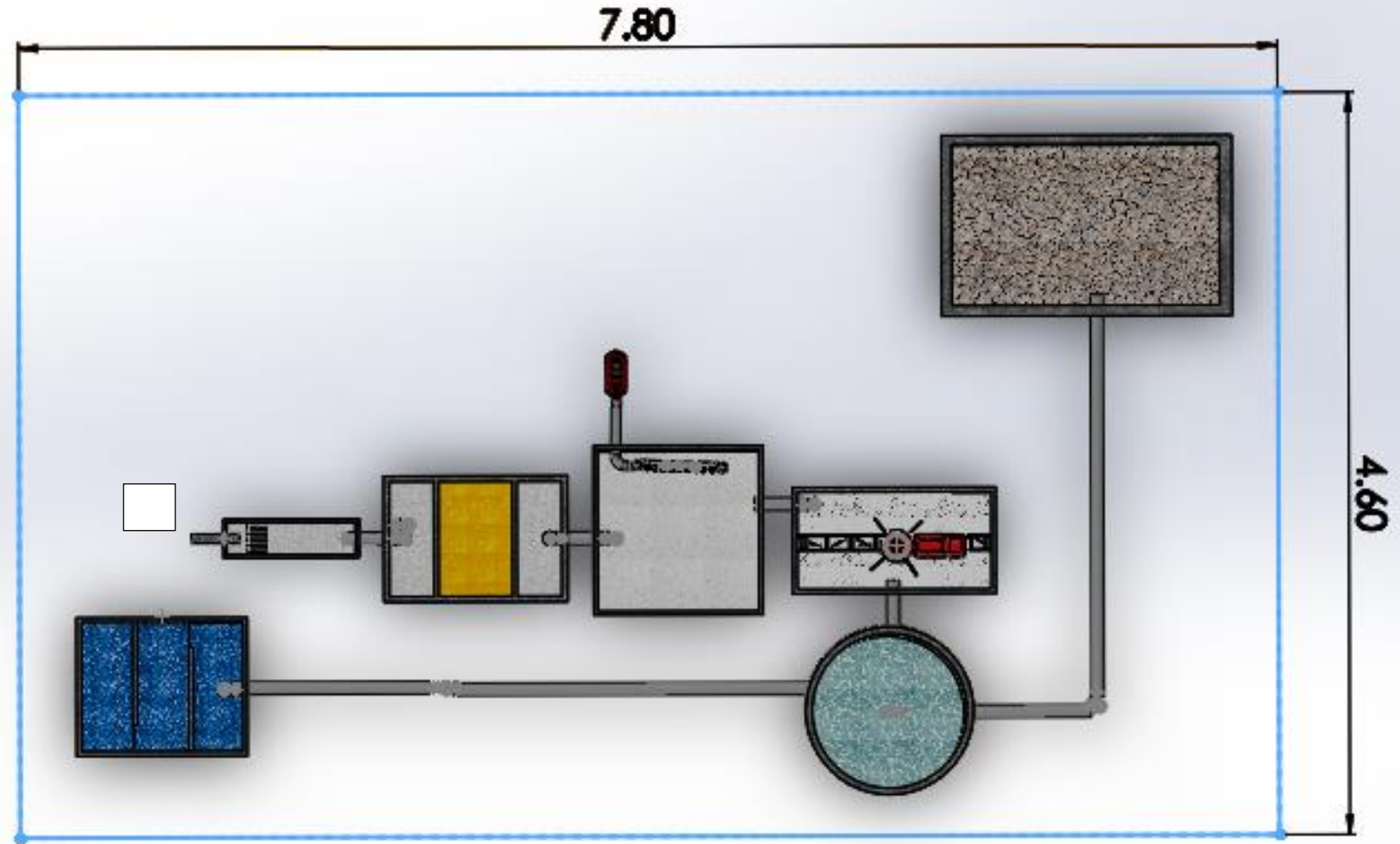
ELABORADO POR:

Tanya Illicachi

TANQUE DE DESINFECCIÓN

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO M: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



NOTAS:

Vista superior del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORADO POR:

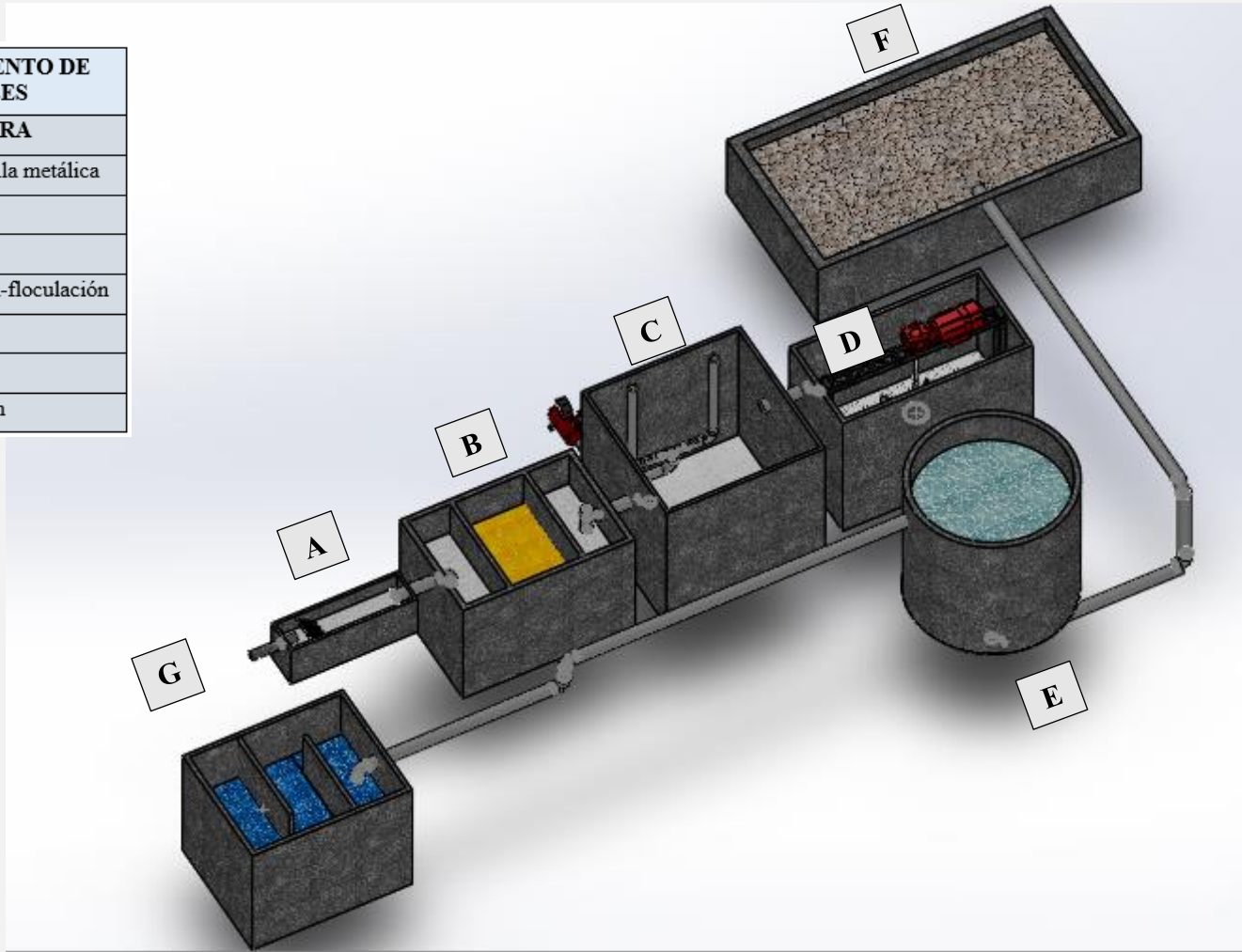
Tamya Illicachi

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO N: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
ÍTEM	ESTRUCTURA
A	Canal de entrada y rejilla metálica
B	Trampa de grasa
C	Tanque de aireación
D	Tanque de coagulación-floculación
E	Sedimentador
F	Lecho de secado
G	Tanque de desinfección



NOTAS:

Vista frontal del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar
<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Tamyá Illicachi

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/09/25

ANEXO O: PLANO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Tamyá Illicachi</p>	<p>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>		
<p>Vista general del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.</p>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/09/25



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Tamyá Nina Illicachi Guamán
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



2313-DBRA-UTP-2022