



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA CURTIEMBRE TENERÍA NUÑEZ DE LA
PARROQUIA TOTORAS- TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: LUIS HERNAN MOPOSITA ICHINA

DIRECTORA: Ing. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA Mgs.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021 Luis Hernán Moposita Ichina

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

Yo, LUIS HERNAN MOPOSITA ICHINA, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, 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 diciembre de 2021

Luis Hernan Moposita Ichina
180533181-4

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 CURTIEMBRE TENERÍA NUÑEZ DE LA PARROQUIA TOTORAS- TUNGURAHUA**”, realizado por el señor **LUIS HERNÁN MOPOSITA ICHINA**, 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

Ing, Carlos Ramiro Cepeda Godoy, Mgs.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-12-01

Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa, Mgs.

**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

2021-12-01

Ing. Mónica Lilián Andrade Ávalos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2021-12-01

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a las personas que guiaron y marcaron mi camino a lo largo de mi vida. A mi abuelo Matias Tuapanta, nuestro tiempo juntos fue corto, pero sé que desde el cielo sigue viendo los triunfos de toda la familia. A mis Padres Rosa Ichina y Juan Moposita por siempre creer en mis sueños y por dedicarme su inconmensurable esfuerzo, su enseñanza más grande siempre será, el que un hombre puede llegar a donde se lo proponga trabajando duro y honradamente y mientras haya una meta por alcanzar el trabajo no ha terminado.

Hernán

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a mis padres Rosa Ichina y Juan Moposita, y a mi familia por su paciencia, apoyo y comprensión a lo largo de todos estos años, su apoyo en momentos de tristeza y felicidad son un tesoro que jamás imaginé encontrar.

A las ingenieras Mayra Zambrano, Mónica Andrade quienes brindaron todo su conocimiento, paciencia y tiempo para que se cumpla con todo éxito, su dedicación y esfuerzo fueron una gran fuente de inspiración personal y profesional.

Agradecimiento especial a la Dra. Gina Alvarez R, técnica docente del Laboratorio de Calidad de Agua, por su guía, apoyo y asesoramiento en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Hernán

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURA.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Justificación del Proyecto.....	3
1.3. Alcances del Trabajo.....	4
1.4. Localización del Proyecto.....	4
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la “TENERÍA NUÑEZ”.....	7
2.1.1. <i>Antecedentes del Proceso de producción de la “TENERÍA NUÑEZ”</i>	7
2.2. Antecedentes de la empresa.....	12
2.3. Marco Teórico.....	13
2.3.1. <i>Parámetros para caracterizar aguas residuales procedentes de curtiembres</i>	13
2.3.2. <i>Tratamiento de aguas residuales procedentes del proceso de curtiembre</i>	14

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	17
3.1. Tipo de Estudio	17
3.1.1. Métodos y Técnicas	17
3.2. Selección de muestras	24
3.2.1. Toma y Monitoreo de Muestras	24
3.2.2. Caracterización del agua residual precedente de la Tenería Nuñez	24
3.2.3. Factores a evaluar para la Tratabilidad del Agua residual de la Tenería Nuñez	27
3.2.4. Índice de Biodegradabilidad	27
3.3. Pruebas de Tratabilidad	28
3.3.1. Pruebas de jarras	28
3.3.2. Químicos utilizados en el laboratorio para la tratabilidad de las A.R de la curtiembre	29
3.3.3. Tratabilidad del efluente de la etapa de pelambre	31
3.3.4. Tratabilidad del efluente de la etapa de Curtido vegetal	35
3.4. Diseño de la planta de sistema de tratabilidad	41
3.4.1. Cálculos de Ingeniería	41
3.4.2. Diseño del S.T para el agua que se genera en la etapa de pelambre	42

CAPÍTULO IV

4. Resultados de la caracterización final	56
4.1. Comparación entre los parámetros del agua de pelambre	56
4.2. Eficiencia de la tratabilidad en el agua de pelambre.	57
4.3. Análisis de la caracterización del agua tratada de curtido vegetal	60
4.4. Eficiencia de la tratabilidad para agua de curtido vegetal	61
4.5. Análisis de los resultados tanto del agua de pelambre y curtido vegetal	63
4.6. Resultados del dimensionamiento del STAR	65
4.7. Proceso de Producción	69
4.8. Análisis de costo y beneficio del Proyecto Presente	70

CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Productos químicos utilizados por la “TENERÍA NUÑEZ”	11
Tabla 2-2:	Servicios utilizados por la TENERÍA NUÑEZ.....	12
Tabla 3-2:	Contaminantes de la Tenería	12
Tabla 4-2:	Parámetros organolépticos	13
Tabla 5-2:	Parámetros Físicos	13
Tabla 6-2:	Parámetros Químicos	14
Tabla 7-2:	Operaciones del pretratamiento.....	15
Tabla 8-2:	Operaciones del tratamiento primario	15
Tabla 9-2:	Operaciones del tratamiento secundario.....	16
Tabla 1-3:	Materiales y Equipos que se usaron en el laboratorio	18
Tabla 2-3:	Determinación de la Demanda Química de Oxígeno(DQO)	19
Tabla 3-3:	Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5).....	20
Tabla 4-3:	Determinación de Sólidos Totales.....	21
Tabla 5-3:	Determinación de Grasas	22
Tabla 6-3:	Determinación de conductividad.....	23
Tabla 7-3:	Determinación de Potencial de Hidrogeno.....	23
Tabla 8-3:	Determinación de Turbiedad.....	24
Tabla 9-3:	Caracterización inicial de la muestra de agua de pelambre de la Tenería Nuñez	25
Tabla 10-3:	Caracterización inicial de la muestra de curtido vegetal de la Tenería Nuñez.....	26
Tabla 11-3:	Parámetro de Índice de Biodegradabilidad.....	27
Tabla 12-3:	Resultado de DBO5 Y DQO del agua de pelambre y curtido vegetal sin tratar	27
Tabla 13-3:	Reactivos Químicos para tratar el agua residual	29
Tabla 14-3:	Coagulantes utilizados para la tratabilidad del agua residual	30
Tabla 16-3:	Determinación de sulfuros con 2 g de Sulfato de Manganeso	32
Tabla 17-3:	Prueba de Coagulante en el Agua de pelambre	32
Tabla 18-3:	Con 50 ppm de $FeCl_3$ variamos la concentración de Polielectrolito.....	33
Tabla 19-3:	Variamos la concentración de $FeCl_3$	34
Tabla 20-3:	Resultados de dosificación de cal P-24 $Ca(OH)_2$ en 1000 ml de muestra.....	36
Tabla 21-3:	Resultados de la selección del coagulante.....	39
Tabla 22-3:	Variación del pH para aplicar el PAC	40

Tabla 23-3:	Variación de la dosis de PAC	41
Tabla 24-3:	Resultados de la medición de caudal.....	42
Tabla 25-3:	Parámetros de la capacidad de conducción de los canales revestidos.....	43
Tabla 26-3:	Dimensionamiento de la Trampa de grasas.....	46
Tabla 27-3:	Información del tanque.	46
Tabla 28-3:	Tanque de Sedimentación existente en la empresa.....	49
Tabla 1-4:	Comparación entre los parámetros del agua de pelambre sin Tratar y Tratada	56
Tabla 2-4:	Porcentaje de remoción del agua tratada de pelambre.....	57
Tabla 3-4:	Datos de la caracterización inicial y final del agua de curtido vegetal	60
Tabla 4-4:	Resultado de remoción del agua tratada de curtido vegetal.....	61
Tabla 5-4:	Resultados del cálculo del caudal de agua de pelambre	65
Tabla 6-4:	Dimensionamiento del canal de la entrada al sistema de tratabilidad.....	65
Tabla 7-4:	Dimensionamiento de las Rejillas de Limpieza manual	66
Tabla 8-4:	Dimensionamiento de la Trampa de grasas	66
Tabla 9-4:	Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento y/o Homogenización.	66
Tabla 10-4:	Dimensionamiento del tanque de aireación.....	67
Tabla 11-4:	Tanque de Sedimentación existente en la empresa.....	67
Tabla 12-4:	Dimensionamiento del lecho de secado	68
Tabla 13-4:	Resultados del cálculo del caudal de agua de Curtido Vegetal.....	68
Tabla 14-4:	Costos del Proyecto.....	70
Tabla 15-4:	Presupuestos de Productos químicos para el diseño del S.T.A.R.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Ubicación geográfica de la “Tenería Nuñez”.....	5
Figura 2-1.	Ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad de Agua.....	5
Figura 1-2.	Recepción de pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”	8
Figura 2-2.	Bombos Rotatorios de la “TENERÍA NUÑEZ”	9
Figura 3-2.	Secado de Pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”	10
Figura 4-2.	Estiradora de Pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”	10
Figura 5-2.	Estiradora de Pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”	11
Figura 1-3.	Equipo de Test de Jarras	28
Figura 2-3.	Muestras Tratadas	33
Figura 3-3.	Muestras Tratadas	34
Figura 4-3.	Concentración diferente de cal P-24 $Ca(OH)_2$	37
Figura 5-3.	Precipitación de lodos al agregar cal P-24 $Ca(OH)_2$	37
Figura 6-3.	Ensayos con diferentes coagulantes.....	39
Figura 7-3:	Rejillas de limpieza Manual.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Diagrama de flujo de la piel vacuna de la “TENERÍA NUÑEZ”.....	7
Gráfico 1-3.	Procedimiento de aireación para el agua de pelambre.	31
Gráfico 2-3.	Procedimiento de aireación para muestra de Curtido Vegetal.	35
Gráfico 3-3.	Procedimiento para precipitar lodos y partículas en suspensión.....	36
Gráfico 4-3.	Elección del coagulante para el agua de curtido vegetal.....	38
Gráfico 1-4.	Diagrama del S.T.A.R.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ACUERDO MINISTERIAL 097-A, LIBRO VI, TABLA 8
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R TRATADA DE PELAMBRE
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE CURTIDO VEGETAL
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE CURTIDO VEGETAL
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A. R DE CURTIDO VEGETAL
- ANEXO I:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.T DE CURTIDO VEGETAL
- ANEXO J:** ENSAYOS DEL AGUA DE LA ETAPA DE PELAMBRE
- ANEXO K:** SOLIDOS SEDIMENTALES Y ENSAYOS DEL AGUA DE LA ETAPA DE CURTIDO VEGETAL
- ANEXO L:** DIAGRAMA[PI&I] DE LA ETAPA DE PELAMBRE DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ
- ANEXO M:** DIAGRAMA[PI&I] DE LA ETAPA DE CURTIDO VEGETAL DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ
- ANEXO N:** DIAGRAMA[PI&I] DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ
- ANEXO O:** CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLAS
- ANEXO P:** TRAMPA DE GRASAS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO/HOMOGENIZACIÓN
- ANEXO Q:** TANQUE DE AIREACIÓN Y LECHO DE SECADO
- ANEXO R:** AUTORIZACIÓN PARA EL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ÍNDICE DE ABREVIATURA

<i>cm</i>	Centímetros
°C	Grados centígrados
<i>g</i>	Gramos
<i>h</i>	Horas
<i>kg</i>	Kilogramos
<i>L</i>	Litros
<i>mg</i>	Miligramos
<i>mL</i>	Mililitros
<i>mS</i>	Milisiemens
<i>min</i>	Minutos
<i>m</i>	Metros
<i>m²</i>	Metros cuadrados
<i>m³</i>	Metros cúbicos
<i>M₁</i>	Muestra 1
<i>M₂</i>	Muestra 2
<i>M₃</i>	Muestra 3
<i>pH</i>	Potencial de hidrógeno
<i>Q</i>	Caudal
<i>s</i>	Segundos
STAR	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

RESUMEN

EL objetivo del presente trabajo de integración curricular es diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Tenería Nuñez, perteneciente a la Parroquia de Totoras-Ambato, se inició con la caracterización de muestras de efluente de pelambre y curtido vegetal encontrándose los parámetros de turbiedad, grasas, sulfuros, DBO5 y DQO para pelambre, turbidez, DBO5, DQO, para curtido vegetal superan el límite máximo permisible que rige el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Libro VI, Tabla 8. Para elegir el tratamiento más adecuado se determinó el índice de biodegradabilidad, dando como resultado 0,60 para el agua de pelambre, y 0,35 para el agua de curtido vegetal por lo que se puede aplicar tratamiento biológico y fisicoquímico respectivamente; para ello se realizó aireación por un intervalo de tiempo de 16h con adición de Sulfato de Manganeso al 2% con el fin de oxidar sulfuros, coagulación con Cloruro Férrico al 1% (100 ppm), floculante aniónico polielectrolito al 1% (20 ppm) y sedimentación por 1h para pelambre; mientras que, el agua de curtido vegetal se sometió a precipitación con cal-P24, coagulación con PAC al 1% (100ppm), floculante aniónico polielectrolito al 1% (10 ppm) y sedimentación, permitiendo clarificar el agua. La eficiencia de los ensayos se verificó caracterizando el agua tratada en el que se obtuvo que la mayoría de los parámetros estaban dentro de norma: color, turbiedad, conductividad, grasas, sulfuros, DBO5, DQO para los dos casos. El sistema consta de: dos canales de entrada, rejillas, trampa de grasa, tanque de homogenización, tanque de aireación, tanque sedimentador, lechos de secado y un tanque de almacenamiento de agua tratada. Se recomienda manipular la dosificación de los químicos adecuadamente para un adecuado funcionamiento.

Palabras clave: <PROCESOS INDUSTRIALES>, <CURTIEMBRE>, <SULFURO>, <COAGULACIÓN>, <FLOCULACIÓN>, <SEDIMENTACIÓN>, <CARACTERIZACIÓN>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.14 10:30:39 -05'00'



1782-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The aim of this work is to design a wastewater treatment system for Tenería Nuñez, at Totoras Parish, in the city of Ambato. It began with the characterization of effluent samples of fur and vegetable tanning, finding the parameters of turbidity, fats, sulfides, BOD5 and COD for fur, turbidity, BOD5, COD, for vegetable tanning, they exceed the maximum permissible limit that Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Libro VI, Tabla 8 demands. To choose the most appropriate treatment, the biodegradability index was determined, resulting in 0.60 for fur water, and 0.35 for vegetable tanning water, therefore biological and physicochemical treatment can be applied respectively; To achieve this, aeration was carried out for a time range of 16h with the addition of 2% manganese sulfate in order to oxidize sulfides, coagulation with 1% Ferric Chloride (100 ppm), 1% polyelectrolyte anionic flocculant (20 ppm) and sedimentation for 1h for each fur; while, the vegetable tanning water was subjected to precipitation with P24-lime, coagulation with 1% PAC (100ppm), 1% polyelectrolyte anionic flocculant (10ppm) and sedimentation, allowing water to be clarified. The efficiency of the tests was verified by characterizing the treated water in which it was obtained that most of the parameters were within the norm: color, turbidity, conductivity, greases, sulfides, BOD5, COD for both cases. The system consists of: two inlet channels, grids, grease trap, homogenization tank, aeration tank, settling tank, drying beds and a treated water storage tank. It is recommended to manipulate the dosage of chemicals properly for adequate operation.

Keywords: <INDUSTRIAL PROCESSES>, <TANNERY>, <SULFIDE>, <COAGULATION>, <FLOCCULATION>, <SETTLING>, <CHARACTERIZATON>.

EDISON
HERNAN
SALAZAR
CALDERO
N

Firmado digitalmente por
EDISON HERNAN
SALAZAR
CALDERON
Fecha:
2022.02.01
12:00:55 -05'00'

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos más importantes y necesarios para la vida del ser humano, y es necesario cuidarla saber utilizar y tratarla. Los últimos datos registrados de las encuestas realizadas por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) tienen que un 80% de las empresas en el país no registran ningún gasto o inversión en el aspecto de protección ambiental y que el 98% de las empresas no cuentan con sistema de gestión ambiental mediante certificaciones internacionales.

El agua es un recurso necesario para el desarrollo de la vida y el aumento de la productividad. Se lo considera un patrimonio natural y estratégico, por esta razón la Política Pública Nacional del Agua (PPNA) menciona dentro de sus objetivos; “El garantizar progresivamente el acceso al agua, segura y permanente para consumo humano, así como el suministro de agua para riego que asegure la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas; recuperar, conservar, proteger y gestionar de manera sostenible los ecosistemas generadores de agua” (Ministerio de Ambiente, 2016,párr.3)

En la provincia de Tungurahua, principalmente en la ciudad de Ambato se encuentran la mayoría de industrias que se dedican a la curtición de pieles. Según un informe difundido por la Asociación de Curtidores del Ecuador (ANCE), indicó que en el año 2018 se ha procesado 1 millón de pieles en el país y de esa cantidad el 90% fue llevado a cabo en Tungurahua, además Mauricio Zurita presidente de ANCE remarca que la actividad que vienen desarrollando es muy importante para la economía de la provincia debido a que se constituye el principal proveedor de cuero de la cadena de calzado y generadora de empleo.

Uno de los problemas en el Ecuador normalmente se centra en las descargas de los efluentes que lo realizan las industrias y que no cumplen con las condiciones que rige el Ministerio de Ambiente.

La empresa “Tenería Nuñez” es una empresa media que se encuentra ubicada en la zona centro del país, específicamente en el cantón de Ambato Sector Totoras Barrio el Mirador Alto, donde se realizan todas las etapas de producción de obtención de cuero, comenzando desde la etapa de salado y terminando como cuero vegetal, esto determina que su fuente de economía es la producción de la piel del bovino y las cuales son destinadas para calzado, por lo que la producción mensual está por las 100 bandas.

En la industria de curtiembre se descarga según su producción un cierto nivel de agua con importantes cantidades de contaminantes químicos, destacándose el uso de cloruro de sodio, sulfuro de sodio, cal, ya que también un 50% del peso de las pieles que ingresan a la curtiembre, durante el proceso y

tratamiento a este se llega a eliminar también como residuos sólidos por lo que se tiene una gran cantidad de sólidos suspendidos en el agua del proceso a ser descargada.

El diseño de un sistema de tratamiento de agua para este tipo de descargas tiene como finalidad minimizar la carga de contaminantes presentes en el agua antes de ser descargadas al alcantarillado, manteniendo los parámetros establecidos por (Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiente) anexo 1, tabla 8.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad se conoce que muchos procesos industriales de cuero necesitan de un sistema de tratamiento de aguas que se adapten para el manejo tanto de desechos sólidos y líquidos esto con la finalidad de disminuir el impacto ambiental y cumplir a cabalidad con las normativas que son exigidas por parte de las autoridades que controlan su correcto funcionamiento.

Diferentes empresas en el país que se dedican a la actividad de curtiembre en las que se utilizan grandes cantidades de reactivos químicos y agua, las mismas que vienen funcionando sin darle un adecuado tratamiento a todos los efluentes que generan dichas empresas, por esta razón es necesario el diseño de un sistema de tratamiento de agua residuales con el fin de disminuir los niveles de contaminación y así evitar las sanciones de las autoridades que se encargan del control ambiental.

El problema de una curtiembre o tenería son los efluentes que se generan de la etapa de pelambre como puede ser emanación de olores tóxicos y lodos corrosivos, esto por la utilización de sulfuros y cal, en la etapa de curtido vegetal el efluente posee olores tóxicos y el pH del agua es muy ácida, por lo cual resultan totalmente perjudiciales para el medio ambiente.

Por todos los daños que causan los efluentes se busca la manera de solucionar esta contaminación que causa daños a la naturaleza y también a los seres humanos, por lo que es necesario la implementación de un sistema de tratamiento para disminuir la carga contaminante del efluente.

1.2. Justificación del Proyecto

La empresa “Tenería Nuñez” es una empresa media que se encuentra ubicada en la zona centro del país, específicamente en el cantón de Ambato Sector Totoras Barrio el Mirador Alto, donde se realizan todas las etapas de producción de obtención de cuero, comenzando desde la etapa de salado y terminando como cuero vegetal, esto determina que su fuente de economía es la producción de la piel del bovino y las cuales son destinadas para calzado, por lo que la producción mensual está por las 100 bandas.

En la actualidad se sabe que la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que todos los efluentes líquidos producidos en la planta son depositados directamente al sistema

de alcantarillado que pasa por los alrededores de la planta, este problema no resuelto está provocando quejas de los moradores que cuentan con hogares aledaños a la empresa, por otro lado, con los nuevos ajustes a la normativa ambiental en el país la planta industrial puede enfrentar multas derivadas de la contaminación generada, lo que no es conveniente para la empresa ya que podría traer consigo pérdidas económicas o el cese de actividades.

En la provincia de Tungurahua las industrias de cuero se ven en la necesidad de aplicar nuevas tecnologías con el fin de reducir la contaminación ya que de esta manera se da protección a la salud de los empleados y población en general. Gracias a la gestión del Ministerio del Ambiente (MAE), el GAD Municipal del Cantón Ambato y conjuntamente con el Gobierno Provincial de Tungurahua y entre otras entidades han venido exigiendo que las micro-empresas, medianas y grandes empresas deberían contar con nuevas tecnologías que ayuden a obtener productos de calidad y al mismo tiempo disminuyan el impacto ambiental.

El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales proyectado permitirá potenciar las condiciones de operación de la empresa y optimizar los recursos con finalidad de mitigar los impactos ambientales generados por “Tenería Nuñez”, con esto se busca que el agua contaminada durante la operación de pelambre después de los tratamientos físico-químicos cumpla con la norma vigente para poder depositar al sistema de alcantarillado circundantes a la planta.

1.3. Alcances del Trabajo

Este proyecto es importante porque con el diseño de sistema de tratabilidad se puede disminuir la carga contaminante de los efluentes, esto beneficia directamente al propietario de la tenería y lógicamente al medio ambiente ya que se reduce la contaminación, y la tenería al cumplir con los parámetros establecidos por la norma vigente se libra de cualquier sanción por parte de las instituciones públicas como puede ser el Ministerio del Ambiente.

1.4. Localización del Proyecto

El presente trabajo de investigación se realiza en dos etapas, la primera se realiza en la “Tenería Nuñez” ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Totoras, ahí se muestrea y se monitorea las muestras de agua residual, se obtendrán los caudales de diseño y se realizará la propuesta tecnológica a implementarse en la planta.

Sus límites: al norte: la parroquia de Huachi Grande y Picaihua; al este: la parroquia Picaihua del cantón Pelileo; al sur: La parroquia Montalvo y el cantón Cevallos; al oeste: la parroquia de Montalvo y Huachi Grande.

Posee un clima templado con una temperatura promedio de 14,5 °C.

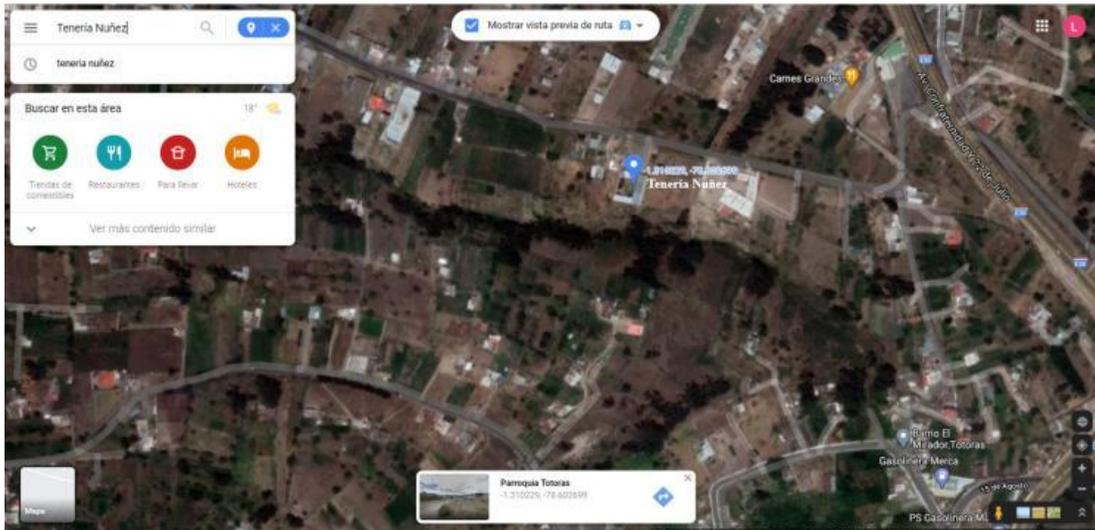


Figura 1-1. Ubicación geográfica de la “Tenería Nuñez”.

Fuente: Google Maps,2021.

La segunda etapa se llevará a cabo en el laboratorio de calidad de agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la es la caracterización del agua residual, test de jarras.



Figura 2-1. Ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad de Agua.

Fuente: Google Maps,2021.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Curtiembre Tenería Nuñez de la Parroquia Totoras-Tungurahua.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar Físico – Química el agua residual generada en la curtiduría Tenería Nuñez, aplicando la norma ambiental vigente.
- Aplicar la prueba de tratabilidad de agua residual para las muestras que se encuentren fuera de la norma.
- Determinar los flujos, variables del proceso y tipos de tratamientos del agua residual.
- Validar el diseño a través de la caracterización del agua tratada según la normativa vigente.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la “TENERÍA NUÑEZ”

La “Tenería Nuñez” es considerada una pequeña empresa, de propiedad del Sr. Carlos Bolívar Nuñez, representante legal de la misma, esta industria de curtiembre se encuentra específicamente en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Totoras, Sector Barrio Mirador Alto, KM 9 Vía a Baños.

2.1.1. Antecedentes del Proceso de producción de la “TENERÍA NUÑEZ”

- ✓ **Capacidad de producción:** la curtiduría trabaja en un promedio de 100 pieles mensualmente, el destino de este cuero terminado es para calzado.
- ✓ **Sistema de trabajo:** el sistema que maneja esta empresa es un proceso discontinuo a continuación se indica el proceso en un diagrama:

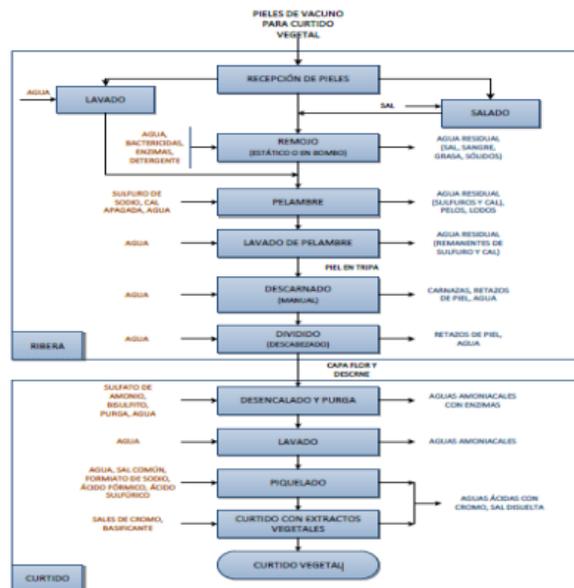


Gráfico 1-2. Diagrama de flujo de la piel vacuno.

Fuente:(ENTRIX, 2017) .

Descripción del diagrama del proceso de producción:

- Recepción de pieles

La curtiembre puede recibir las pieles ya sean frescas o saladas luego se procede a clasificar los cueros por calidad peso y tamaño.



Figura1-2. Recepción de pieles en la “TENERÍA NUÑEZ”.

Fuente:(ENTRIX, 2017, p.78).

- Salado de pieles

Esto sucede cuando a la industria llegan pieles frescas y no pasan inmediatamente al proceso de producción esto es con el fin de conservación de las pieles (ENTRIX, 2017).

- Proceso de Ribera

Esta fase comprende las operaciones como recepción de pieles, remojo o lavado, pelambre, descarnado y dividido (ENTRIX, 2017, p.78).

- Pelambre

En este proceso se elimina el pelo de la piel esto se lleva a cabo con sulfuro de sodio Na_2S Y Cal P-24; $\text{Ca}(\text{OH})_2$, para completar la operación se debe remover el exceso de sulfuro, esto mediante lavado con agua, la duración del proceso va de uno a dos días (ENTRIX, 2017, p.79).



Figura 2-2. Bombos Rotatorios de la “TENERÍA NUÑEZ”.

Fuente:(ENTRIX, 2017, p.79).

- Descarne y Dividido

En sí el descarnado es el proceso donde se retira la carne o grasa que se visualiza en la piel luego del pelambre. En el proceso de dividido en sí la piel pasa por un máquina donde el cuero pasa a ser dividido en (Flor y Descarne), aquí se puede manipular lo que es el grosor de la piel más conocido como calibre, la flor en este caso debe ser delgada ya que así absorbe mejor los reactivos químicos durante el proceso de curtido vegetal (ENTRIX, 2017, p.80).

-Proceso de Curtido Vegetal

En este proceso se puede encontrar las operaciones de desencalado, purga, desengrasado, piquelado y curtido vegetal, en sí conjuntamente todo esto transforma a la piel en cuero.

- Desencalado y Purga

Luego de la operación de dividido se inicia pesando la flor esto ayuda para el cálculo de la cantidad necesaria de insumos químicos para colocar en los bombos de curtido, en sí en la operación de desencalado lo primordial es retirar el calcio de la piel utilizando sales de amonio, también remover el sulfuro con bisulfito de sodio esto mediante lavados con agua. En la operación de purgado se elimina lo que es proteínas no colágenas esto con el fin de mejorar la textura del cuero de esta manera la flor o cuero quedaría con solo proteínas colágena (ENTRIX, 2017, p.82).

- Piquelado

En este proceso es muy importante llevar el pH de la piel a un valor entre (2.8 y 3.5) y también detener el hinchamiento del cuero, esto se lo realiza empleando cloruro de sodio y ácido sulfúrico y/o ácido fórmico (ENTRIX, 2017, p.82).

- Curtido Vegetal

Como se mencionó anteriormente la TENERÍA NUÑEZ utiliza lo que es el curtido vegetal con extractos de quebracho y esto se lo realiza en el mismo baño de piquelado el tiempo de duración es de casi 12 donde el pH debe ser entre (3,8 y 5,5) (ENTRIX, 2017, p.82).

- Proceso de Acabado /Secado Por Colgado

En esta fase el objetivo es eliminar el agua en exceso existente en el cuero donde el agua se elimina de forma natural (por gravedad).



Figura 3-2. Secado de Pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”.

Fuente: (ENTRIX, 2017, p.85).

- Estiradora o Ecurridora

En este proceso al cuero se le aplica un tratamiento mecánico donde su objetivo es eliminar las arrugas y escurrir casi el 70% de agua del cuero, con el fin de mejorar el área del cuero y su respectiva calidad.



Figura 4-2. Estiradora de Pieles de la “TENERÍA NUÑEZ”.

Fuente: (ENTRIX, 2017, p.85).

- Cilindrado

Es una máquina que se la conoce como prensadora de tornillo donde se da un planchado a presión esto con el fin de compactar el cuero vegetal.



Figura 5-2. Estiradora de Piel de la “TENERÍA NUÑEZ”.

Fuente:(ENTRIX, 2017,p.86).

Tabla 1-2: Productos químicos utilizados por la “TENERÍA NUÑEZ”

Proceso	Insumo/Descripción
Ribera	TENSOACTIVO
	ENZIPER
	WWCA
	CORAMIN
	SULFURO DE SODIO
	CAL P-24 $Ca(OH)_2$
Curtido Vegetal	Sulfato de Amonio
	Bisulfito de Sodio
	Extracto de Mimosa
	Ácido Fórmico
	Sal

Fuente: TENERÍA NUÑEZ (ENTRIX, 2017,p.89).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 2-2: Servicios utilizados por la TENERÍA NUÑEZ

Recurso	Consumo	Abastecimiento
Agua	10m ³	Es adquirido a tanqueros repartidores
Energía eléctrica	1101.53 Kw/h al mes	Red Publica

Fuente: TENERÍA NUÑEZ (ENTRIX, 2017,p.198).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 3-2: Contaminantes de la Tenería

Sub-Proceso	Residuos o Contaminantes
Remojo	Agua residual (sal, sangre, grasa, Proteínas y otros). Sólidos: Carnaza Gaseosos: mercaptanos
Pelambre	Agua residual (Sulfuros, Cal P-24 $Ca(OH)_2$) Lodos (Pelos, CAL P-24 $Ca(OH)_2$) Gaseoso: Sulfuro de Hidrogeno
Descarnado	Carnaza con sal, retazos de piel, grasa, aguas con sulfuros.
Dividido	Restos de piel.
Curtido vegetal	Restos de piel.

Realizado por: Moposita, Luis.

2.2. Antecedentes de la empresa

Actualmente en la empresa el efluente pasa por un tanque que se puede decir de almacenamiento, donde por gravedad precipitan los lodos, pero el agua que sale de ahí sigue con un 98% de carga contaminante y es descargado al alcantarillado de la parroquia, este tanque funcionaria si una vez el agua separada de los lodos pasará a un sistema de tratabilidad, lo que le permitiría disminuir la carga contaminante y la contaminación ambiental generada por la curtiembre.

En el año 2015 se realizó el “Estudio de Impacto Ambiental Ex - Post” trabajo realizado para la Empresa “Curtiduría Artesanal Totoras” ubicada en la ciudad de Ambato (Ambiental, 2015,p.8).

En la provincia de Tungurahua varias industrias de curtiembre descargan sus aguas sin un previo tratamiento, por el mismo motivo mediante una correcta organización el GAD Provincia de Tungurahua y la ESPOCH, han realizado la implementación de un grupo de investigación encargado de brindar soluciones necesarias, para así bajar los niveles de contaminación de las aguas de la curtiembre, de esta manera disminuyendo el impacto ambiental.

2.3. Marco Teórico

• Composición de Agua Residual de Curtiembre

La descarga de agua de una curtiembre posee una gran cantidad de contaminantes como puede ser: sólidos en suspensión, sales inorgánicas, sulfuros, polímeros orgánicos y por lo general poseen un gran volumen de lodos (Esparza y Gamboa, 2001,p.6).

2.3.1. Parámetros para caracterizar aguas residuales procedentes de curtiembres

Tabla 4-2: Parámetros organolépticos

Parámetro	Descripción
Olor	El olor se desprende por la descomposición anaerobia ya que en las aguas de curtiembre los sulfatos pasan a reducirse a sulfitos por la acción de microorganismos.
Color	El color presente en las aguas residuales de curtiembre se caracteriza por tener solidos suspendidos cuando el agua es fresca tiene un color gris oscuro a medida que envejece cambia a negro.

Fuente:(Brandt, 2020), Manual de tratamiento de Aguas.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 5-2: Parámetros Físicos

Parámetro	Descripción
Temperatura	La temperatura del agua residual de la curtiembre suele ser más elevada cuando el agua tiene una alta temperatura suele aumentar la velocidad de reacción química y biológica.
Turbidez	La turbidez se conoce como la medida de sólidos en suspensión que existan en el agua residual esto dificulta el paso de luz lo que en su medida indica su calidad de agua.
Potencial Hidrogeno (pH)	El pH presente en el agua residual de la curtiembre, el cual tiene un rango de 0-14, donde de 0-6,9 es acida; de 7,1-14 es básica y 7 es neutro.
Conductividad	La conductividad muestra la capacidad que tiene para conducir la corriente eléctrica donde su valor depende de los iones disueltos en el agua.
Solidos suspendidos	Normalmente son las partículas que se encuentran suspendidas en el agua residual de la curtiembre tales pueden ser como: solidos fecales, residuos de papel y arcilla.
Solidos sedimentales	Son conocidos como el material que se llega a sedimentar por acción de la gravedad esto desciende hacia el fondo del recipiente donde se encuentre.
Solidos disueltos	En el agua residual de las curtiembres hace referencia a materiales como: sales, metales, cationes o aniones puede ser material orgánico como inorgánico.
Solidos totales	Es la unión de solidos suspendidos y solidos disueltos los cuales generalmente están compuestos por sales y gases,

Fuente:(Brandt, 2020), Manual de tratamiento de Aguas.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 6-2: Parámetros Químicos

Parámetro	Descripción
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	El DQO es un ensayo el cual permite medir la cantidad de materia orgánica existente en una muestra de agua, por lo general este valor es DQO es mayor que el DBO.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Es la cantidad de oxígeno que se requiere para entrar en el proceso de oxidación donde los organismos vivos como: (hongos y bacterias) degradan la materia orgánica esto en condiciones aeróbicas. Esta medición puede ser en el periodo de 5 días.
Alcalinidad	Se define como la capacidad de neutralizar la adición de ácidos esto ya que puede aceptar protones (H^+), la alcalinidad también es por la presencia de iones $[OH^-]$, $[CO_3^-]$ y $[HCO_3^-]$
Grasas y Aceites	En las curtiembres se conoce un proceso denominado pelambre donde se puede encontrar la grasa y aceites que se separaron de la piel.
Sulfuros	En la etapa de pelambre su agua residual está constituida por una gran cantidad de sulfatos y en condiciones anaerobias produce ácido sulfhídrico (H_2S), mismo que desprende un gas tóxico y corrosivo.

Fuente:(Brandt, 2020), Manual de tratamiento de Aguas.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

2.3.2. *Tratamiento de aguas residuales procedentes del proceso de curtiembre*

Es importante implementar el tratamiento de aguas combinado con operaciones unitarias y procesos unitarios (reacciones biológicas y/o químicas) ya que tiene como objetivo disminuir los contaminantes existentes en la misma esto con el fin de cumplir con la norma ambiental vigente.(Esparza y Gamboa, 2001, p.38) .

- **Tratamiento preliminar**

Este paso es muy importante ya que tiene como objetivo retener todos los sólidos de gran tamaño como: plásticos, restos de madera entre otros que puedan provocar conflictos en la siguiente fase de tratabilidad. (Esparza y Gamboa, 2001,p.38).

Tabla 7-2: Operaciones del pretratamiento

Operación	Descripción
Desbaste	En esta fase se emplea rejillas con el objetivo de retener el mayor número de sólidos gruesos para tener una mejor eficiencia en el siguiente proceso.
Tamizado	Fase donde se pretende retener la mayor cantidad de sólidos en suspensión.
Desarenado	En esta fase se pretende retener los sólidos que por efecto de la gravedad decantan hacia el fondo del desarenador.
Desengrasado	En esta fase se aplica un sistema de aireación, sea esta forzada o de forma natural esto a su debido tiempo provoca que por acción del aire puede llevar a flotar las grasas.

Fuente: (Bermeo Garay, 2016,p.55).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Tratamiento Primario**

Son varios procesos físico-químicos que con ellos se propone la remoción y separación de materiales sedimentables y parte de la carga orgánica existente en el agua residual.

Tabla 8-2: Operaciones del tratamiento primario

Operación	Descripción
Neutralización	Habitualmente se le hace el reconocimiento del pH que posee el agua esto para saber la adición de sustancias químicas para su neutralización, en el caso de que el agua sea ácida se la neutraliza con hidróxido de sodio, es lo más común y para aguas que estén alcalinas se la neutraliza utilizando ácido clorhídrico.
Homogenización	Al mantener el agua con una agitación constante, esto permite tener una composición homogénea y uniforme.
Sedimentación	En este proceso los sólidos que se encuentren en el agua sedimentan por su propia densidad.
Coagulación – Flocculación	En este proceso se le adiciona coagulantes y/o floculantes esto con el fin que las partículas coloidales presentes en el agua se unan y formen floculos los mismos que tienden a sedimentarse y de esta manera la turbidez del agua tiende a disminuir.
Precipitación química	Operación en la que se adiciona agentes químicos esto con el fin de eliminar metales pesados.
Filtración	Este proceso es muy importante ya que las partículas sólidas adheridas en el efluente se quedan en el medio poroso y de esta manera se da lugar a un líquido más limpio.

Fuente: (Bermeo Garay, 2016,p.55).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Tratamiento secundario**

Se le considera como tratamiento biológico en donde por acción de las bacterias existentes en el agua sucede un proceso de oxidación donde se disminuye el valor de DBO Y DQO.

Tabla 9-2: Operaciones del tratamiento secundario

Operación	Descripción
Procesos aerobios	Proceso en el que se agrega microorganismos facultativos y oxígeno, los cuales actúan y degradan a la materia orgánica presente.
Procesos anaerobios	Proceso en el que no necesita oxígeno y requiere de microorganismos para metabolizar la materia orgánica.

Fuente: (Bermeo Garay, 2016,p.55).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Tratamiento terciario**

Luego de pasar por el tratamiento primario y secundario ya se logra tener un agua con buena calidad y si se desea una mayor tratabilidad se le aplica el tratamiento terciario el cual elimina contaminantes no biodegradables y tóxicos.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Estudio

El presente Proyecto se ha propuesto diseñar el sistema de tratamiento de agua residual para la “Tenería Nuñez” de la parroquia Totoras –Tungurahua, el presente proyecto es de tipo técnico, para su inicio fue necesario revisar normas ambientales, operaciones y procesos unitarios con el fin de relacionar con las pruebas de Test de jarras y de esa manera se pueda determinar variables y parámetros los cuales permitirán el diseño del sistema de tratabilidad.

3.1.1. Métodos y Técnicas

3.1.1.1. Métodos

El presente proyecto utilizo métodos como:

- **Método Deductivo**

Este método da a conocer que al hacer la caracterización del agua residual los valores están fuera del límite y entonces se elige un sistema de tratabilidad en el cual necesita de operaciones y procesos unitarios esto con el fin de reducir los niveles de contaminación del agua y así poder descargar al alcantarillado.

- **Método Experimental**

Este método es adecuado ya que al obtener muestras de la etapa de pelambre y curtido vegetal se procedió a realizar la caracterización y los ensayos de Test de jarras, para el mismo es necesario la utilización de equipos, reactivos y materiales a nivel de laboratorio, cuyos resultados permitirán realizar el diseño del sistema de tratabilidad.

3.1.1.2. Técnicas

Son instrumentos los cuales permiten llevar a cabo la parte experimental, y de esta manera se utilizó técnicas establecidas por:

- **Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Reforma Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Tabla 8.**
- **NTE-INEN 2226:2013, Agua. Calidad del Agua.**

El manual que tiene el Laboratorio de Calidad de Agua, tiene métodos como: APHA, AWWA, WPCF JUNTO CON EL MANUAL DE ANÁLISIS DE Agua HACH.

3.1.1.3. Técnicas y Equipos del Laboratorio de Calidad de Aguas

A continuación, en la Tabla 1-3 se observa los equipos que se utilizó en el Laboratorio de Calidad del Agua para su respectiva caracterización y tratabilidad tanto del agua de pelambre y del curtido vegetal.

Tabla 1-3: Materiales y Equipos que se usaron en el laboratorio

Materiales y Equipos	Función
Espectrofotómetro DR 2800	Análisis de diferentes muestras de agua
Fotómetro PF-12	Análisis de diferentes muestras de agua
Turbidímetro	Medición de la turbiedad del agua
Potenciómetro	Medición del Potencial de Hidrógeno
Autoclave	Esterilización de Materiales
Termómetro	Medición de la Temperatura del Agua
Balanza Analítica	Determinación de peso
Vasos de Precipitación	Contener Muestras de Agua
Pipeta	Dosificaciones

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua, ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 2-3: Determinación de la Demanda Química de Oxígeno(DQO)

FUNDAMENTO	
La Demanda Química de Oxígeno es el cual permite medir la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar la materia orgánica existente en la muestra de agua residual.	
MATERIALES	Pipeta de 5 ml Gradilla Toalla Vaso de Precipitación de 1000ml
REACTIVOS	Muestra de agua destilada Muestra del agua residual a analizar
MÉTODO	Método de digestión/colorimétrico
EQUIPO	Reactor DQO Espectrofotómetro
PROCEDIMIENTO	
<p>Destapar la tapa del tubo que contiene el reactivo de DQO</p> <p>Agregar con la pipeta 2 ml de la muestra de agua residual, tapar el tubo y rotular el tipo de muestra</p> <p>Mezclar bien el contenido del tubo invirtiendo varias veces</p> <p>Encender el reactor de DQO</p> <p>Colocar el tubo en el reactor y digitar la tecla STAR por el tiempo de 120 minutos.</p> <p>Una vez finalizado el tiempo apagar el equipo y dejar enfriar por un lapso de 15-20 minutos.</p> <p>Extraemos los tubos del reactor y encendemos el espectrofotómetro.</p> <p>Una vez encendido el espectrofotómetro seleccionamos programas y elegimos DQO.</p> <p>Primero tomamos la muestra de Blanco y limpiamos bien la parte externa y presionamos la tecla cero.</p> <p>Sacamos la muestra de blanco y finalmente tomamos la muestra a analizar ponemos que le de lectura, esperamos y anotamos el resultado.</p>	
CÁLCULO	Se visualiza una lectura directa en (mg/l).

Fuente: (HACH, 2000,pp.182-189).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 4-3: Determinación de Sólidos Totales

FUNDAMENTO	
La sólidos totales son las partículas de materiales disueltos y suspendidos en el agua residual.	
MATERIALES	Capsula de vidrio/o plástico Pinzas Probetas
REACTIVOS	Muestra de agua destilada Muestra del agua residual a analizar
MÉTODO	Se utiliza el método gravimétrico en donde se determina el peso de las cápsulas tras la evaporación de la muestra y secado.
EQUIPO	Placa calefactora. Estufa Balanza Analítica Desecador
PROCEDIMIENTO	
<p>Preparación de cápsula.</p> <p>Encender la estufa a una temperatura de 100-110 °C. Colocar la cápsula limpia en la estufa durante 30 minutos. Colocar la cápsula al desecador hasta el momento de utilizar. Pesar la cápsula vacía (PA).</p> <p>Determinación de sólidos Totales</p> <p>Colocar 25 ml de muestra de agua residual en la cápsula y posterior colocar en una placa calefactora hasta observar su evaporación total. Una vez que se evaporó en su totalidad sacamos la cápsula y la llevamos a la estufa donde estará a una temperatura de 100-110 °C por un tiempo de 30 minutos. Transcurrido el tiempo colocamos la cápsula en el desecador y lo llevamos a pesar(PB).</p>	
CÁLCULO	<p>La determinación de sólidos totales se la realiza mediante la siguiente ecuación.</p> $\text{sólidos totales} \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(PB - PA)}{ml \text{ de muestra}} * \frac{1000 ml}{1 L} * \frac{1000 mg}{1g}$ <p>Donde: PA: peso de la cápsula vacía y limpia. PB: peso de la cápsula totalmente evaporada con residuo seco.</p>

Fuente: (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013,pp.44-46).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 5-3: Determinación de Grasas

FUNDAMENTO: La determinación de grasas es para saber la cantidad existente en la muestra.				
MATERIALES	Cápsula de vidrio/o plástico.	Pinzas.		
	Probeta de 100 ml.	Probeta de 50 ml.		
	Embudo de separación con tapa.	Vaso de precipitación de 500 ml.		
REACTIVOS	Muestra de agua destilada	Muestra del agua residual a analizar		
	Hexano GR			
MÉTODO	Se utiliza el método gravimétrico en donde se determina el peso de las cápsulas tras la evaporación de la muestra y secado.			
EQUIPO	Placa calefactora	Desecador	Estufa	Balanza Analítica
PROCEDIMIENTO				
<p>Preparación de cápsula.</p> <p>Encender la estufa a una temperatura de 100-110 °C.</p> <p>Colocar la cápsula limpia en la estufa durante 30 minutos.</p> <p>Colocar la cápsula al desecador hasta el momento de utilizar.</p> <p>Pesar la cápsula vacía (PA).</p> <p>Determinación de sólidos Totales</p> <p>En la probeta de 50 ml colocar 30 ml de Hexano GR.</p> <p>Colocar 200 ml de muestra de agua residual en el embudo de separación y luego colocar los 30 ml de Hexano GR y tapar el embudo.</p> <p>Sostener el embudo de separación por la tapa y suavemente invertir varias veces esto para que el Hexano atrape la grasa existente en esa muestra de agua residual.</p> <p>Luego el embudo de separación colocar en un soporte para que repose y así se separe la grasa y el agua, por lo general la grasa estará en la parte superior del embudo.</p> <p>Después de unos 5 minutos separar el agua y la grasa.</p> <p>La grasa que se obtuvo en el embudo colocar en la cápsula limpia que anteriormente fue pesada.</p> <p>Posterior colocar la cápsula en una placa calefactora hasta observar su evaporación total.</p> <p>Una vez que se evaporo en su totalidad sacamos la cápsula y la llevamos a la estufa donde estará a una temperatura de 100-110 °C por un tiempo de 30 minutos.</p> <p>Transcurrido el tiempo colocamos la cápsula en el desecador y lo llevamos a pesar(PB).</p>				
CÁLCULO	<p>La determinación de grasa se la realiza mediante la siguiente ecuación.</p> $Grasa \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(PB - PA)}{ml \text{ de muestra}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1g}$ <p>Donde:</p> <p>ml de muestra: 200 ml PA: peso de la cápsula vacía y limpia.</p> <p>PB: peso de la cápsula totalmente evaporada con residuo seco.</p>			

Fuente: (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 6-3: Determinación de conductividad

FUNDAMENTO	
La conductividad se le conoce como la capacidad que tiene la muestra de agua para permitir el paso de la corriente eléctrica, esto por la presencia de iones en la muestra.	
MATERIALES	Vaso de precipitación de 50 ml. Limpiadores.
REACTIVOS	Muestra de agua destilada. Muestra del agua residual a analizar.
MÉTODO	Método 2510-2520.
EQUIPO	Conductímetro.
PROCEDIMIENTO	
Calibrar el equipo, y luego lavar el electrodo con agua destilada. Colocar 40 ml de muestra de agua residual en un vaso de precipitación. Introducir el electrodo y esperar que la lectura se estabilice. Anotar el valor que muestre.	
CÁLCULO	Se visualiza una lectura directa en (mS/cm).

Fuente: (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013,pp.23-25).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 7-3: Determinación de Potencial de Hidrogeno.

FUNDAMENTO	
Al medir el Potencial de Hidrogeno se sabe la concentración de iones hidronio que se encuentran en el agua residual.	
MATERIALES	-Vaso de precipitación de 50 ml. -Limpiadores.
REACTIVOS	Muestra de agua destilada. -Muestra del agua residual a analizar.
MÉTODO	Potencio métrico
EQUIPO	pH-metro
PROCEDIMIENTO	
Calibrar el equipo, y luego lavar el electrodo con agua destilada. Colocar 40 ml de muestra de agua residual en un vaso de precipitación. Introducir el electrodo y esperar que la lectura se estabilice. Anotar el valor que muestre.	
CÁLCULO	Se visualiza una lectura directa.

Fuente: (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013,pp.12-13).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 8-3: Determinación de Turbiedad

FUNDAMENTO	
La turbidez se conoce como la medida de sólidos en suspensión que existan en el agua residual esto dificulta el paso de luz lo que en su medida indica su calidad de agua.	
MATERIALES	Vaso de precipitación de 50ml. Limpiadores
REACTIVOS	Muestra de agua destilada Muestra del agua residual a analizar
MÉTODO	Método nefelométrico donde se da a conocer la intensidad que tiene el agua para no dejar pasar la luz.
EQUIPO	Turbidímetro
PROCEDIMIENTO	
Colocar la muestra de agua residual en el tubo hasta su nivel de aforo cerrar el tubo. Colocar en el equipo y esperar que se estabilice. El valor que se muestre en el equipo anotar.	
CÁLCULO	Se visualiza una lectura directa.(NTU)

Fuente: (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013,pp.20-21).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

3.2. Selección de muestras

3.2.1. Toma y Monitoreo de Muestras

Dentro de la toma y monitoreo de muestras de la Tenería Nuñez se decidió tomar tres muestras en total, claramente esto de la etapa de pelambre y la etapa de curtido vegetal que se genera después de entre 6-8 días después del proceso de pelambre, las muestras se toman directo de los bombos en recipientes de plástico con capacidad de 25 litros, las misma que fueron llevadas al Laboratorio de Calidad del Agua de la ESPOCH para su caracterización y su respectiva tratabilidad, el periodo de la toma de muestras fue de 3 meses esto ya que la tenería no es constante debido a que es una pequeña empresa.

3.2.2. Caracterización del agua residual precedente de la Tenería Nuñez

Las muestras que fueron tomadas en la tenería fueron trasladadas al Laboratorio de Calidad de Agua que se encuentra en la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, fue donde se realizaron los análisis físico-químicos esto con el fin de determinar el grado de contaminación tanto en el agua de pelambre y la del curtido vegetal de la Tenería Nuñez.

Una vez finalizado los análisis estos resultados obtenidos fueron comparados con los valores establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Tabla 8, de esta manera se identificó los parámetros que se encuentran fuera de su límite. Esto nos permite seleccionar el tratamiento adecuado que necesitan las aguas residuales para ser descargadas de la tenería.

Caracterización inicial del agua de pelambre de la Tenería Nuñez

Tabla 9-3: Caracterización inicial de la muestra de agua de pelambre de la Tenería Nuñez

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible	Resultados		
			M1	M2	M3
pH	Und.	6-9	13	11,74	12,80
Conductividad	μSiems/cm	-	59,02	35,10	40,30
Temperatura	°C	< 40,0	19	22	20,05
Turbiedad	NTU	-	9 170	9 150	9 180
Grasas	mg/L	70,0	85	75	95
Sulfuros	mg/L	1,00	3 072	3 200	3 136
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	220,0	7 000	8 000	7 500
Sólidos Sedimentables	mg/L	20,0	150	165	160
Sólidos Totales	mg/L	1 600,0	7 040	7 440	7 680
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500,0	15 600	14 200	16 400
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	250,0	8 800	9 400	9 800

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Por un análisis que se le hace a la Tabla 9-3 se puede determinar que el agua residual de la etapa de pelambre tiene un muy alto grado de contaminación, lo que al ser descargado sin un previo tratamiento causa un gran daño al medio ambiente conjuntamente afecta al ser humano.

- **Caracterización inicial del agua de Curtido vegetal de la Tenería Nuñez**

Tabla 10-3: Caracterización inicial de la muestra de curtido vegetal de la Tenería Nuñez

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible	Resultados		
			M1	M2	M3
pH	Und.	6-9	5,08	5,17	5,10
Conductividad	μ Siems/cm	-	19,37	22,10	20,80
Temperatura	°C	< 40,0	16,7	20	21
Turbiedad	NTU	-	150	162	180
Grasas	mg/L	70,0	25	20	30
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	220,0	1 100	1 400	1 200
Sólidos Sedimentables	mg/L	20,0	225	275	240
Sólidos Totales	mg/L	1600,0	2 960	3 000	2 920
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500,0	9 905	9 980	9 940
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	250,0	3 500	3 560	3 601

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

En la Tabla 10-3 se determina que la mayoría de los parámetros analizados a la muestra de agua residual están por encima de su límite, lo que causa un gran problema de contaminación ambiental al ser descargado sin un previo tratamiento.

3.2.3. Factores a evaluar para la Tratabilidad del Agua residual de la Tenería Nuñez

Por varios estudios que se han hecho a las empresas de curtiembre respecto a la tratabilidad de sus aguas recomiendan realizarla por separado ya que el agua de la etapa de pelambre teniendo un pH = 10-12 al mezclar con agua de curtido de un pH =3-4, se podría generar emanaciones de ácido sulfhídrico (H_2S), el cual es una gas totalmente Tóxico y perjudicial para los seres vivos.

3.2.4. Índice de Biodegradabilidad

Para las aguas provenientes de las curtiembres es muy factible conocer su índice de biodegradabilidad esto con el fin de conocer si el agua es biodegradable se utiliza tratamiento biológico y si no es biodegradable o se le considera parcialmente biodegradable se le aplica tratamiento de oxidación avanzado, esto se puede saber haciendo la relación entre DBO_5/DQO (Bedoya Pérez, Ardila Arias y Reyes Calle, 2014,pp.279-280).

Tabla 11-3: Parámetro de Índice de Biodegradabilidad

DBO5/DQO	Biodegradabilidad	Tratamiento Adecuado
>0,8	Muy Biodegradable	Tratamiento Biológico.
0,7-0,8	Biodegradable	Tratamiento Combinado.
0,3-0,7	Poco Biodegradable	Tratamiento Combinado.
<0,3	No Biodegradable	Físico - Químico.

Fuente: (Bedoya Pérez, Ardila Arias y Reyes Calle, 2014,p.280).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 12-3: Resultado de DBO_5 Y DQO del agua de pelambre y curtido vegetal sin tratar

Parámetro	Unidades	Agua de pelambre	Agua de curtido vegetal	Límite Máximo Permisible
DBO_5	mg/L	9 800	3 500	250
DQO	mg/L	16 400	9 905	500
Relación DBO_5/DQO		0,60	0,35	

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Luego de hacer la relación entre DBO_5/DQO se dieron análisis como:

En el índice de biodegradabilidad del agua de pelambre nos dio un valor de 0,60 y para el curtido vegetal 0,35 estos valores de acuerdo a los parámetros que se compara se puede decir que es biodegradable donde se le puede aplicar el tratamiento Biológico y Físico – Químico, en ambos procesos esto se aplica con el propósito de disminuir la contaminación que genera el efluente de la Tenería.

3.3. Pruebas de Tratabilidad

Se les conoce como ensayos que se realizan en el laboratorio, esto después de conocer la caracterización inicial del agua residual, a estos datos se los analiza para poder proponer un tratamiento el cual al implementarlo se va a obtener buenos resultados los cuales van a estar dentro de la Norma Vigente, posterior a esto realizar el diseño del sistema de tratabilidad y proponer su implementación en la Tenería.

3.3.1. Pruebas de jarras

Son pruebas a nivel de laboratorio donde se simula la tratabilidad del agua residual a gran escala, esto permite hacer la elección correcta respecto al coagulante y coadyuvante que se necesita para la tratabilidad del agua residual.



Figura 1-3. Equipo de Test de Jarras.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

3.3.2. *Químicos utilizados en el laboratorio para la tratabilidad de las aguas residuales de la curtiembre*

- **Reactivos que se utilizaron tanto para el agua de pelambre y Curtido vegetal.**

Tabla 13-3: Reactivos Químicos para tratar el agua residual

Reactivo	Función
Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$)	En el agua de pelambre su función es oxidar los sulfuros S^{-2} a sulfatos.
Cal P-24 $Ca(OH)_2$	Normalmente al mezclarse con el agua residual se forman lodos lo que permite disminuir la contaminación del efluente.
Ácido Fórmico	En el caso de tener valores de pH con el Ácido Fórmico se le puede ajustar al pH necesario que se necesite.

Fuente: (Bermeo Garay, 2016,pp.14.16).

Realizado por: Moposita, Luis. 2021.

Tabla 14-3: Coagulantes utilizados para la tratabilidad del agua residual

COAGULANTES	Función: Los coagulantes tienen la función de desestabilizar a las partículas coloidales.		
	Tipos	Ventajas y Desventajas	Dosificación recomendada- (ppm)
	Sulfato de Aluminio 1% Formula: $Al_2(SO_4)_3$	Ventajas -Alta disponibilidad y bajo costo. -Puede ser usado en diferentes aguas residuales. Desventajas -Genera gran cantidad de lodos. -Mayor tiempo de sedimentación y mezclado. -Elevada turbiedad.	100-300
	Cloruro Férrico 1% Formula: $FeCl_3$	Ventajas -Amplio rango de pH. -Baja dosificación. Desventajas -Genera lodos con hierro los cuales son corrosivos.	100-500
	Policloruro de Aluminio 1% Formula: $Cl_{3n-m}(OH)_mAl_m$	Ventajas Mejor formación de flocs. Mayor velocidad de sedimentación. Menor tiempo de mezclado. Desventajas Alto costo	100-800

Fuente: (Bermeo Garay, 2016,pp.14.16).

Realizado por: Moposita, Luis. 2021.

Tabla 15-3: Coadyuvante utilizados para la tratabilidad del agua residual

COADYUVANTE	Tipo	Descripción
	Aniónico Polielectrolito	Tiene la función de unir las partículas individuales y así formar flóculos durante la coagulación.

Fuente: (Bermeo Garay, 2016, pp.14.16).

Realizado por: Moposita, Luis. 2021.

3.3.3. *Tratabilidad del efluente de la etapa de pelambre*

3.3.3.1. *Ensayos para el agua de pelambre*

En la tratabilidad se puede aplicar diferentes procesos y operaciones unitarias, con el agua de la etapa de pelambre lo que más contamina son los sulfuros presentes en la misma.

La aireación siendo un proceso físico al aplicarlo disminuye el CO_2 y H_2S , también ayuda en la remoción de gases y compuestos y sustancias orgánicas.

- **Procedimiento de aireación para el agua de pelambre.**

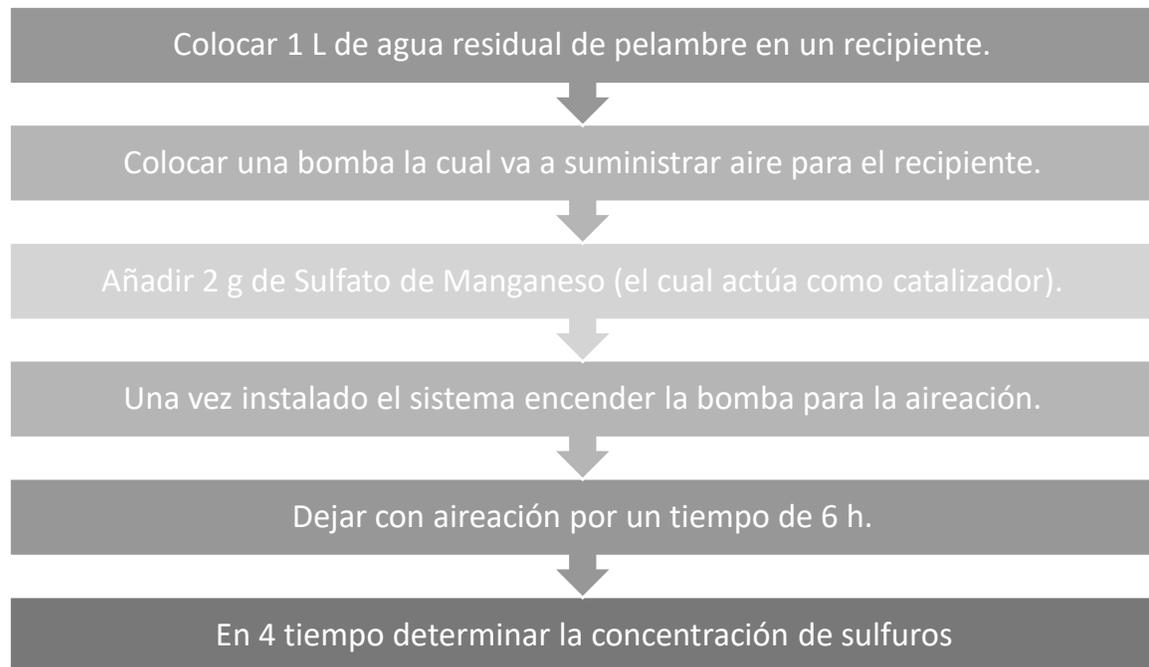


Gráfico 1-3. Procedimiento de aireación para el agua de pelambre.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 16-3: Determinación de sulfuros con 2 g de Sulfato de Manganeso

Concentración de Sulfato de Manganeso (g)	Concentración de Sulfuros (mg/l)				
	Inicio	t (1h)	t (3h)	t (4h)	t (6h)
3	3 072	2 034	1 976	1 912	1 885
2	3 072	2 048	1 984	1 856	1 792
1	3 072	2 889	2 695	2 572	2 402

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH,2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Se realizó un análisis para lo cual se observó que con 2 g de Sulfato de Manganeso es la mejor opción para disminuir la cantidad de sulfuros en el agua de la etapa de pelambre.

- **Utilización de Ácido Fórmico.**

Como se conoce el pH del agua residual de pelambre varía de entre (11-12,5) lo que dificulta la utilización del coagulante, por este motivo se utilizó Ácido Fórmico para ajustar el pH necesario para poder trabajar con los coagulantes. Hecho las pruebas se calculó que para ajustar el pH del agua residual de pelambre de entre 6-7 se necesita de 150 ppm y 200 ppm de ácido fórmico.

- **Pruebas con los Coagulantes.**

Entonces se comienza hacer la prueba de coagulantes donde en una muestra de 500(ml) se coloca 50 ppm de cada coagulante a la muestra correspondiente, esto a 300 rpm por 1 minuto, luego y para cada una se utiliza 10 ppm de polielectrolito a 50 rpm por 15 minutos y terminado el tiempo se deja reposar por 30 minutos.

Tabla 17-3: Prueba de Coagulante en el Agua de pelambre

Parámetros	Coagulantes		
	$Al_2(SO_4)_3$ 1%	PAC 1 %	$FeCl_3$ 1 %
pH inicial	6,30	8,21	6,48
50 ppm + 10 ppm de polielectrolito.			
Luego del Test de Jarras			
pH Final	6	8,03	6,41
Conductividad <i>mS</i>	13,45	13,34	13,51
TDS ppt	13,51	13,41	13,57
Turbiedad NTU	87,4	242	102,4
Sulfuros (mg/L)	390,4	396,8	377,6

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH,2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

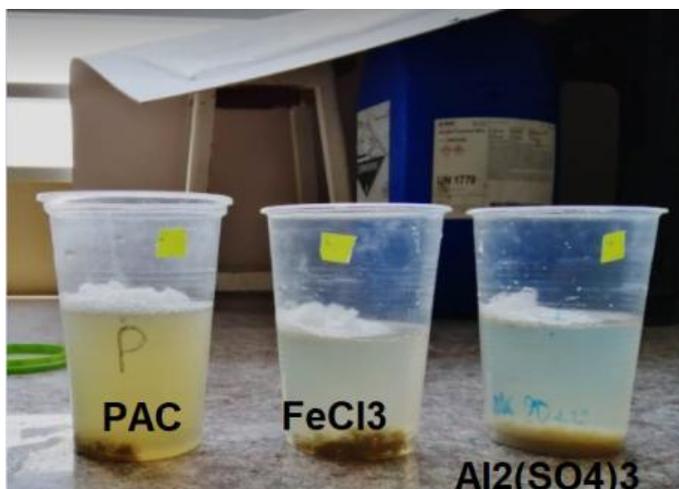


Figura 2-3. Muestras Tratadas.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Se analizó los resultados así como el color y olor que tenían las muestras, por los resultados se decidió trabajar con el $FeCl_3$ ya que mostró un valor de conductividad bajo y también el valor de los sulfuros. Como siguiente paso se decidió trabajar con el $FeCl_3$, así para obtener unos mejores resultados y se decidió colocar en una muestra de 500 ml= 50 ppm de $FeCl_3$ a 300 rpm por 1 minuto y vamos a variar la concentración del polielectrolito (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm y 40 ppm) una vez colocado a 50 rpm durante 15 minutos transcurrido el tiempo en el Test de Jarras dejamos reposar las muestras por 30 minutos para hacer la caracterización .

Tabla 18-3: Con 50 ppm de $FeCl_3$ variamos la concentración de Polielectrolito.

Numero de Muestras	M1	M2	M3	M4
pH inicial	6	6,11	6,33	6,35
50 ppm de $FeCl_3$ al 1% +				
Polielectrolito (ppm)	10	20	30	40
Resultados después del Test de Jarras.				
pH	6,08	6,40	6,70	6,72
Conductividad mS	7 967	9 024	9 020	9 008
Turbiedad NTU	170	652	295	323
Sólidos en suspensión (mg/l)	55	247	157	131

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.



Figura 3-3. Muestras Tratadas.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Al analizar las muestras se observó que unos mejores resultados se dieron con 50 ppm de $FeCl_3$ y 10 ppm de polielectrolito. Entonces ya se conoce la mejor cantidad de polielectrolito que es de 10 ppm en 500 ml de agua residual, para ver unos mejores resultados se va a variar la concentración de $FeCl_3$. Se va a trabajar con 4 muestras que van a tener variaciones en la concentración de $FeCl_3$ entonces se puede variar con 50 ppm, 40 ppm, 30 ppm y 20 ppm a 300 rpm por 1 minuto luego se agregara 10 ppm de polielectrolito por un tiempo de 15 minutos terminado eso se deja reposar por 30 minutos para realizar la caracterización a las 4 muestras.

Tabla 19-3: Variamos la concentración de $FeCl_3$

Numero de Muestras	M1	M2	M3	M4
pH inicial	6	6	6	6
Concentración de $FeCl_3$	50ppm	40ppm	30ppm	20ppm
Se trabaja con 10 ppm de polielectrolito				
Resultados después del Test de Jarras.				
pH	6,23	6,25	6,14	6,20
Conductividad <i>mS</i>	8,123	13,97	13,80	14,01
Turbiedad NTU	171,2	177	194	167
Sólidos en suspensión (mg/l)	36	62	67	59

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Al analizar la caracterización se visualizó que con 50 ppm de $FeCl_3$ y 10 ppm de polielectrolito se tienen los mejores resultados en el laboratorio.

3.3.4. *Tratabilidad del efluente de la etapa de Curtido vegetal*

En este ensayo de tratabilidad fue muy importante conocer que el agua de curtido vegetal presenta un pH de 5,8 con un color muy intenso.

Previo al ensayo donde se utiliza los coagulantes y Coadyuvante fue necesario que pase por un proceso de aireación por 30 minutos, esto para eliminar la materia orgánica presente en la misma.

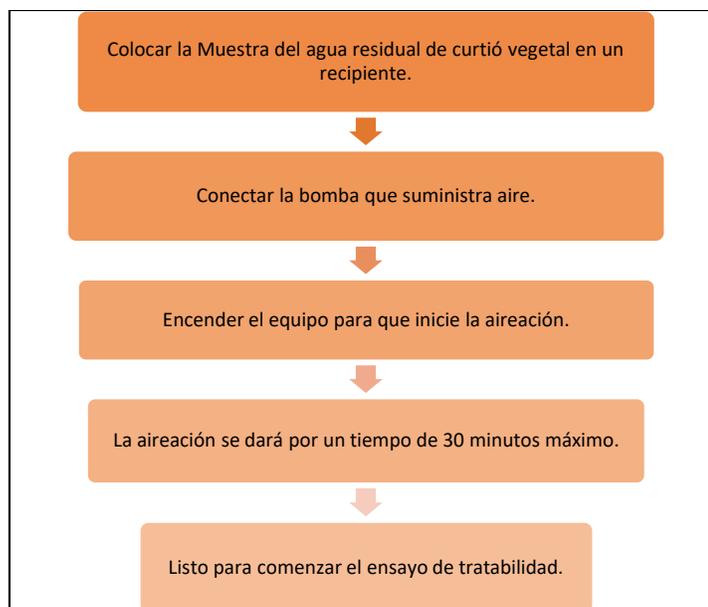


Gráfico 2-3. Procedimiento de aireación para muestra de Curtido Vegetal.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

3.3.4.1. *Ensayos para el agua de curtido vegetal*

- **Precipitación de lodos con cal P-24 $Ca(OH)_2$.**

Antes del proceso donde se agrega coagulantes y coadyuvante es necesario utilizar una dosificación de cal P-24 esto para precipitar los lodos o partículas en suspensión que se encuentren en la muestra de agua, además la cal ayuda a estabilizar el pH entre un 7-9 el cual favorece para el proceso de tratabilidad, esto con el fin de que en el Test de jarras tengamos una mejor eficiencia.

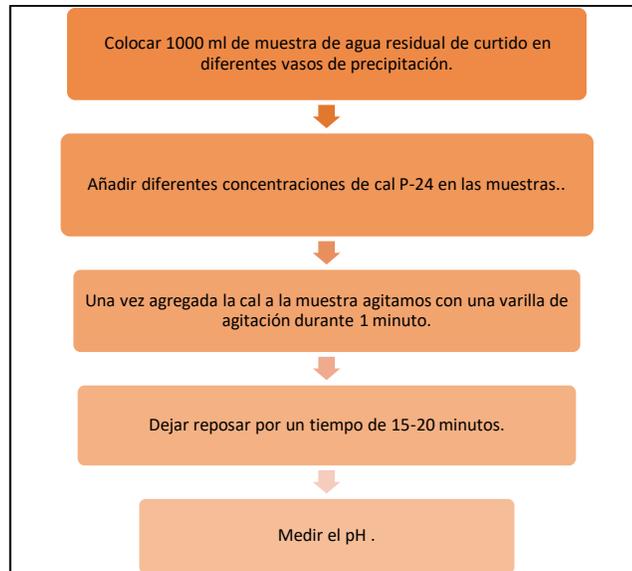


Gráfico 3-3. Procedimiento para precipitar lodos.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

En la Tabla 20-3 se observa los resultados al utilizar diferente concentración de cal P-24 $Ca(OH)_2$ en las muestras de agua de curtido vegetal.

Tabla 20-3: Resultados de dosificación de cal P-24 $Ca(OH)_2$ en 1000 ml de muestra

Agua residual (ml)	Dosificación de cal P-24 (g)	pH inicial sin dosis de cal P-24= 6,2 - 6,7	Resultados			
		pH	Conductividad <i>mS</i>	TDS ppt	Turbiedad NTU	Sólidos en suspensión.(mg/l)
1000	4	8,90	3,109	3,130	148,7	121
1000	5	9,4	4,016	4,031	58	52
1000	6	11,89	3,595	3,606	114,87	82

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH,2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.



Figura 4-3. Concentración diferente de cal P-24 $Ca(OH)_2$.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Luego de analizar los resultados se llegó a la conclusión de que la dosificación de 5 g de cal P-24 $Ca(OH)_2$ en 1000 ml de muestra residual de curtido da muy buenos resultados de Turbiedad y sólidos en Suspensión.

Para ello fue necesario conocer en qué cantidad de lodos que se precipita en una muestra de 1000 ml de agua de curtido vegetal, a continuación, en la Figura 5-3:

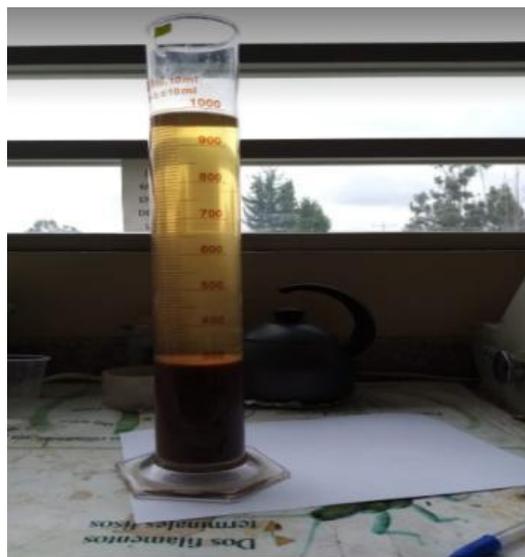


Figura 5-3. Precipitación de lodos al agregar cal P-24 $Ca(OH)_2$.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Como resultado de agregar 5 g de cal P-24 en un 1000 ml de agua residual de curtido se tiene que la cantidad de lodos precipitados son de 290 ml de 1000 ml de muestra original, y también se disminuyó el color, un factor muy importante en la tratabilidad.

- **Dosificación de Ácido Fórmico.**

Al utilizar los 5 g de cal P-24 $Ca(OH)_2$ se obtuvieron buenos resultado, pero su pH nos da entre (9-9,6) por lo que es un valor elevado y para trabajar con los coagulantes necesitamos de un pH de (6-8,9), por el mismo motivo se utilizó una solución de Ácido Fórmico para ajustar el pH y así poder trabajar la tratabilidad en el Test de jarras.

Por lo que se utilizó de entre 100 ppm a 150 ppm de Ácido Fórmico para tener el pH ajustado en 500 ml de muestra de agua residual y de esta manera se puede aplicar el correcto coagulante.

- **Dosificación de Coagulante y Coadyuvante para el agua residual.**

Se consideró la recomendación de utilizar un coadyuvante aniónico en una dosis de (5 -10) ppm de polielectrolito para una muestra de agua residual de 1000 ml.

Una vez que tenemos la muestra separada de los lodos precipitados pasamos a la elección del coagulante correcto para su tratabilidad.

Estas pruebas se las realizará en el Test de jarras.

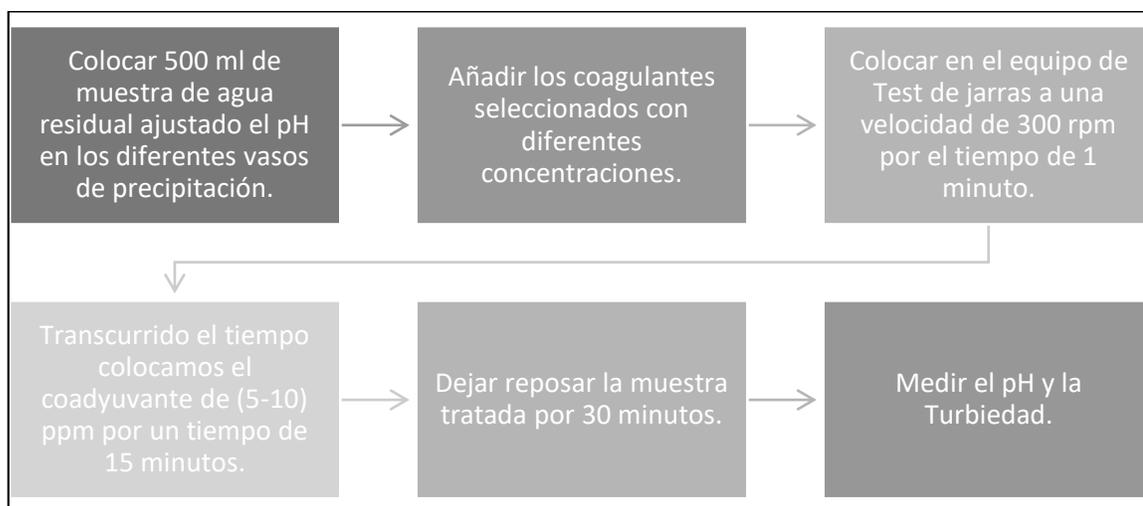


Gráfico 4-3. Elección del coagulante para el agua de curtido vegetal.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 21-3: Resultados de la selección del coagulante

Parámetros	Coagulante		
	$Al_2(SO_4)_3$	PAC	$FeCl_3$
pH inicial	6,13	8,22	6
50 ppm + 5 ppm de polielectrolito.			
Luego del Test de Jarras			
pH Final	4,84	6	6,85
Turbiedad NTU	3,60	5,60	13,70
Color Pt/Co	75	133	77
Sólidos en suspensión (mg/l)	1	10	2

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

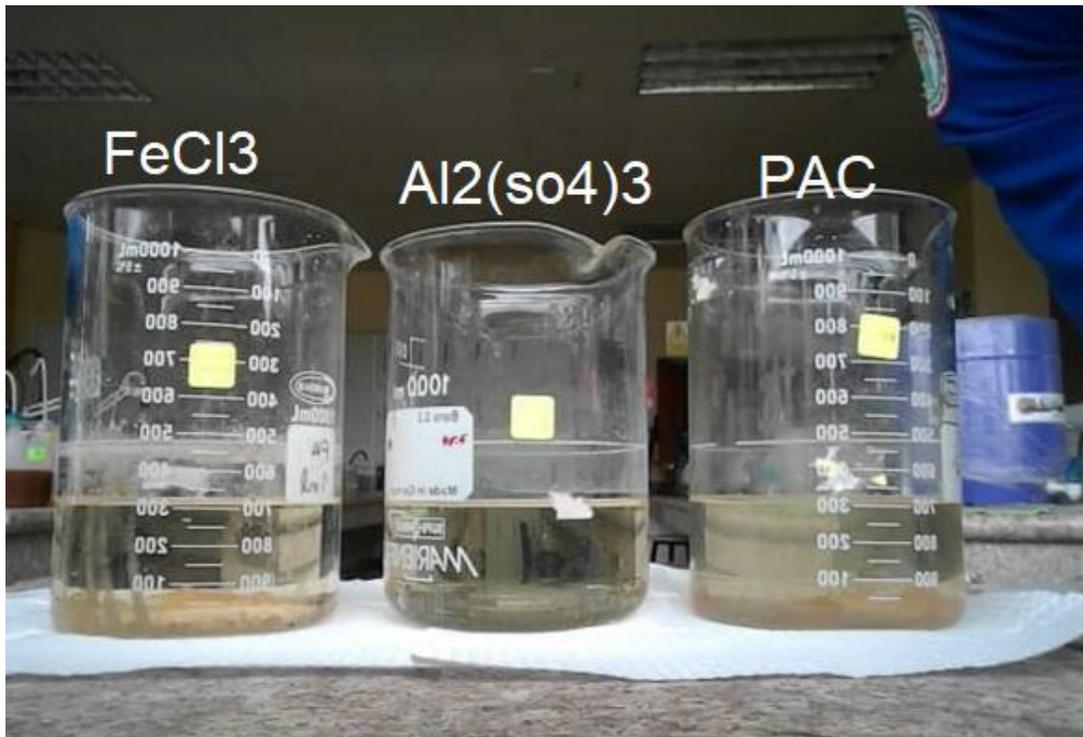


Figura 6-3. Ensayos con diferentes coagulantes.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Para la elección de coagulante se seleccionó a $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ y PAC para su respectiva utilización se utilizaron 3 vaso de precipitación en los cuales se colocó 500 ml de agua residual de curtido vegetal, para el Test de jarras se puso 50 ppm de coagulante cada uno al que corresponda y

luego de estar por un minuto a 300 rpm se le agregó 5 ppm de polielectrolito esto por 15 minutos. Se dejó reposar la muestra por 30 minutos y se realizó la caracterización respecto a los siguientes parámetros: pH, Turbiedad, color y sólidos en suspensión.

Los resultados que se obtuvieron se compararon de las tres muestras tratadas y se seleccionó a la muestra con mejores resultados el cual era utilizando el coagulante PAC.

- **El coagulante que mejor funciona es el PAC.**

Por los buenos resultados se seleccionó al PAC como mejor coagulante para el agua residual de curtido vegetal, como se sabe se utilizó 50 ppm de PAC más 5 ppm de polielectrolito.

El siguiente ensayo se va a variar el pH esto con el objetivo de saber a qué pH trabaja mejor el coagulante seleccionado.

Tabla 22-3: Variación del pH para aplicar el PAC

Parámetros	Coagulante			
	PAC			
pH inicial	7,07	7,67	8,35	8,84
	50 ppm + 5 ppm de polielectrolito.			
	Luego del Test de Jarras			
pH Final	7,24	7,39	7,46	7,62
Conductividad <i>mS</i>	3,008	3,449	3,216	3,201
Turbiedad NTU	7,23	6,43	6,60	7,38
Color Pt/Co	248	263	271	311
Sólidos en suspensión (mg/l)	17,5	19	21	24

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Los resultados que se pueden observar en la Tabla 23-3, nos indica que en el valor de pH=7,07 es donde mejor trabaja el coagulante PAC esto ya que los resultados representan buena eficiencia en la tratabilidad.

Conociendo el valor de pH=7,07 que es donde mejor trabajo el PAC ahora se va a variar la concentración del PAC para conocer con que concentración trabaja mejor.

Tabla 23-3: Variación de la dosis de PAC

Parámetros	pH inicial= 7,13				
DOSIS (ppm)	COAGULANTE PAC				
	50	40	30	20	10
	+ 5 ppm de polielectrolito.				
Luego del Test de Jarras					
pH Final	7,10	7	7,08	7,06	7,12
Conductividad <i>mS</i>	3,013	3,228	3,239	3,206	3,220
Turbiedad NTU	1,54	3,10	2,50	2,90	5,15
Color Pt/Co	135	167	162	163	232
Sólidos en suspensión (mg/l)	1	2	3	2	2

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

En la Tabla 24-3 se puede observar los resultados al variar la concentración de PAC con esto se puede decir que la mejor dosis es de 50 ppm de PAC, donde se observó mejores resultados y se mira una muy buena eficiencia de tratabilidad del agua residual.

3.4. Diseño de la planta de sistema de tratabilidad

3.4.1. Cálculos de Ingeniería

Se ha determinado el tratamiento adecuado tanto para el agua de pelambre como para el agua de curtido vegetal, entonces se va a dimensionar los equipos, procesos y operaciones unitarias necesarios a nivel Industrial para el tratamiento de sus aguas, por lo que el primer paso es conocer el caudal de agua residual que tiene la tenería, ya que para el dimensionamiento el caudal es fundamental, además del caudal y el dimensionamiento también es necesario calcular la cantidad necesaria de coagulante a utilizar para su tratabilidad.

3.4.2. Diseño del S.T para el agua que se genera en la etapa de pelambre

Tabla 24-3: Resultados de la medición de caudal

N° de muestras	Etapa	
	Caudal de Pelambre (L/s)	Caudal de Curtido Vegetal (L/s)
1	0,045	0,043
2	0,044	0,042
3	0,046	0,044
Promedio total	0,045	0,043
Caudal(m³/día)	3,88	3,71

Fuente: Tenería Nuñez, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

3.4.2.1. Caudal de Diseño

- **Caudal experimental**

Para la determinación del caudal de la Tenería Nuñez se utilizó el método volumétrico, por lo que la medida de volumen en función del tiempo se tomó de la descarga de bombos.

$$Q_{pelambre} = 3,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Caudal de diseño**

Cuando se desea calcular el caudal de diseño se da la siguiente recomendación considerar el factor de seguridad el cual es 30% a continuación la Siguiete Ecuación:

$$Q_d = Q_c + Q_c * f_s \quad \text{Ec. 3 - 1}$$

$$Q_d = 3,88 \text{ m}^3 / \text{día} + (3,88 * 0,30) \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Q_d = 5 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Donde:

Q_c = Caudal calculado o real ($\text{m}^3 / \text{día}$)

Q_d = Caudal de diseño, ($\text{m}^3 / \text{día}$)

f_s = Factor de Seguridad (30 %)

- **Consideraciones para el diseño de los canales.**

Tabla 25-3: Parámetros de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del Agua (m)	Pendiente longitudinal			
		0,02	0,05	0,10	0,15
0,30	0,30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0,50	0,40	40-70	70-120	100-160	120-200
0,80	0,60	140-240	230	320-530	400-650

Fuente:(ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA-FAO, 2007).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Área del canal**

$$A_c = b * h \quad \text{Ec. 3 - 2}$$

$$A_c = (0,3m)(0,3m)$$

$$A_c = 0,09 \text{ m}^2$$

Donde:

A_c = Área del canal, (m^2)

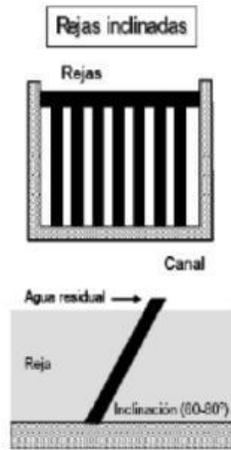
b = Ancho del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel del agua (m)

- **Dimensionamiento de Rejillas.**

Su función es retener lo máximo en sólidos de gran tamaño estos pueden ser (plásticos, papel y restos de madera, etc.) ayuda a proteger la entrada de agua residual de bombas, válvulas y demás, esto con el fin de no tener problemas en el proceso de tratabilidad.

Sin olvidar que un buen rendimiento son las rejillas de limpieza manual.



Característica		Limpieza manual	Limpieza automática
Tamaño de la barra	Anchura (mm)	5-15	5-15
	Profundidad (mm)	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras (mm)		25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical (°)		30-45	0-30
Velocidad de aproximación (m/s)		0,3-0,6	0,6-1,1
Pérdida de carga admisible (mm)		150	150

Figura 7-3: Rejillas de limpieza Manual.

Fuente: (Lombeida, 2017,p.26.)

- **Longitud de las barras para la rejilla.**

$$L_b = \frac{h_{\text{máx}}}{\text{Sen}\theta} \quad \text{Ec. 3 - 3}$$

$$L_b = \frac{0,21 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_b = 0,29 \text{ m}$$

Donde:

L_b = Longitud de las barras en la rejilla en (m).

$h_{\text{máx}}$ = Altura máxima del agua en el canal (m).

θ = Angulo de inclinación de la rejilla a (45 grado).

- **Numero de barras para rejillas finas.**

$$N_b = \frac{b}{e + s} \quad \text{Ec. 3 - 4}$$

$$N_b = \frac{0,30 \text{ m}}{(0,012 + 0,015)\text{m}}$$

$$N_b = 11,11 \text{ Aproximando } 11$$

Donde:

N_b = Es el número de barras.

b = Ancho del canal de agua en (m).

S = Distancia entre las barras(m).

e = Espesor de las barras de la rejilla en (m).

- **Longitud sumergida de las barras en el canal.**

$$L_s = \frac{n_{\text{máx}}}{\text{Sen}\theta} \quad \text{Ec. 3 - 5}$$

$$L_b = \frac{0,00052 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_b = 0,00073 \text{ m}$$

Donde:

L_b = Longitud sumergidas de las barras en (m).

$n_{\text{máx}}$ = Nivel máximo del agua en (m).

θ = Angulo de inclinación de las barras a (45 grado).

- **Perdida de carga a través de las rejillas**

$$h_c = \beta \left(\frac{b}{s}\right)^{4/3} * \frac{v_m^2}{2g} * \text{sen}\theta \quad \text{Ec. 3 - 6}$$

$$h_c = 1,79 \left(\frac{0,30}{0,015}\right)^{4/3} * \frac{(0,23)^2}{2(9,8)} * \text{sen}45$$

$$h_c = 0,18 \text{ m}$$

Donde:

h_c = Perdidas de carga por la regilla en (m).

β = Coeficiente de peridada.

b = Ancho del canal por donde va el agua en (m).

s = Distancia entre las barras(m).

v_m = Velocidad media que va por el canal en (m/s).

g = Gravedad - su valor(9,8m/s²).

- **Dimensionamiento de trampa de grasa.**

Las aguas de pelambre tanto como de curtido vegetal son necesaria someterlas a una trampa de grasas donde se aprovecha la tendencia que poseen las grasas y aceites de flotar.

Tabla 26-3: Dimensionamiento de la Trampa de grasa.

Parámetro	Unidad	Valor
Tubo de entrada	Ø	3”
Profundidad	m	1,05
Longitud	m	5
Ancho*	m	1,05
h1	m	0,25
h2	m	0.66
Tubo de salida	Ø	3”
Tubo de agotamiento	Ø	3”

Fuente: (ENTRIX, 2017,p.264).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento y/o Homogenización.**

Por lo general se calcula un volumen casi igual al caudal vertido.

Tabla 27-3: Información del tanque.

Parámetro	Unidad	Valor
Profundidad	m	1
Longitud	m	5
Ancho*	m	1

Fuente: (ENTRIX, 2017,p.264).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Área del Tanque**

$$A = \frac{Q * t}{h} \quad \text{Ec. 3 - 7}$$

$$A = \frac{5m^3}{1 \text{ día}} * 1$$

$$A = 5m^2$$

Donde:

$Q = \text{Caudal } m^3 / \text{día}$

$t = \text{Tiempo de descarga (h)}.$

$h = \text{Altura (m)}.$

$A = \text{Área del Tanque (m}^2\text{)}.$

- **Dimensionamiento del tanque de aireación.**

El tanque de aireación es diseñado con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de sulfuros y materia orgánica que exista en el agua de pelambre al igual que para el agua de curtido vegetal se le va airear para eliminar la materia orgánica que pueda existir.

- **Volumen del tanque**

$$v_{ta} = l * a * h \quad \text{Ec. 3 - 8}$$

$$V_{ta} = 5m * 1m * 1,5m$$

$$L_{ta} = 7,5 \text{ m}^3$$

Donde:

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

l = Longitud del tanque (m).

a = Ancho del tanque(m).

h = Altura del tanque en (m).

- **Calculo del sistema de aireación**

En las aguas de pelambre tenemos un valor muy alto de DBO_5 por lo que se entiende que tiene gran cantidad de materia orgánica, al pasar por la aireación disminuimos la cantidad de materia orgánica presente en el agua.

Importante

Si se utiliza un catalizador para el agua de pelambre como es el sulfato de manganeso ($MnSO_4$) esto permite reducir el tiempo de aireación.

Lo más recomendable para esta empresa es que en aire puede ser suministrado al tanque por medio de un compresor, el aire será inyectado desde lo profundo del tanque, utilizando una tubería cuyos orificios son recomendados en un diámetro de (0,5mm)

- **Caudal del aire en función del DBO_5 .**

$$Q_{aire} = 9800 \frac{mg \text{ } DBO_5}{L} * \frac{1Kg \text{ } DBO_5}{10^6 mg \text{ } DBO_5} * \frac{1000 L}{1m^3} * \frac{5m^3}{día} * \frac{154 m^3 \text{ aire}}{1Kg \text{ } DBO_5} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_{aire} = 5,24 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Donde:

Q_{aire} = Es el caudal de aire necesario para degradar el DBO_5 (m^3 / min)

Qd = Caudal de Diseño = $5 \text{ m}^3 / \text{dia}$

Entonces según la formula se sabe que para degradar $9800 \text{ mg } DBO_5 / L$ se requiere de :

$$Q_{aire} = 5,24 \text{ m}^3 / \text{min}$$

- **Presión hidrostática del agua**

$$P_{ha} = \rho * g * h_{ta} \quad \text{Ec. 3 - 9}$$

$$P_{ha} = 998,2 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2} * 1,5m = 14673,54 Pa$$

$$P_{ha} = 15673 Pa * \frac{1 atm}{101325 Pa} * \frac{14,7 Psi}{1 atm} = 2,12 Psi$$

Donde:

P_{ha} = Es la Presión hidrostática del Agua. (psi).

ρ = Es la densidad del agua en (kg/m^3).

g = Gravedad en (m/s^2).

h_{ta} = Es la altura del tanque de aireación en (m).

- **Presión absoluta**

$$P_a = P_{ha} + P_{atm} \quad \text{Ec. 3 - 10}$$

$$P_a = (2,12 + 14,85)Psi$$

$$P_a = 16,97 Psi$$

- **Potencia del compresor**

$$P_C = \frac{Q_{aire} * RT_a}{75 * n * \varepsilon} \left[\left(\frac{P_a}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right] * 0,7457 \quad \text{Ec. 3 - 11}$$

$$Q_{aire} = 5,24 \frac{m^3}{min} * \frac{1,2041 kg aire}{1m^3 aire} * \frac{1 min}{60 s} = 0,1051 kg/s$$

$$P_C = \frac{0,1051kg}{s} * \frac{29,27m}{K} * 293K \left[\left(\frac{16,97}{14,85} \right)^{0,283} - 1 \right] * 0,7457$$

$$P_C = 1.71 KW = 2 Hp$$

Donde:

Q_{aire} = Es el caudal de aire en kg/s.

R = Es la constante para el aire de 29,27 m/K.

T_a = Temperatura ambiente. °C

P_a = Es la presión absoluta en psi.

P_{atm} = Presión atmosférica en psi.

n = Constante para el aire 0,283

ε = Es la eficiencia en un 70 %.

- **Equipo Sedimentador a consideración para el diseño del sistema de tratabilidad.**

El proceso de sedimentación es muy importante por lo que se separa un gran porcentaje de lodo, a los denominados tanque de sedimentación son equipos donde la precipitación de lodos se da por el peso que los lodos tienen, de manera que los lodos descienden hacia el fondo del tanque por lo que a través de una tubería es descargado dicho residuo y tenemos como resultado agua clarificada.

En la curtiduría se cuenta con un Tanque sedimentador el cual tiene los siguientes parámetros.

Tabla 28-3: Tanque de Sedimentación existente en la Tenería

Parte superior del tanque
Un radio de 95 cm
Una altura de 100 cm
Parte inferior del tanque
Radio de 95 cm
Una altura de 30 cm
Dándonos un volumen total del tanque de 3, 14 m³
Cuenta con 2 Aspas
Es decir que el tanque sedimentador tiene una capacidad para almacenar 3,14 m ³ de agua residual
El caudal de la empresa es de 5 m ³ . Por lo que para la etapa de floculación se realizara dos cargas y así compensar el volumen del tanque de almacenamiento.
En comparación a estos datos es totalmente factible que el equipo sedimentador se integre en el sistema de tratabilidad de la Tenería.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

- **Dimensionamiento de lechos de secado para lodos de la etapa de pelambre.**

Carga de sólidos suspendidos en el efluente

$$C_{SS} = Q_a * SS \quad \text{Ec. 3 - 12}$$

$$C_{SS} = 5m^3/día * 7 Kg/m^3$$

$$C_{SS} = 35 kg/día$$

Donde:

C_{SS} = Carga de sólidos suspendidos, (Kg/día).

Q_d = Caudal de diseño, (m^3 /día).

SS = Sólidos suspendidos (Kg/m^3).

Masa de sólidos que forman los lodos

$$MS_L = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C_{SS}) + (0,5 * 0,3 * C_{SS}) \quad \text{Ec. 3 - 13}$$

$$MS_L = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 35Kg/día) + (0,5 * 0,3 * 35Kg/día)$$

$$MS_L = 11.37Kg/día$$

Donde:

MS_L = Masa de sólidos que forman los lodos, (Kg/día).

C_{SS} = Carga de sólidos suspendidos, (Kg/día).

Volumen diario de lodos digeridos

$$V_{dL} = \frac{MS_L}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\%sólidos}{100\%}\right)} \quad \text{Ec. 3 - 14}$$

$$V_{dL} = \frac{11,37Kg/día}{1,04Kg/L * \left(\frac{12\%}{100\%}\right)}$$

$$V_{dL} = 91.10 L/día$$

Donde:

V_{dL} = Volumen diario de lodos dirigidos, (L/ día).

MS_L = Masa de sólidos que conforman los lodos, (Kg/ día).

ρ_{lodo} = Densidad del lodo, ($\frac{1,04kg}{L}$ → Dato Obtenido de OPS /CEPIS/05.163, P. 19)

% sólidos: porcentaje de sólidos, (8 – 12)% Dato Recomenda de OPS /CEPIS/05.163, P. 19)

Volumen de lodos a extraer del tanque

$$V_{LE} = V_{dL} * t_{DL} \quad \text{Ec. 3 - 15}$$

$$V_{LE} = (91,10L/día)(40día)$$

$$V_{LE} = 3644L = 3,64 m^3$$

Donde:

V_{LE} = Volumen de lodos a extraer del tanque, (m^3).

V_{dL} = Volumen diario de lodos digeridos, ($\frac{L}{día}$).

t_{DL} = Tiempo requerido para digestion del lodo, (dias).

Área de lecho de secado

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_{LS}} \quad \text{Ec. 3 - 16}$$

$$A_{LS} = \frac{3,64 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 9,1 \text{ m}^2$$

Donde:

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

V_{LE} = Volumen de lodos a extraer del tanque, (m^3).

H_{LS} = Altura del lecho de secado, (m).

Ancho del lecho de secado

$$b_{LS} = \frac{A_{LS}}{L_{LS}} \quad \text{Ec. 3 - 17}$$

$$b_{LS} = \frac{9,1 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$b_{LS} = 3,03 \text{ m}$$

Donde:

b_{LS} = Ancho del lecho de secado, (m).

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

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

Volumen del lecho de secado

$$V_{LS} = L_{LS} * b_{LS} * H_{LS} \quad \text{Ec. 3 - 18}$$

$$V_{LS} = (3,0 \text{ m}) * (3,03 \text{ m}) * (0,40 \text{ m})$$

$$V_{LS} = 3,67 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{LS} = Volumen del lecho de secado, (m^3).

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

H_{LS} = Altura del lecho de secado, (m).

• Cálculo de dosificación de Sulfato de Manganeso (MnSO_4) al 2%

En la prueba de tratabilidad que se realizaron a nivel de laboratorio se colocó Sulfato de Manganeso 2 g en 1000 ml de muestra de agua residual de pelambre.

$$D_{MnSO_4} = V_{dap} * C \quad \text{Ec. 3 - 19}$$

$$D_{MnSO_4} = 5000L * \frac{0,002 \text{ kg } MnSO_4}{1L}$$

$$D_{MnSO_4} = 10 \text{ kg } MnSO_4$$

Donde:

D_{MnSO_4} = Dosis optima de Sulfato de Manganeso (kg/carga).

V_{dap} = Volumen de diseño para el agua de pelambre (L).

C = Es la concentración de Sulfato de Manganeso para un litro. (kg/L)

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{MnSO_4} = 1 * 10 \text{ kg } MnSO_4$$

$$D_{MnSO_4} = 10 \text{ kg } MnSO_4 / \text{mes}$$

Por lo que se necesita de 10 kg $MnSO_4$ para tratar el agua de pelambre, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

- **Dosificación de Cloruro Férrico ($FeCl_3$) al 1% y Coadyuvante.**

En el laboratorio se utilizó el $FeCl_3$ al 1 % en 1000 ml de agua residual, por lo que la dosis optima fue de 10 ml (100 ppm), para una muestra de 1000 ml de agua residual de pelambre.

$$D_{FeCl_3} = V_{dap} * C \quad \text{Ec. 3 - 20}$$

$$D_{FeCl_3} = 5000 L * \frac{0,0001 \text{ kg}}{1 L}$$

$$D_{FeCl_3} = 0,5 \frac{\text{kg } FeCl_3}{\text{carga}}$$

Donde:

D_{FeCl_3} = Es la dosis óptima de Cloruro Férrico (kg/carga)

V_{dap} Volumen de diseño para el agua de pelambre (L).

C = Es la concentración de Cloruro Férrico, (100 ppm).

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{FeCl_3} = 1 * 0,5 \text{ kg } FeCl_3$$

$$D_{FeCl_3} = 0,5 \text{ kg } FeCl_3 / \text{mes}$$

Por lo que se necesita de 0,5 kg $FeCl_3$ para tratar el agua de pelambre, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

- **Dosis del Coadyuvante (polielectrolito).**

En el laboratorio se utilizó el coadyuvante el cual es el polielectrolito y se utilizó al 1 % en 1000 ml de agua residual, por lo que la dosis optima fue de 2 ml (20 ppm), para una muestra de 1000 ml de agua residual de pelambre.

$$D_{poli} = V_{dap} * C \quad \text{Ec. 3 - 21}$$

$$D_{poli} = 5000 L * \frac{0,00002kg}{1 L}$$

$$D_{poli} = 0,1 \frac{kg \text{ polielectrolito}}{\text{carga}}$$

Donde:

D_{poli} = Es la dosis óptima de polielectrolito (kg/carga)

V_{dap} = Volumen de diseño para el agua de pelambre (L).

C = Es la concentración de polielectrolito, (20ppm).

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{poli} = 1 * 0,1 kg \text{ polielectrolito}$$

$$D_{poli} = 0,1 kg \text{ polielectrolito / mes}$$

Por lo que se necesita de 0,1 kg polielectrolito para tratar el agua de pelambre, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

- **Caudal experimental de agua de curtido vegetal.**

Para la determinación del caudal de la Tenería Nuñez se utilizó el método volumétrico, por lo que la medida de volumen en función del tiempo se tomó de la descarga de bombos.

$$Q_{cv} = 3,71 m^3 / día$$

- **Caudal de diseño de agua de curtido vegetal.**

Cuando se desea calculara el caudal de diseño se da la siguiente recomendación considerar el factor de seguridad el cual es 30% a continuación la siguiente ecuación:

$$Q_{dcv} = Q_c + Q_c + f_s \quad \text{Ec. 3 - 22}$$

$$Q_{dcv} = 3,71 m^3 / día + (3,71 * 0,30)m^3 / día$$

$$Q_{dcv} = 4,82 m^3 / día$$

Donde:

Q_{cv} = Caudal calculado o real ($m^3 / día$)

Q_{dcv} = Caudal de diseño, ($m^3 / día$)

f_s = Factor de Seguridad (30 %)

Luego de realizar la tratabilidad del agua de pelambre se puede iniciar con la tratabilidad del agua de curtido vegetal en el mismo sistema esto ya que se asemeja al caudal del agua de pelambre y el dimensionamiento del sistema es el adecuado.

- **Dosificación de cal P-24 $Ca(OH)_2$.**

Se utilizó 5 g de cal P-24 $Ca(OH)_2$ para 1 L de agua residual de curtido Vegetal.

$$D_{cal P-24} = V_{dcv} * C \quad \text{Ec. 3 - 23}$$

$$D_{cal P-24} = 4820 L * \frac{0,005 kg}{1 L}$$

$$D_{cal P-24} = 24,1 \frac{kg Cal P - 24}{carga}$$

Donde:

$D_{cal P-24}$ = Es la dosis óptima de cal (kg/carga)

V_{dcv} = Volumen de diseño para el agua de curtido vegetal (L).

C = Es la concentración de cal P - 24 $Ca(OH)_2$.

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{cal P-24} = 1 * 24,1 kg cal P - 24 Ca(OH)_2$$

$$D_{cal P-24} = 24,1 kg cal P - 24 Ca(OH)_2 / mes$$

Por lo que se necesita de 24,1 kg cal P - 24 $Ca(OH)_2$ para tratar el agua de curtido vegetal, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

- **Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC) al 1% y Coadyuvante**

En el laboratorio se utilizó el PAC al 1 % en 1000 ml de agua residual, por lo que la dosis optima fue de 10 ml (100 ppm), para una muestra de 1000 ml de agua residual de Curtido.

$$D_{PAC} = V_{dcv} * C \quad \text{Ec. 3 - 24}$$

$$D_{PAC} = 4820L * \frac{0,0001 kg}{1 L}$$

$$D_{PAC} = 0,48 \frac{kg PAC}{carga}$$

Donde:

D_{PAC} = Es la dosis óptima de PAC (kg/carga)

V_{dcv} = Volumen de diseño para el agua de curtido vegetal (L).

C = Es la concentración de PAC, (100ppm).

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{PAC} = 1 * 0,48 \text{ kg PAC}$$

$$D_{PAC} = 0,48 \text{ kg PAC / mes}$$

Por lo que se necesita de 0,48 kg PAC para tratar el agua de curtido vegetal, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

- **Dosis del Coadyuvante (Polielectrolito).**

En el laboratorio se utilizó el coadyuvante el cual es el polielectrolito y se utilizó al 1 % en 1000 ml de agua residual, por lo que la dosis optima fue de 1 ml (10 ppm), para una muestra de 1000 ml de agua residual de curtido vegetal.

$$D_{poli} = V_{dcv} * C \quad \text{Ec. 3 - 25}$$

$$D_{poli} = 4820 \text{ L} * \frac{0,00001 \text{ kg}}{1 \text{ L}}$$

$$D_{poli} = 0,04 \frac{\text{kg polielectrolito}}{\text{carga}}$$

Donde:

D_{poli} = Es la dosis óptima de polielectrolito (kg/carga)

V_{dcv} = Volumen de diseño para el agua de curtido vegetal (L).

C = Es la concentración de polielectrolito, (10ppm).

Como máximo se procesa 100 pieles en la curtiembre de tal manera que solo se hace 1 carga en el bombo al mes entonces:

$$D_{poli} = 1 * 0,04 \text{ kg polielectrolito}$$

$$D_{poli} = 0,04 \text{ kg polielectrolito / mes}$$

Por lo que se necesita de 0,04 kg polielectrolito para tratar el agua de curtido vegetal, recordando de la dosificación se la realiza manualmente.

CAPÍTULO IV

4. Resultados de la caracterización final

4.1. Comparación entre los parámetros del agua de pelambre

Tabla 1-4: Comparación entre los parámetros del agua de pelambre sin Tratar y Tratada

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados del agua sin tratada.	Límites	Resultados del agua tratada.
pH	Und.	4500-B	13	6-9	7,88
Color	Pt/Co	-	485	-	133
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	59,02	-	3 875
Temperatura	°C	2550-A	19	< 40,0	21,05
Turbiedad	NTU	2130-B	9 170	-	3,57
Grasas	mg/L	-	85	70,0	10
Sulfuros	mg/L	4500- SO ₄ -E	3 072	1,00	166,2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	3 900	220,0	11
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	150	20,0	< 0,1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	7 040	1600,0	1 480
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	15 600	500,0	350
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	8 800	250,0	254

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

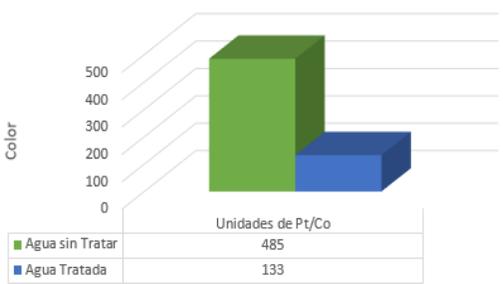
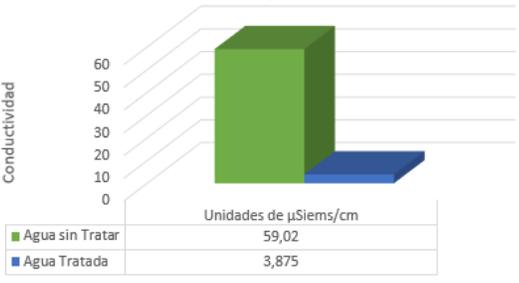
Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

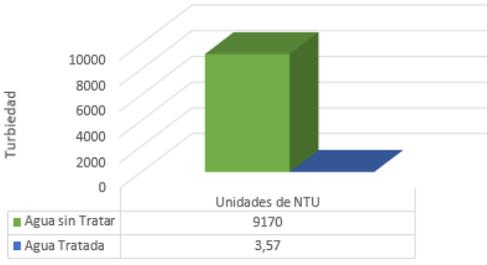
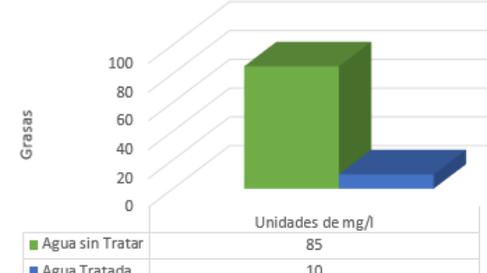
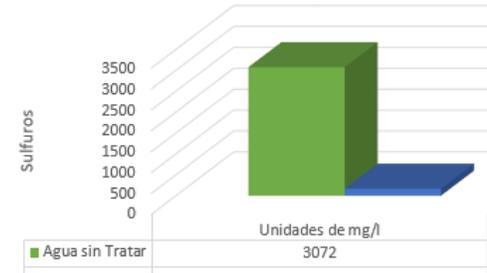
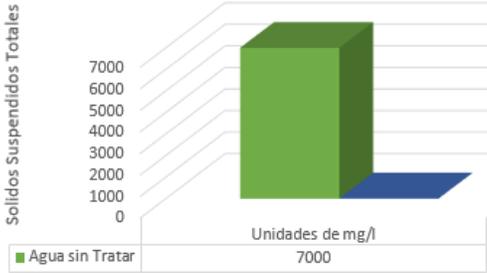
Al comparar entre los datos de la caracterización inicial del agua sin tratar y de la caracterización final de del agua ya tratada tal como se puede observar en la Tabla 1-4 se puede conocer que la mayoría de los parámetros están dentro de la norma lo cual da a conocer una gran eficiencia que da

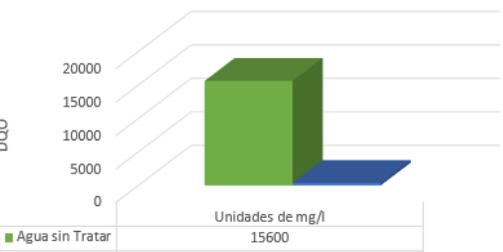
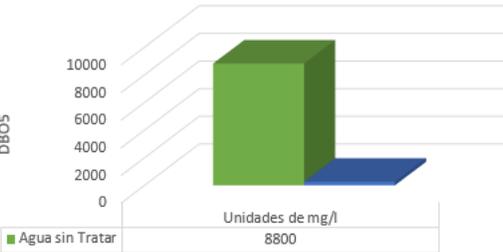
la tratabilidad en las aguas residuales, y con los valores de sulfuros, se conoce que su valor límite dentro de la norma es 1, cuando se realizó el cálculo de sulfuros a el agua sin tratar se tenía un valor de 3 072 (mg/l), y en el agua tratada se tiene un valor de sulfuros= 166,2 (mg/l) el cual se puede decir que no estamos dentro de la norma pero es una agua que se puede recircula y utilizar en la etapa de pelambre.

4.2. Eficiencia de la tratabilidad en el agua de pelambre.

Tabla 2-4: Porcentaje de remoción del agua tratada de pelambre.

PARÁMETRO	UNIDADES	% DE REMOCIÓN				
Color	Unidades de Pt/Co	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 72,5 %</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>■ Agua sin Tratar</td> <td>485</td> </tr> <tr> <td>■ Agua Tratada</td> <td>133</td> </tr> </table>	■ Agua sin Tratar	485	■ Agua Tratada	133
■ Agua sin Tratar	485					
■ Agua Tratada	133					
Conductividad	Unidades de μ Siems/cm	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 93,4 %</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>■ Agua sin Tratar</td> <td>59,02</td> </tr> <tr> <td>■ Agua Tratada</td> <td>3,875</td> </tr> </table>	■ Agua sin Tratar	59,02	■ Agua Tratada	3,875
■ Agua sin Tratar	59,02					
■ Agua Tratada	3,875					

<p>Turbiedad</p>	<p>Unidades de NTU</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 99,96 %</p>  <table border="1" data-bbox="737 478 1149 533"> <thead> <tr> <th>Unidades de NTU</th> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Agua Tratada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>9170</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td></td> <td>3,57</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades de NTU	Agua sin Tratar	Agua Tratada	Agua sin Tratar	9170		Agua Tratada		3,57
Unidades de NTU	Agua sin Tratar	Agua Tratada									
Agua sin Tratar	9170										
Agua Tratada		3,57									
<p>Grasas</p>	<p>Unidades de (mg/l)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 88,23 %</p>  <table border="1" data-bbox="737 898 1149 953"> <thead> <tr> <th>Unidades de mg/l</th> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Agua Tratada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>85</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td></td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada	Agua sin Tratar	85		Agua Tratada		10
Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada									
Agua sin Tratar	85										
Agua Tratada		10									
<p>Sulfuros</p>	<p>Unidades de (mg/l)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 94,5 %</p>  <table border="1" data-bbox="737 1318 1149 1373"> <thead> <tr> <th>Unidades de mg/l</th> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Agua Tratada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>3072</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td></td> <td>166,2</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada	Agua sin Tratar	3072		Agua Tratada		166,2
Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada									
Agua sin Tratar	3072										
Agua Tratada		166,2									
<p>Solidos Suspendidos Totales</p>	<p>Unidades de (mg/l)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 99,8 %</p>  <table border="1" data-bbox="737 1738 1149 1793"> <thead> <tr> <th>Unidades de mg/l</th> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Agua Tratada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>7000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td></td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada	Agua sin Tratar	7000		Agua Tratada		11
Unidades de mg/l	Agua sin Tratar	Agua Tratada									
Agua sin Tratar	7000										
Agua Tratada		11									

<p>Solidos Sedimentables</p>	<p>Unidades (ml/L)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 100 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 493 1193 535"> <thead> <tr> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Unidades de ml/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>150</td> </tr> <tr> <th>Agua Tratada</th> <th>Unidades de ml/l</th> </tr> <tr> <td>■</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Agua sin Tratar	Unidades de ml/l	■	150	Agua Tratada	Unidades de ml/l	■	0
Agua sin Tratar	Unidades de ml/l									
■	150									
Agua Tratada	Unidades de ml/l									
■	0									
<p>DQO</p>	<p>Unidades de (mg/l)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 97,7 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 871 1193 913"> <thead> <tr> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Unidades de mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>15600</td> </tr> <tr> <th>Agua Tratada</th> <th>Unidades de mg/l</th> </tr> <tr> <td>■</td> <td>350</td> </tr> </tbody> </table>	Agua sin Tratar	Unidades de mg/l	■	15600	Agua Tratada	Unidades de mg/l	■	350
Agua sin Tratar	Unidades de mg/l									
■	15600									
Agua Tratada	Unidades de mg/l									
■	350									
<p>DBO5</p>	<p>Unidades de (mg/l)</p>	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 97,1 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 1270 1193 1312"> <thead> <tr> <th>Agua sin Tratar</th> <th>Unidades de mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>8800</td> </tr> <tr> <th>Agua Tratada</th> <th>Unidades de mg/l</th> </tr> <tr> <td>■</td> <td>254</td> </tr> </tbody> </table>	Agua sin Tratar	Unidades de mg/l	■	8800	Agua Tratada	Unidades de mg/l	■	254
Agua sin Tratar	Unidades de mg/l									
■	8800									
Agua Tratada	Unidades de mg/l									
■	254									

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

4.3. Análisis de la caracterización del agua tratada de curtido vegetal

Tabla 3-4: Datos de la caracterización inicial y final del agua de curtido vegetal

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados del agua sin Tratar	Límites	Resultados del agua Tratada
pH	Und.	4500-B	5,08	6-9	7,47
Color	Pt/Co	-	3 730	-	162
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	19,37	-	1 925
Temperatura	°C	2550-A	16,7	< 40,0	20
Turbiedad	NTU	2130-B	150	-	6,12
Grasas	mg/L	-	25	70,0	< 0,1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	1 100	220,0	13
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	225	20,0	< 0,1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	2 960	1600,0	1 520
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	9 905	500,0	365
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	3 500	250,0	243

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

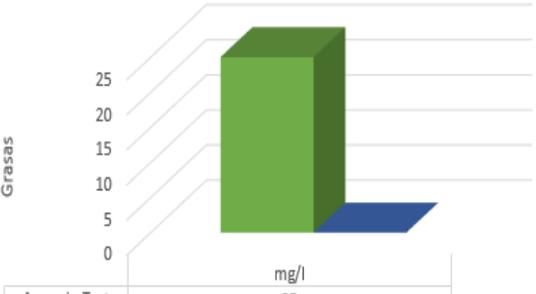
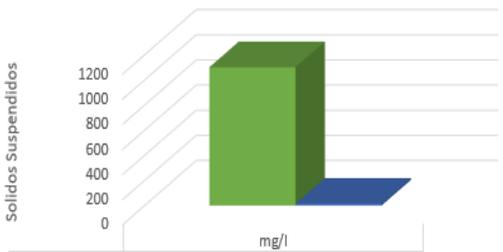
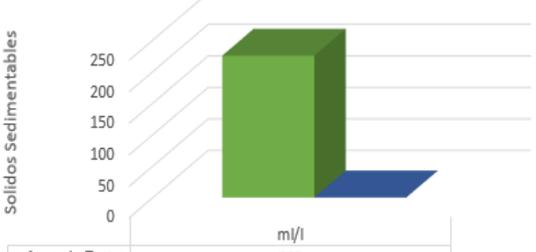
En la Tabla 3-4. se puede comparar los datos de la caracterización del agua de curtido vegetal sin tratar y del agua ya tratada, al observar estos datos se puede enunciar que todos los datos de los parámetros realizados están dentro de la norma vigente lo cual da a conocer que el proceso de tratabilidad fue el mejor en su elección.

A criterio personal se puede decir que el agua de curtido vegetal al ser tratada con las dosificaciones correctas, con operaciones y procesos unitarios adecuados y el tratamiento biológico y físico-químico correcto nos da resultados para que esta agua pueda ser descargada al alcantarillado de la misma manera la empresa puede pensar en reutilizar esta que sería lo más recomendable.

4.4. Eficiencia de la tratabilidad para agua de curtido vegetal

Tabla 4-4: Resultado de remoción del agua tratada de curtido vegetal

Parámetro	Unidades	% de Remoción						
Color	Pt/Co	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 95,6 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Unidades de Pt/Co</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>3730</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>162</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades de Pt/Co	Valor	Agua sin Tratar	3730	Agua Tratada	162
Unidades de Pt/Co	Valor							
Agua sin Tratar	3730							
Agua Tratada	162							
Conductividad	μ Siems/cm	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 90,06 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>mS</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>19,37</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>1,925</td> </tr> </tbody> </table>	mS	Valor	Agua sin Tratar	19,37	Agua Tratada	1,925
mS	Valor							
Agua sin Tratar	19,37							
Agua Tratada	1,925							
Turbiedad	NTU	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 95,9 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NTU</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>6,12</td> </tr> </tbody> </table>	NTU	Valor	Agua sin Tratar	150	Agua Tratada	6,12
NTU	Valor							
Agua sin Tratar	150							
Agua Tratada	6,12							

Grasa	mg/l	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 100 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 598 1226 661"> <thead> <tr> <th></th> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Agua sin Tratar</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>■ Agua Tratada</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		mg/l	■ Agua sin Tratar	25	■ Agua Tratada	0
	mg/l							
■ Agua sin Tratar	25							
■ Agua Tratada	0							
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 98,8 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 1060 1193 1123"> <thead> <tr> <th></th> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Agua sin Tratar</td> <td>1100</td> </tr> <tr> <td>■ Agua Tratada</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>		mg/l	■ Agua sin Tratar	1100	■ Agua Tratada	13
	mg/l							
■ Agua sin Tratar	1100							
■ Agua Tratada	13							
Sólidos Sedimentables	ml/L	<p style="text-align: center;">PORCENTAJE DE REMOCIÓN 100 %</p>  <table border="1" data-bbox="771 1522 1226 1585"> <thead> <tr> <th></th> <th>m/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Agua sin Tratar</td> <td>225</td> </tr> <tr> <td>■ Agua Tratada</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		m/l	■ Agua sin Tratar	225	■ Agua Tratada	0
	m/l							
■ Agua sin Tratar	225							
■ Agua Tratada	0							

Sólidos Totales	mg/L	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 48,8 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>2969</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>1520</td> </tr> </tbody> </table>	mg/l	Agua sin Tratar	2969	Agua Tratada	1520
mg/l							
Agua sin Tratar	2969						
Agua Tratada	1520						
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 96,3 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>9905</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>365</td> </tr> </tbody> </table>	mg/l	Agua sin Tratar	9905	Agua Tratada	365
mg/l							
Agua sin Tratar	9905						
Agua Tratada	365						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<p>PORCENTAJE DE REMOCIÓN 93,05 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua sin Tratar</td> <td>3500</td> </tr> <tr> <td>Agua Tratada</td> <td>243</td> </tr> </tbody> </table>	mg/l	Agua sin Tratar	3500	Agua Tratada	243
mg/l							
Agua sin Tratar	3500						
Agua Tratada	243						

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2021.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

4.5. Análisis de los resultados tanto del agua de pelambre y curtido vegetal

La producción mensual de la “Tenería Nuñez” es de 100 pieles, las mismas que pasan por la etapa de pelambre y de curtido que da como resultado un efluente con carga de: sulfuros, lodos y una alta carga orgánica, por lo que genera una contaminación al medio ambiente los mismos que son descargados al sistema de alcantarillado de la parroquia sin un previo tratamiento.

Uno de los objetivos de este proyecto fue realizar la caracterización del agua de la Tenería Nuñez esto con el fin de determinar los parámetros que se encuentre fuera de la norma vigente, dándonos los siguientes resultados: del agua de la etapa de pelambre se dio que tenía un pH:13, Conductividad: 59,02 mS, Turbiedad 9 170 NTU, Grasas 85 mg/L, Sulfuros 3 072 mg/L, sólidos suspendidos totales 7 000 mg/L, sólidos sedimentables 150 ml/L, sólidos totales 7 040 mg/L, DBO5 8 800 mg/L, DQO 15 600 mg/L: para el agua de curtido; pH:5,08, Conductividad: 19,37 mS, Turbiedad 1 500 NTU, Grasas 25 mg/L, sólidos suspendidos totales 1 100 mg/L, sólidos sedimentables 225 ml/L, sólidos totales 2 960 mg/L, DBO5 3 500 mg/L, DQO 9 905 mg/L.

Obteniendo los datos de la caracterización inicial y comparando los parámetros se entiende que están fuera de su límite por lo que se procedió al cálculo del índice de biodegradabilidad dando como resultado para el agua de pelambre un valor de 0,60 por lo que se puede decir que es una agua biodegradable y se le puede aplicar el tratamiento biológico y físico químico(coagulación, floculación y sedimentación), para el agua de curtido dio una valor de 0,35 por lo que también se considera una agua a la cual se la puede aplicar tratamiento biológico y físico- químico.

Por lo que para realizar las pruebas de tratabilidad se lo llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad del agua ubicado en la Facultad de Ciencia de la ESPCOH, dentro de la tratabilidad se realizaron varios ensayos y para el agua de pelambre un de los que mejores funciono fue agregar un % de sulfato de Manganeso en la etapa de aireación esto con el fin de reducir la presencia de sulfuros ya que en la caracterización inicial nos da una valor de 3 072 mg/L, conociendo este dato se dio un tiempo de aireación de 6 horas y se realizó la prueba de sulfuros al agua donde dio un valor de 166,2 mg/L, haciendo la relación en porcentaje se puede decir que se logró disminuir un 94,5 % de sulfuros lo que es razonable y demuestra la gran eficiencia que tiene el ensayo, entonces se procede a elegir un coagulante que mejor eficiencia tenga junto con un coadyuvante para lo cual con varios ensayos realizados se determinó que el cloruro férrico al 1% es un buen coagulante y el polielectrolito como coadyuvante para el agua de pelambre dando unos parámetros bajos de contaminación. .

En el agua de curtido vegetal se observó un gran problema de tinte o color presente en el agua por lo que se realizó ensayos y se determinó que utilizando un % de cal P-24 se puede precipitar lodos y aclarar el agua, entonces luego se procede a elegir un coagulante y coadyuvante que mejor eficiencia tenga en los ensayos, dando como resultado el policloruro de aluminio o mejor conocido como PAC al 1% junto con el coadyuvante polielectrolito dieron resultados favorables respecto a los parámetros de contaminación.

Las eficiencias de los ensayos finales tanto para el agua del pelambre y de curtido vegetal fueron buenos resultados ya que en estadísticas se conoce que la remoción de contaminantes se dio de entre un (90-96) %.

Luego de finalizar las pruebas de jarras se procedió a realizar el diseño de un Sistema de Tratabilidad para la curtiduría recordando que el propietario tiene un equipo sedimentador y que pidió que lo agreguemos en el diseño por lo cual, se da a conocer sobre el diseño de un canal que contenga el caudal arrojado por los bombos, un tanque de aireación, pozos para lodos y un tanque de almacenamiento para el agua tratada, analizando los costos para la implementación del sistema de tratabilidad se concluye que la construcción es muy factible y necesaria esto con el fin de disminuir la carga contaminante generada por la curtiembre.

Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Reforma Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Tabla 8.

4.6. Resultados del dimensionamiento del STAR

Tabla 5-4: Resultados del cálculo del caudal de agua de pelambre

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal calculado o real	Q_c	3,88	$m^3/día$
Caudal de diseño	Q_d	5	$m^3/día$

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 6-4: Dimensionamiento del canal de la entrada al sistema de tratabilidad

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Anchura del canal	b	0,30	m
Altura del agua	h	0,30	m
Área del canal	A_c	0,09	m^2
Altura máxima del agua	$h_{máx}$	0,32	m
Altura total del canal	H_c	0,60	m

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 7-4: Dimensionamiento de las Rejillas de Limpieza manual

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Longitud de las barras	L_b	0,29	<i>m</i>
Angulo de inclinación	θ	45	<i>grados</i>
Separación entre barras	s	0,015	<i>m</i>
Número de barras	N_b	11	<i>m</i>
Longitud sumergida de las barras	L_s	0,00073	<i>m</i>
Pérdida de carga a través de las rejillas	h_c	0,18	<i>m</i>

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 8-4: Dimensionamiento de la Trampa de grasas

Parámetro	Valor	Unidad
Tubo de entrada	3"	Ø
Profundidad	1,05	m
Longitud	5	m
Ancho*	1,05	m
h1	0,25	m
h2	0.66	m
Tubo de salida	3"	Ø
Tubo de agotamiento	3"	Ø

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 9-4: Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento y/o Homogenización.

Parámetro	Valor	Unidad
Profundidad	1	m
Longitud	5	m
Ancho*	1	m

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 10-4: Dimensionamiento del tanque de aireación

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Longitud del tanque de aireación	L_{ta}	5	m
Ancho del tanque de aireación	b_{ta}	1	m
Altura del tanque de aireación	H_{ta}	1,5	m
Volumen del tanque de aireación	V_{ta}	7,5	m^3
Sistema de aireación			
Caudal de aire	Q_{aire}	5,24	m^3/min
Presión hidrostática del agua	P_{ha}	2,12	Psi
Presión absoluta	P_a	16,97	psi
Potencia del compresor	P_c	2,0	Hp

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 11-4: Tanque de Sedimentación existente en la empresa

Parte superior del tanque
Un radio de 95 cm
Una altura de 100 cm
Parte inferior del tanque
Radio de 95 cm
Una altura de 30 cm
Dándonos un volumen total del tanque de 3, 14 m³
Cuenta con 2 Aspás
Es decir que el tanque sedimentador tiene una capacidad para almacenar 3,14 m ³ de agua residual
El caudal de la empresa es de 2,8 m ³ .
En comparación a estos datos es totalmente factible que el equipo sedimentador se integre en el sistema de tratabilidad de la empresa.

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 12-4: Dimensionamiento del lecho de secado

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Carga de sólidos suspendidos en el efluente	C_{SS}	35	$kg/día$
Masa de sólidos que conforman los lodos	M_{SL}	11,37	$kg/día$
Volumen diario de lodos digeridos	V_{dL}	91,10	$m^3/día$
Volumen de lodos a extraer	V_{LE}	3,64	m^3
Área del lecho de secado	A_{LS}	9,1	m^2
Ancho del lecho de secado	b_{LS}	3,03	m
Volumen del lecho de secado	V_{LS}	3,63	m^3
Número de lechos	$N^{\circ}L$	2	-

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 13-4: Resultados del cálculo del caudal de agua de Curtido Vegetal

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal calculado o real	Q_c	3,71	$m^3/día$
Caudal de diseño	Q_d	4,82	$m^3/día$

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

4.7. Proceso de Producción

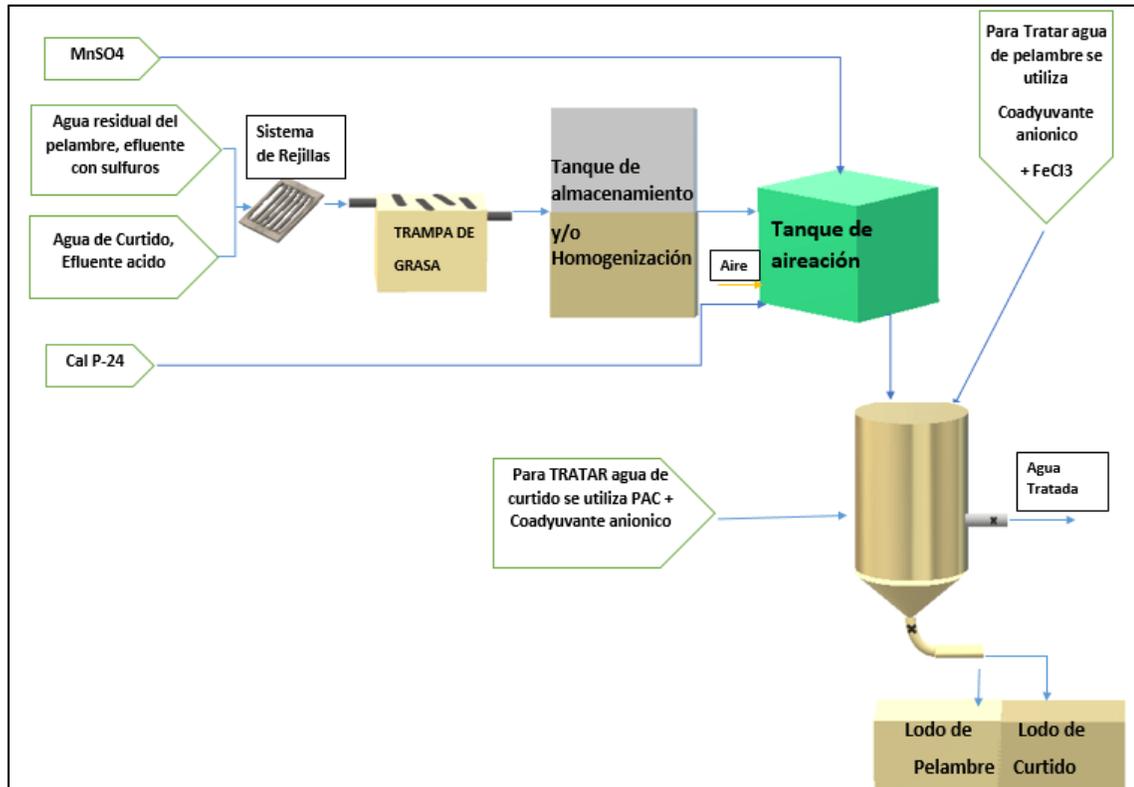


Gráfico 1-4. Diagrama del STAR

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

4.8. Análisis de costo y beneficio del Proyecto Presente

Tabla 14-4: Costos del Proyecto

PREPARACIÓN DEL TERRENO					
Descripción		Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce		<i>m</i> ²	100	1,00	100
Nivelación del suelo y recolección de material		<i>m</i> ²	100	5,10	510
Subtotal					610
DESCARGA EN LA SALIDA DE LOS BOMBOS					
Picado de piso de concreto		<i>m</i> ³	0,40	1,10	0,44
Hormigón simple <i>f</i> ' <i>c</i> =210 kg/cm ²		<i>m</i> ³	0,40	131,30	52,52
Subtotal					52,96
CANAL DE CAPTACION					
Para agua de pelambre y curtido vegetal	Limpieza y desbroce	<i>m</i> ²	2	1,00	2,0
	Excavación manual del suelo	<i>m</i> ³	0,50	5,62	2,81
	Replanteo H.S. 140 kg/cm ²	<i>m</i> ³	0,50	95,34	47,67
	Hormigón simple <i>f</i> ' <i>c</i> =210 kg/cm ²	<i>m</i> ³	1	131,30	131,30
Subtotal					173,69
REJILLAS					
Para agua de pelambre	Barras de hierro liso. Pintura antic.-esmalte	<i>u</i>	19	2,50	47,50
	Marco de acero	<i>m</i> ²	1,8	2,80	5,04
Subtotal					52,64
TANQUE DE ALMACENAMIENTO					

Excavación manual en suelo	m^3	2,0	5,62	11,24
Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm ²	m^3	3,0	131,30	393,9
Replanteo H.S. 140 kg/cm ²	m^3	1,5	95,34	143,01
Malla metálica electrosoldada 6 mm 15x15 cm	m^2	8,226	5,60	46,07
Subtotal				594,22
TANQUE DE AIREACIÓN				
Excavación manual	m^3	1,5	5,62	8,43
Malla metálica electrosoldada 6 mm 15x15 cm	m^2	4,67	5,60	26,15
Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm ²	m^3	2,0	131,30	262,60
Compresor	u	1	485,40	485,40
Subtotal				782,58
LECHO DE SECADO				
Excavación manual en suelo	m^3	0,60	5,62	3,37
Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm ²	m^3	1,0	131,30	131,30
Malla electrosoldada 6 mm 15x15 cm	m^2	2,0	5,60	11,20
Suministro y colocación de ladrillo	m^2	1,0	4,60	4,60
Suministro y colocación de grava	m^2	0,50	10,25	5,13
Suministro y colocación de arena	m^2	0,50	11,50	5,75
Subtotal				161,35
ACCESORIOS Y TUBERÍAS				
Tubería PVC d=3"	m	24	6,50 /3 m	52
Tubería PVC d=3,22"	m	5	5,86	29,30
Codo PVC d=3"	u	6	1,95	11,70
Válvula de compuerta d=3"	u	3	70,85	212,55
Válvula de compuerta d=3,22"	u	3	80,69	242,07
Subtotal				547,62
TOTAL				2 985,32

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

Tabla 15-4: Presupuestos de Productos químicos para el diseño del S.T.A.R

Descripción	Dosis por carga	Dosis al mes	Dosis al año	Costo unitario por kg (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Sulfato de Manganeso	10 kg	10 kg	120 kg	43,00	430	5 160
Policloruro de Aluminio	0,48 kg	0,48 Kg	5,76 kg	2,50	1,2	14,4
Coluro Férrico	0,5 kg	0,5 kg	6 kg	25,00	12,5	150,0
Cal P-24	24,1 kg	24,1 kg	289,2 kg	1,00	24,1	289,2
Floculante aniónico Polielectrolito.	0,14 kg	0,14 Kg	1,68 kg	6,50	10,92	131,04
Subtotal					478,72	5744,64
IVA (12%)					57,44	689,35
TOTAL					536,16	6433,9

Fuente: Casa del Químico (La Casa Del Químico en Ambato).

Realizado por: Moposita, Luis, 2021.

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización físico-química de las muestras de agua de la Tenería Nuñez en las etapas de pelambre y de curtido vegetal, obteniendo como resultado: pH 13, Conductividad 59,02 *mS*, Turbiedad 9 170 NTU, Grasas 85 mg/L, Sulfuros 3 072 mg/L, *DBO*₅ 8 800 mg/L, DQO 15 600 mg/L, para el agua de pelambre y para el agua de curtido vegetal: pH 5,08, Conductividad 19,37 *mS*, Turbiedad 1 500 NTU, Grasas 25 mg/L, sólidos suspendidos totales 1 100 mg/L, *DBO*₅ 3 500 mg/L, DQO 9 905 mg/L, que son los parámetros que se encuentran fuera del límite establecido por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Libro VI, Tabla 8.

Se determinó el índice de biodegradabilidad obteniendo como resultado el valor de 0,35-0,60 estableciendo que el sistema es biodegradable por lo tanto se aplica el tratamiento biológico y físico químico (coagulación, floculación y sedimentación), de las etapas de curtido vegetal y pelambre.

Se determinó las principales variables y flujos que pueden influir en el sistema de tratamiento del agua residual tanto para la etapa de pelambre y de curtido vegetal, los cuales fueron: el caudal de diseño 5 *m*³/día, dosificación de coagulante Policloruro de Aluminio 0,48 kg, Coadyuvante, Floculante Aniónico, Polielectrolito 0,14 kg: caudal de diseño 4,82 *m*³/día, dosificación de coagulante Cloruro Férrico 0,5 kg, Coadyuvante, Floculante, Aniónico Polielectrolito 0,14 kg.

Con base a los resultados de tratabilidad realizados en el laboratorio y la aplicación de cálculos de ingeniería se dimensiono la planta de tratamiento de aguas residuales, se da a conocer sobre el diseño de un canal con una área de 0,09 *m*², trampa de grasas de 5,25 *m*², tanque de almacenamiento y/o homogenización de 5 *m*², volumen del tanque de aireación de 7,5 *m*³, volumen del lecho de secado es de 3,63 *m*³.

Se realizó la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización físico química del agua tratada y el análisis del costo del mismo obteniendo los siguientes resultados de remoción de contaminantes: color 92,5%, Conductividad: 93,4%, Turbiedad 99,96%, Grasas 88,23%, Sulfuros 94,5%, *DBO*₅ 97,1%, DQO 97,7%: para el agua de curtido vegetal: color 95,6%, Conductividad: 90,06%, Turbiedad 95,9%, *DBO*₅ 93,03%, DQO 96,03%, cumpliendo con los parámetros establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo de Normativa, Libro VI, Tabla 8, económicamente se obtiene un costo de implementación y mantenimiento del sistema de 2 985,32 \$ y 6 433,9 \$ en adquisición de químicos anualmente.

RECOMENDACIONES

Conociendo la carga contaminante que tienen los efluentes de la curtiembre se recomienda implementar el sistema de tratamiento esto con el fin de evitar la contaminación hacia el medio ambiente además de tener problemas con las organizaciones de control como puede ser el Ministerio del Ambiente.

Realizar la caracterización periódica del agua tratada para mantener un control del sistema de tratabilidad al efluente de la Tenería.

Respecto a la dosificación se recomienda manipular adecuadamente los químicos para su dosificación respectiva.

BIBLIOGRAFÍA

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, Colombia. [en línea] 2014. [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300004

BERMEO GARAY, M.M. *Tratamiento de aguas residuales*, 2^a ed. Guayaquil-Ecuador:EMSABA EP, 2016. ISBN 9789942138729, pp.40-42.

BIO ACTIVO. "Estudio De Impacto Ambiental Ex -Post Y Plan De Manejo Ambiental", Consultora Ambiental [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 01, pp12-18. [Consulta: 21 octubre 2021]. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/08/eia-nuc3b1ez.pdf>

CASA QUÍMICA. La Casa Del Químico en Ambato - Teléfonos y Dirección. [en línea], (2021). [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.nexdu.com/ec/ambato-t/empresa/la-casa-del-quimico-13180#telefonos-y-direccion>.

ESPARZA, E. y GAMBOA, N. "Contaminación debida a la industria curtiembre"
"Revista de Química", vol. 15, n° 1(2001), (Peru) pp. 41-63.

FAO. Estructuras de conducción del agua-Fao. [en línea] [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm

HACH COMPANY. *Manual de analisis de agua*. [en línea] 2000. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469>

LOMBEIDA ROJAS, Lenín Vinicio. Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para una Empresa de Curtiembre [en línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2017. pp.22-38. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE. Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador* [en línea], 2016.pp. 97. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE ECUADOR. Registro oficial .Quito: M.d., 2015,pp. 20. [Consulta: 6 abril 2021]. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

SEGOIL. " Estudio de Impacto Ambiental Ex – Post ". *Operación , Mantenimiento, Cierre y Abandono* [en línea] ,2015,(Ecuador), vol. 01,pp.6-8. [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible en: https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/09/esia_curtiduria_artesanal_totoras.pdf

SEVERICHE, Carlos; et al. *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas.* [en línea] 2013. [Consulta: 8 abril 2021] pp. 69-72. DOI Biblioteca Virtual EUMED.NET. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>.

ANEXOS

ANEXO A: ACUERDO MINISTERIAL 097-A, LIBRO VI, TABLA 8

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 14/01/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Pelambre, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	13
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	59.02
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	19
Turbiedad	NTU	2130-B	-	9 170
Grasas	mg/L	-	70,0	85
Sulfuros	mg/L	4500-SO ₄ -E	1,00	3 072
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	7 000
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	150
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	7 040
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	1 5600
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	8 800

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 26/02/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Pelambre, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

Muestra: 2

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	11,74
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	35.10
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	22
Turbiedad	NTU	2130-B	-	9 150
Grasas	mg/L	-	70,0	75
Sulfuros	mg/L	4500-SO ₄ -E	1,00	3 200
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	8 000
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	165
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	7 440
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	14 200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	9 400

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE PELAMBRE



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 02/03/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Pelambre, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

Muestra: 3

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	12,80
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	40.30
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	20,05
Turbiedad	NTU	2130-B	-	9 180
Grasas	mg/L	-	70,0	95
Sulfuros	mg/L	4500-SO ₄ -E	1,00	3 136
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	7 500
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	160
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	7 680
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	16 400
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	9 800

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R TRATADA DE PELAMBRE



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 10/03/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Pelambre Tratada, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	7,88
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	3 875
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	21,05
Turbiedad	NTU	2130-B	-	3,57
Grasas	mg/L	-	70,0	10
Sulfuros	mg/L	4500-SO ₄ -E	1,00	166,2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	11
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	< 0,1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	1 480
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	350
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	254

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE CURTIDO VEGETAL



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 14/01/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Curtido, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	5,08
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	19,37
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	16,7
Turbiedad	NTU	2130-B	-	150
Grasas	mg/L	-	70,0	25
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	1 100
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	225
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	2 960
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	9 905
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	3 500

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.R DE CURTIDO VEGETAL



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 04/02/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Curtido, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

Muestra: 2

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	5,17
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	22,10
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	20
Turbiedad	NTU	2130-B	-	162
Grasas	mg/L	-	70,0	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	1 400
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	275
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	3 000
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	9 980
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	3 560

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO H: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A. R DE CURTIDO VEGETAL



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 19/02/2021

Tipo de muestras: Agua Residual del Proceso de Curtido, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

Muestra: 3

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	5,10
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	20,80
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	21
Turbiedad	NTU	2130-B	-	180
Grasas	mg/L	-	70,0	30
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	1 200
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	20,0	240
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	2 920
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	9 940
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	3 601

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO I: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL A.T DE CURTIDO VEGETAL



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Luis Hernán Moposita Ichina.

Fecha de Análisis: 3/02/2021

Tipo de muestras: Agua Residual de Curtido Tratada, Tenería Nuñez.

Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Determinaciones	Unidades	*Método	Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	7,47
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	1 925
Temperatura	°C	2550-A	< 40,0	20
Turbiedad	NTU	2130-B	-	6,12
Grasas	mg/L	-	70,0	< 0,1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-C	220,0	13
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20,0	< 0,1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600,0	1 520
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500,0	365
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0	243

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

**Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

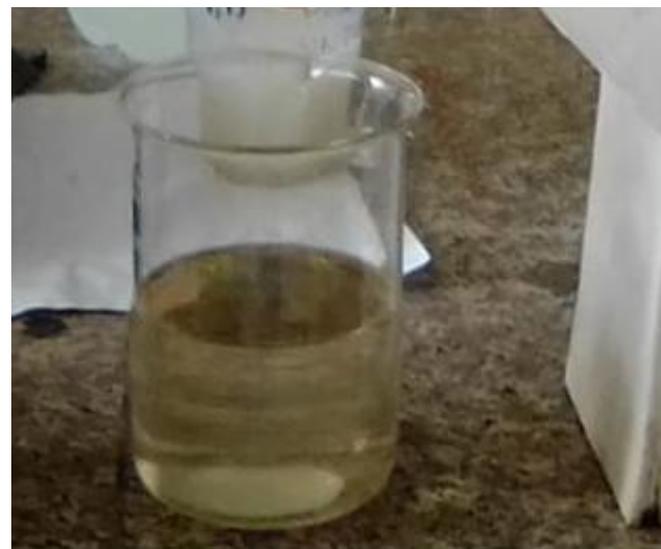
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO J: ENSAYOS DEL AGUA DE LA ETAPA DE PELAMBRE

a.



b.



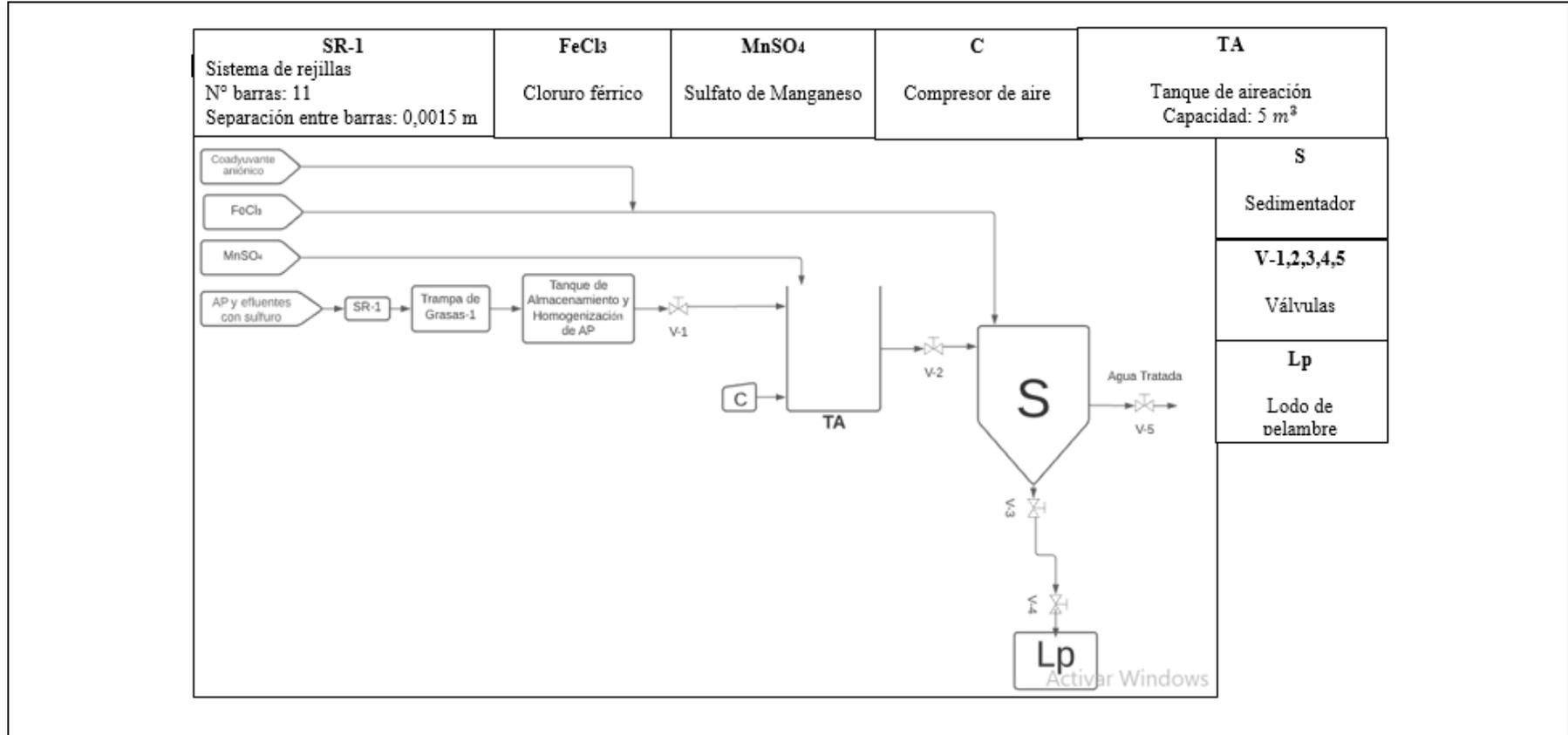
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">Luis Moposita</p>		<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>												
<p>a. Ensayos con coagulantes.</p> <p>b. Agua tratada de pelambre.</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Certificado</td> <td style="width: 50%;">Por eliminar</td> </tr> <tr> <td>Aprobado</td> <td>Por aprobar</td> </tr> <tr> <td>Por aprobar</td> <td>Información</td> </tr> </table>						Certificado	Por eliminar	Aprobado	Por aprobar	Por aprobar	Información	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th data-bbox="1453 1294 1713 1332">ESCALA</th> <th data-bbox="1713 1294 1937 1332">FECHA</th> <th data-bbox="1937 1294 2067 1332">LÁMINA</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1453 1332 1713 1372">1:1</td> <td data-bbox="1713 1332 1937 1372">09-06-2021</td> <td data-bbox="1937 1332 2067 1372">1</td> </tr> </table>			ESCALA
Certificado	Por eliminar															
Aprobado	Por aprobar															
Por aprobar	Información															
ESCALA	FECHA	LÁMINA														
1:1	09-06-2021	1														

ANEXO K: SOLIDOS SEDIMENTALES Y ENSAYOS DEL AGUA DE LA ETAPA DE CURTIDO VEGETAL



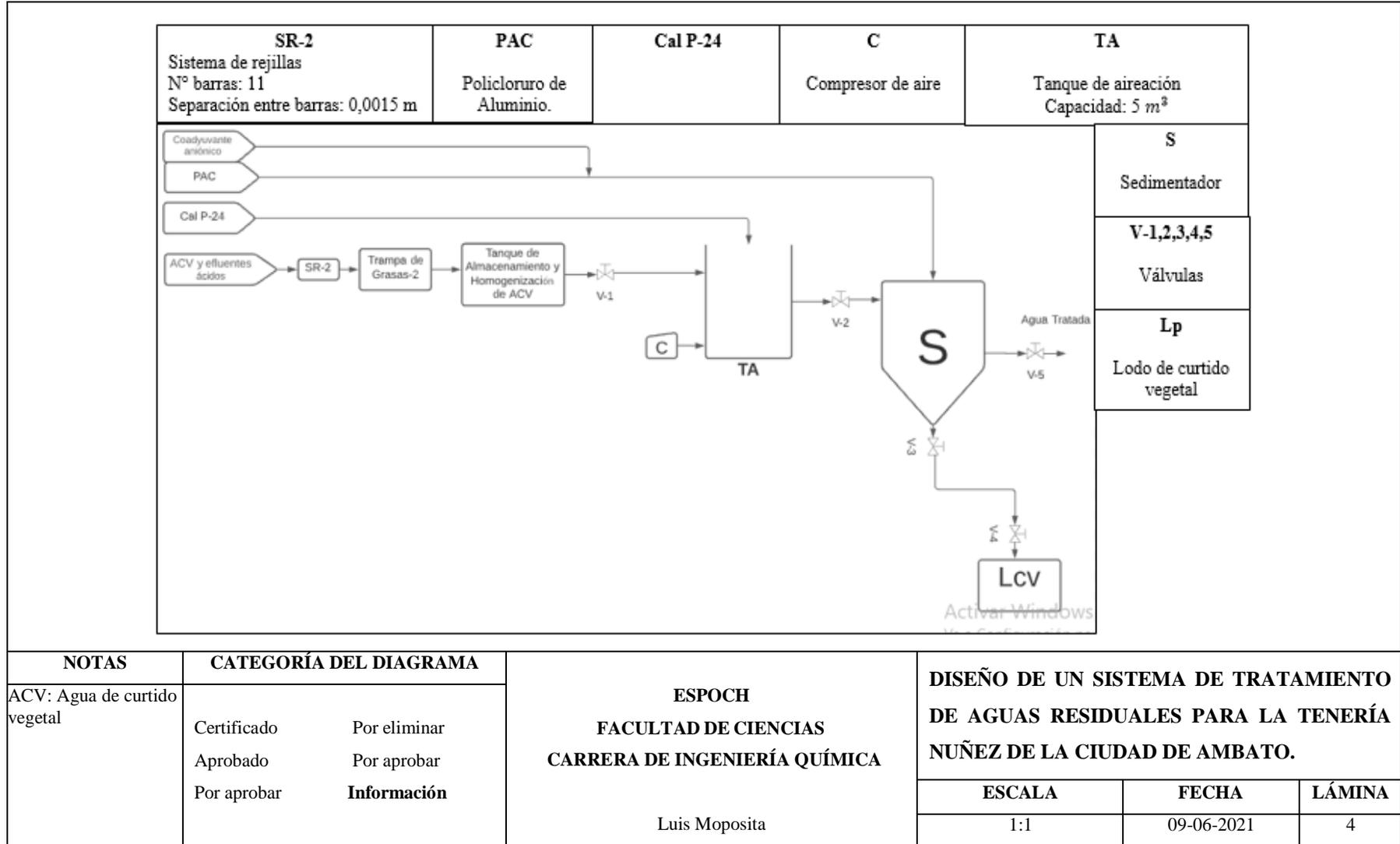
NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		<p align="center">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">Luis Moposita</p>	<p align="center">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>			
c.	Solidos sedimentables.	Certificado	Por eliminar			ESCALA	FECHA	LÁMINA
d.	Ensayos con el agua de curtido vegetal..	Aprobado Por aprobar	Por aprobar Información			1:1	09-06-2021	2

ANEXO L: DIAGRAMA[PI&I] DE LA ETAPA DE PELAMBRE DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ

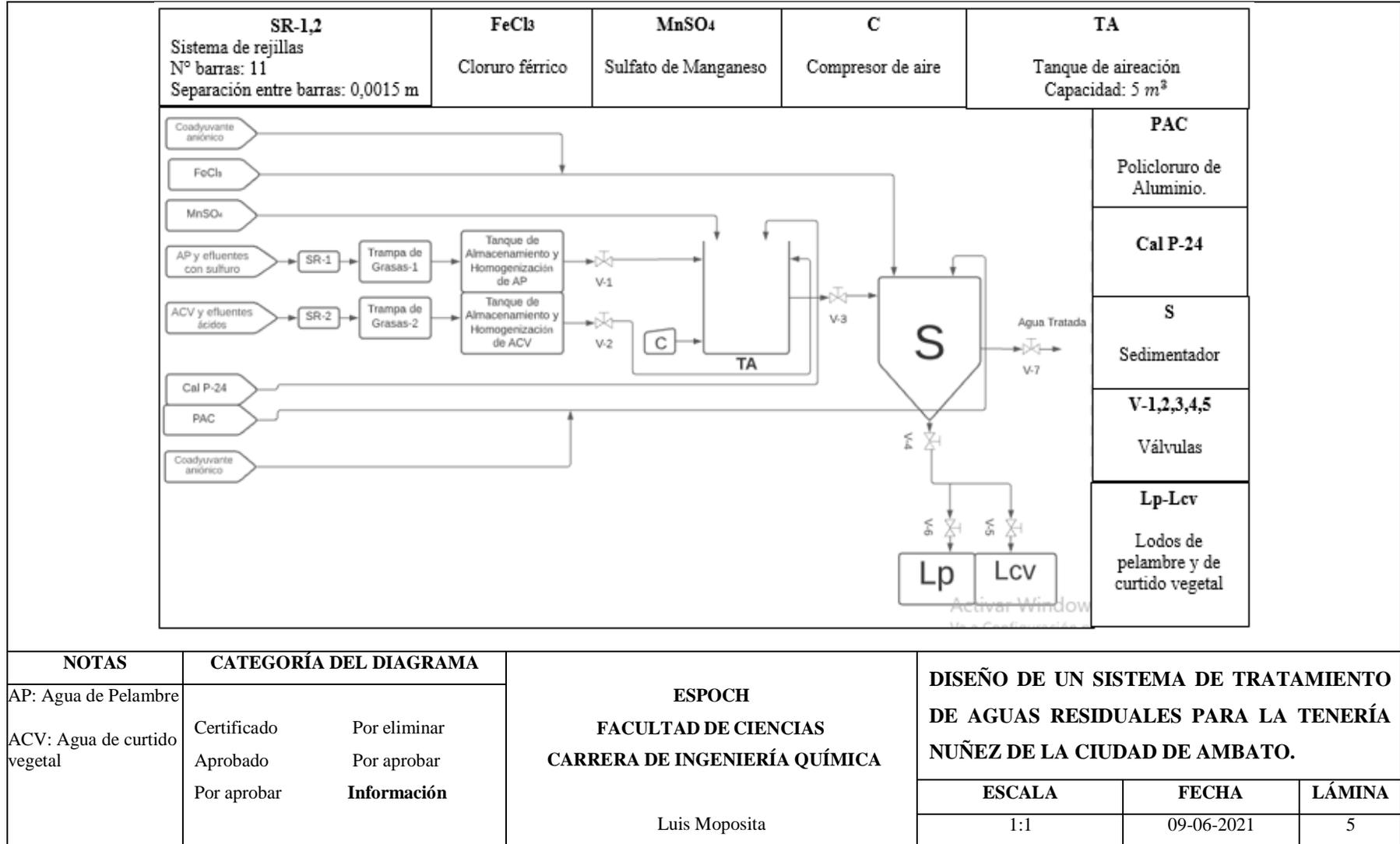


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.		
AP: Agua de Pelambre	Certificado Por eliminar Aprobado Por aprobar Por aprobar Información				
			1:1	09-06-2021	3

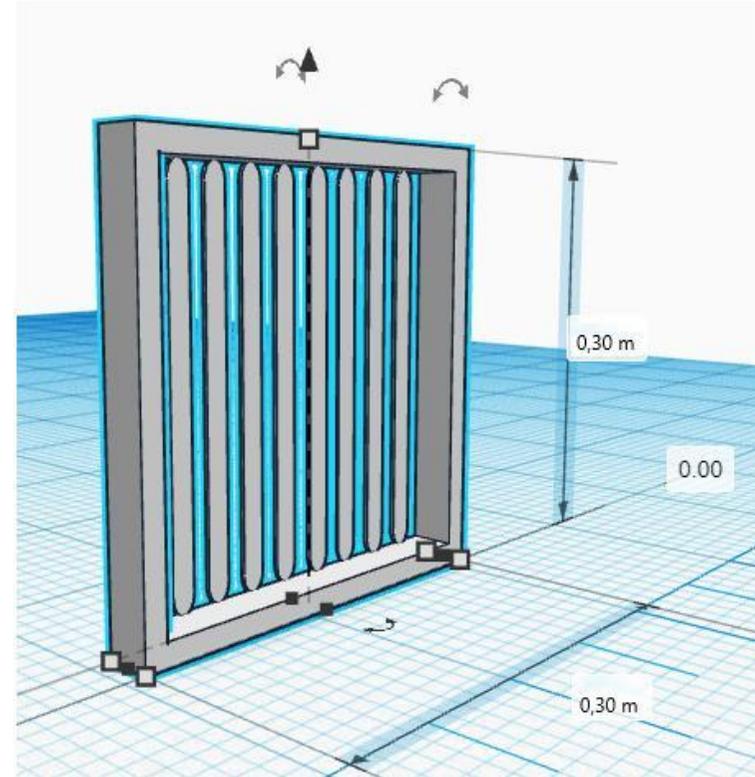
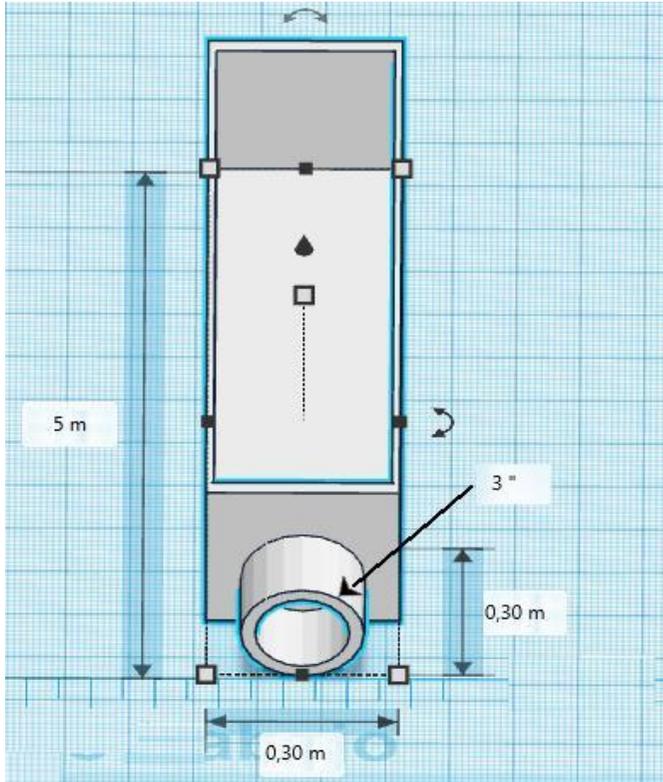
ANEXO M: DIAGRAMA[PI&I] DE LA ETAPA DE CURTIDO VEGETAL DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ



ANEXO N: DIAGRAMA[PI&I] DEL S.T.A.R DE LA TENERÍA NUÑEZ

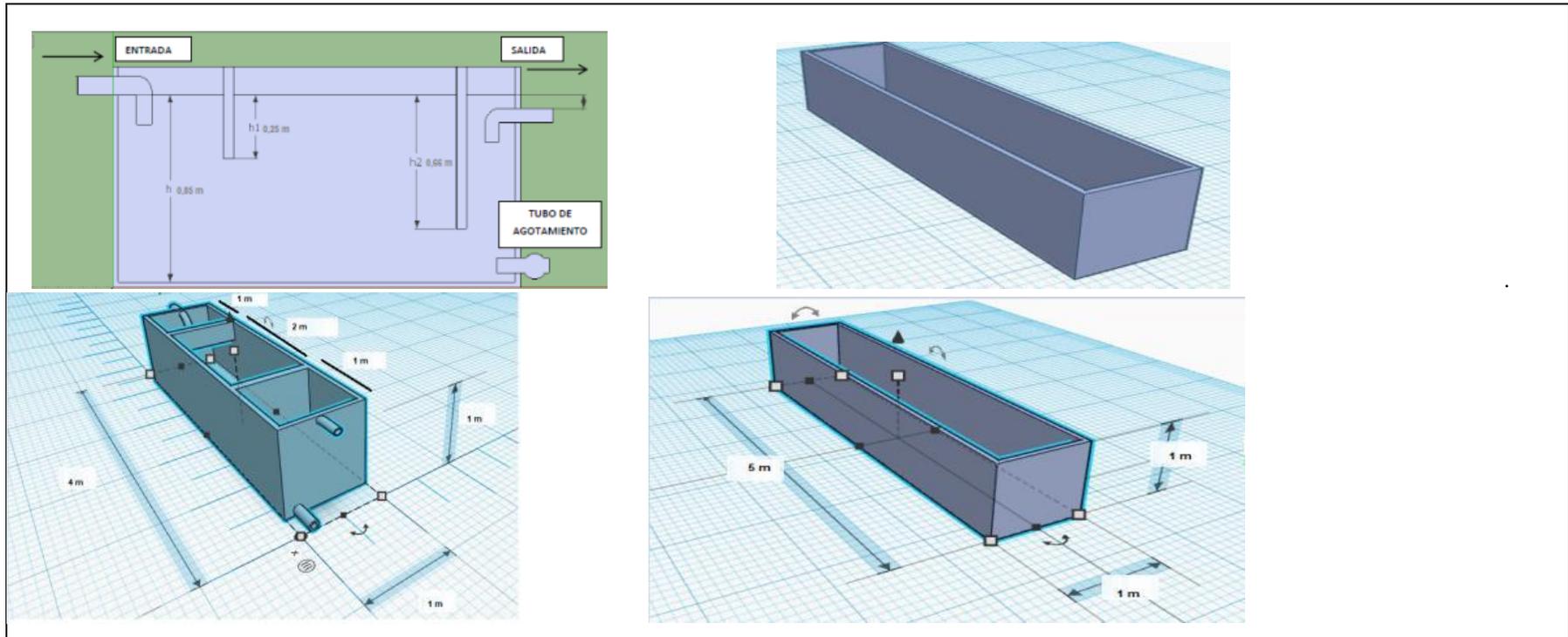


ANEXO O: CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLAS



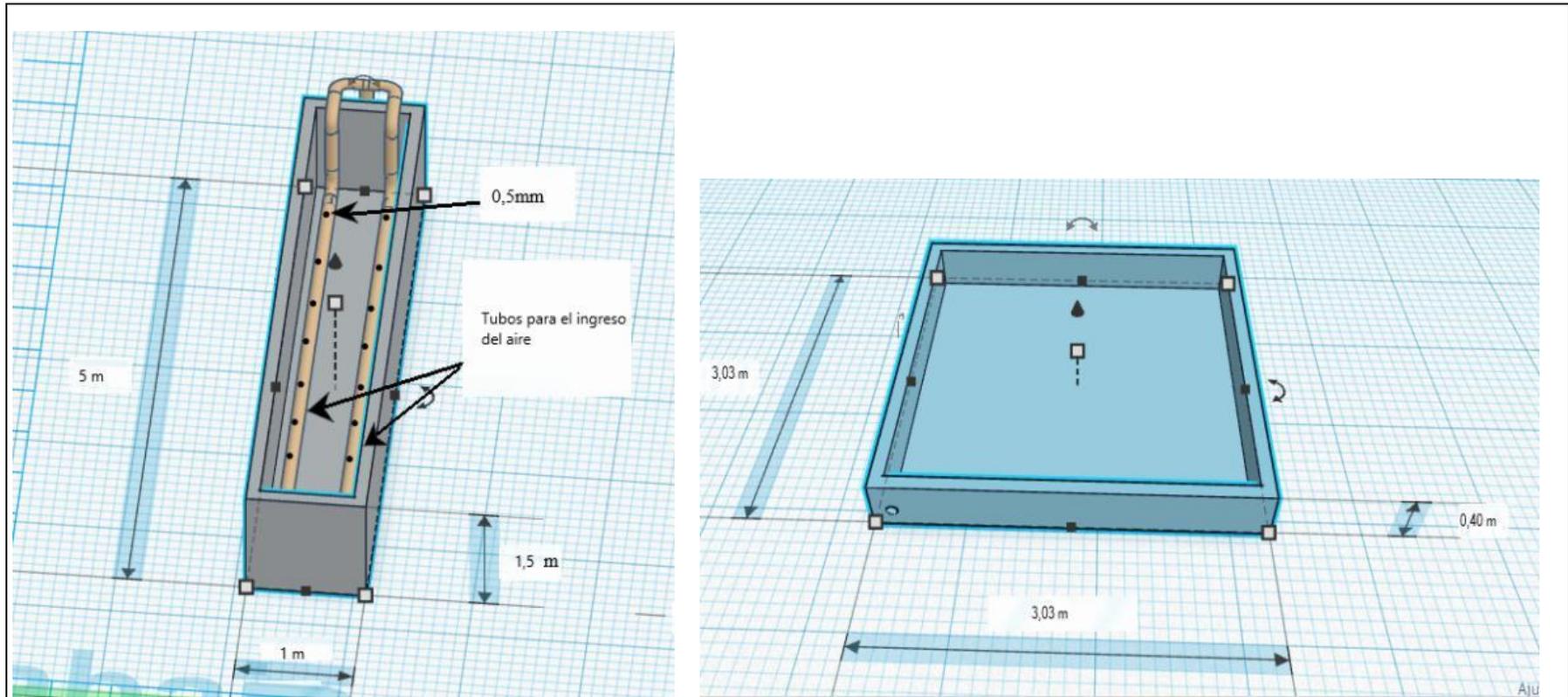
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		<p align="center">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">Luis Moposita</p>	<p align="center">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>		
AP: Agua de Pelambre ACV: Agua de curtido vegetal	Certificado Aprobado Por aprobar	Por eliminar Por aprobar Información			<p align="center">ESCALA</p> <p align="center">1:1</p>	<p align="center">FECHA</p> <p align="center">09-06-2021</p>

ANEXO P: TRAMPA DE GRASAS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO/HOMOGENIZACIÓN



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>		
	<p>Certificado Por eliminar Aprobado Por aprobar Por aprobar Información</p>		<p>Luis Moposita</p>	ESCALA	FECHA
			1:1	09-06-2021	7

ANEXO Q: TANQUE DE AIREACIÓN Y LECHO DE SECADO



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>		<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA TENERÍA NUÑEZ DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>		
	<p>Certificado Por eliminar Aprobado Por aprobar Por aprobar Información</p>					
				1:1	09-06-2021	8

ANEXO R: AUTORIZACIÓN PARA EL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TENERÍA NUÑEZ

Ambato, 14 de diciembre del 2020

Doctor

Bolívar Flores Mg

**PRESIDENTE DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**
Presente. -

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, me remito a usted para poner en conocimiento que, "Tenería Nuñez" apoya a la ejecución del Trabajo de Integración Curricular denominado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIEMBRE TENERÍA NUÑEZ DE LA PARROQUIA TOTORAS-TUNGURAHUA" que realizará el Sr. LUIS HERNAN MOPOSITA ICHINA con C.I. 180533181-4 y Código estudiantil 984584 , estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química.

Declaro conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del Trabajo de Titulación, estando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo, otorgo de esta manera el aval para la realización del mismo.

Por la favorable atención, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,



Sr. Carlos Bolívar Nuñez
No. 180218352-3

Gerente Propietario de Tenería Nuñez





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**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: 15 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Luis Hernán Moposita Ichina</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniero Químico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.15
08:35:20 -05'00'



1782-DBRA-UTP-2021