



# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA INGENIERIA QUIMICA**

#### **“REDISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA PICO DE LA PARROQUIA LA PENÍNSULA DEL CANTON AMBATO”**

##### **Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

##### **INGENIERO QUIMICO**

**AUTOR: MARTÍNEZ BAYAS ANDRÉS ALEJANDRO**

**DIRECTORA: Ing. Mayra Zambrano**

Riobamba - Ecuador

2021

© 2021, **Andrés Alejandro Martínez Bayas**

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

Yo, Andrés Alejandro Martínez Bayas manifiesto que los resultados obtenidos en el presente proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Químico son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 24 de mayo de 2021

**Alejandro Martínez B.**

**0605194281**

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

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El presente trabajo de titulación: Tipo proyecto técnico: **REDISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA PICO DE LA PARROQUIA LA PENÍNSULA DEL CANTON AMBATO**, realizado por el Sr. **ANDRÉS ALEJANDRO MARTÍNEZ BAYAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del tribunal de Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Ramiro Cepeda <b>PRESIDENTE DELEGADO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>CARLOS RAMIRO CEPEDA GODOY</b>	2021-09-07
Ing. Mayra Zambrano <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA</b>	2021-09-07
Ing. Mabel Parada <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MABEL MARIELA PARADA RIVERA</b>	2021-09-07

## **DEDICATORIA**

A mis padres Leonardo Martínez y Norma Bayas les dedico este primer logro ya que, gracias a su amor y esfuerzo diario en el trabajo, pero sobre todo su comprensión me ayudo durante toda mi carrera universitaria a no decaer jamás.

A mis hermanos Javier, Darío, Lenin, Gaby y Mayra demostrándoles que gracias a su ejemplo y sus consejos cumpla uno de mis tantos anhelos.

A mis sobrinos que sea de ejemplo para que luchen a diario por sus sueños no desmayen frente a los obstáculos ya que con perseverancia y dedicación se cumple todos los sueños por más difíciles que parezcan.

Alejandro

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a mi Dios quien hasta el momento me ha brindado salud y vida. A mi virgen María quien con su manto me ha protegido de todo mal y me ha guiado por el camino correcto.

Un Dios les pague a mis padres quienes por medio de su arduo trabajo me dieron lo necesario durante toda mi vida universitaria.

Gracias a mis hermanos que estuvieron alentándome para culminar mis estudios y depositaron su confianza y amor en mí.

Gracias a todos mis docentes quien me supieron corregir y brindar una mano amiga, pero sobre todo gracias a mi tutora Mayra Zambrano quien me permitió exponer este proyecto con paciencia infinitamente gracias.

Alejandro Martínez B.

## TABLA DE CONTENIDO

### CAPITULO I

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi

### CAPITULO I

1.1	Identificación del problema .....	1
1.2	Justificación del proyecto.....	2
1.3	Línea base del proyecto.....	3
1.3.1	<i>Reconocimiento del lugar de investigación</i> .....	3
1.3.2	<i>Situación actual de la curtiembre</i> .....	3
1.4	Marco conceptual .....	4
1.4.1	<i>Industria de la curtiembre</i> .....	4
1.4.2	<i>Etapas generales del curtido de pieles</i> .....	4
1.4.3	<i>Procesos habituales para el curtido de pieles</i> .....	5
1.4.4	<i>Proceso de producción en la curtiembre “Pico”</i> .....	6
1.4.5	<i>Instrumentaría implementada en el tratamiento de aguas residuales</i> .....	8
1.4.6	<i>Parámetros principales para la caracterización de Aguas Residuales</i> .....	10
1.4.7	<i>Sistema de descarga de aguas residuales de curtiembre</i> .....	12
1.4.8	<i>Impacto Ambiental provocado por los contaminantes de la curtiembre</i> .....	13
1.4.9	<i>Tipos de tratamientos para aguas residuales de curtiembre</i> .....	14
1.4.9.1	<i>Tratamiento anaeróbico de aguas residuales de curtiembre</i> .....	15
1.5.1	<i>Coagulantes Naturales para la descontaminación de aguas residuales de curtiembre</i> .....	15
1.5.2	<i>Mecanismos físico-químico de coagulantes</i> .....	15
1.5.3	<i>Marco Legal</i> .....	16

1.5.4	Beneficiarios directos e indirectos .....	18
1.5.4.1	<i>Beneficiarios directos</i> .....	18
1.5.4.2	<i>Beneficiarios indirectos</i> .....	18
<b>CAPITULO II</b>		
<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>		<b>19</b>
2.1	Objetivo General .....	19
2.2	Objetivos Específicos .....	19
<b>CAPITULO III</b>		
<b>ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR .....</b>		<b>20</b>
3.1	Localización del proyecto.....	20
3.2	Ingeniería del Proyecto .....	21
3.2.1	<i>Tipo de Estudio</i> .....	21
<b>MÉTODOS Y TÉCNICAS .....</b>		<b>21</b>
3.2.2	<i>Métodos</i> .....	21
3.2.2.1	<i>Deductivo</i> .....	21
3.2.2.2	<i>Inductivo</i> .....	22
3.2.2.3	<i>Experimental</i> .....	22
3.2.4	<i>Técnicas</i> .....	22
3.2.4.1	<i>Muestreo</i> .....	23
3.2.4.2	<i>Tratamiento de muestras</i> .....	23
3.2.4.4	<i>Caracterización físico química del agua residual</i> .....	24
3.2.5	<i>Resultados de la caracterización de las aguas residuales</i> .....	24
3.2.5.1	<i>Análisis de Laboratorio</i> .....	24
3.2.5.2	<i>Caracterización del agua residual procedente de la etapa de pelambre</i> .....	25
3.2.6.	<i>Pruebas de Tratabilidad</i> .....	27
3.2.6.1	<i>Pruebas de Jarras</i> .....	27
3.2.6.2	<i>Elección del floculante óptimo para la etapa de pelambre</i> .....	29
3.2.6.3	<i>Determinación del coagulante óptimo.</i> .....	30
3.2.6.4	<i>Determinación de la dosis optima del floculante aniónico</i> .....	31

3.2.6.5	<i>Determinación de la dosis optima del coagulante PAC</i>	32
3.2.6.6	<i>Determinación optima del catalizados Sulfato de manganeso (Mn SO<sub>4</sub>)</i>	33
3.2.7	<i>Técnica In situ</i>	41
3.2.7.4	<i>Medición del caudal</i>	41
3.2.7.5	<i>Propuesta de Rediseño del sistema actual de tratamientos del agua residual generada en la curtiduría Pico</i>	42
3.2.8.1	<i>Caudal Experimental de la etapa de pelambre</i>	44
3.2.8.2	<i>Caudal de corrección</i>	44
3.2.8.3	<i>Caudal de diseño</i>	44
3.2.8.4	<i>Caudal Experimental de la etapa de curtido</i>	44
3.2.8.5	<i>Caudal de corrección</i>	45
3.2.8.6	<i>Caudal de diseño</i>	45
3.2.8.7	<i>Canal de Entrada</i>	45
3.2.8.8	<i>Radio Hidráulico</i>	45
3.2.8.9	<i>Velocidad de flujo en el canal</i>	46
3.2.9.0	<i>Tanque de aireación para el agua de pelambre</i>	46
3.2.9.1	<i>Volumen del tanque</i>	47
3.2.9.2	<i>Caudal del aire en función de DBO<sub>5</sub></i>	47
3.2.9.3	<i>Presión Hidrostática</i>	48
3.2.9.4	<i>Presión Absoluta</i>	48
3.2.9.5	<i>Variación térmica en el aire de compresión</i>	48
3.2.9.6	<i>Temperatura de salida del aire</i>	48
3.2.9.7	<i>Potencia del compresor</i>	49
3.2.9.8	<i>Factor de seguridad del compresor</i>	49
3.2.9.9	<i>Diámetro de los orificios del compresor</i>	49
3.3.0.0	<i>Número de orificios del difusor</i>	50
3.3.0.1	<i>Características y cálculo del tanque de homogeneización para el agua residual</i>	50
3.3.0.2	<i>Volumen del tanque</i>	50
3.3.0.3	<i>Tanque de floculación</i>	51

3.3.0.5	<i>Volumen de floculador</i>	51
3.3.0.6	<i>Gradiente de velocidad</i>	53
3.3.0.7	<i>Tiempo de retención</i>	53
3.3.0.8	<i>Potencia del mezclador</i>	53
3.3.0.9	<i>Área transversal de paletas</i>	54
3.3.1.0	<i>Diámetro de la tubería</i>	54
3.3.1.1	<i>Numero de Reynolds</i>	55
3.3.1.2	<i>Factor de fricción</i>	55
3.3.1	<b>Dosificación del coagulante y floculante</b>	56
3.3.1.3	<i>Calculo de dosis de coagulante policloruro de aluminio PAC</i>	56
3.3.1.4	<i>Dosis del polímero aniónico</i>	56
3.3.1.5	<i>Constante de accesorios</i>	57
3.3.1.6	<i>Perdidas de fricción</i>	57
3.3.1.7	<i>Altura de carga</i>	58
3.3.1.8	<i>Factor de seguridad de la bomba</i>	58
3.4	<b>Resultados de los cálculos de Equipos</b>	59
3.4.1	<i>Reactivos necesarios para el sistema de la planta de tratamientos de la curtiduría</i>	61
3.4.2	<i>Descripción del Sistema de Operación de la planta de tratamientos de la curtiduría</i>	62
3.4.3	<i>Distribución de la Planta de tratamientos de Aguas Residuales</i>	64
3.4.4	<i>Tecnología empleada</i>	65
3.4.5	<i>Relación Costo/ Beneficio</i>	65
4.1	<b>Presupuesto y cronograma del proyecto</b>	67
4.1.1	<i>Presupuesto</i>	67
4.1.2	<i>Cronograma</i>	67
	<b>CONCLUSIONES</b>	68
	<b>RECOMENDACIONES</b>	70
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Tipos de residuos generados en industria de curtiembre.....	13
<b>Tabla 2-1</b> Beneficios para los distintos tipos de tratamientos de efluentes .....	14
<b>Tabla 3-1:</b> Coordenadas Planta de Curtiembre LA PENÍNSULA - AMBATO.....	20
<b>Tabla 4-1:</b> Técnicas aplicadas en el proyecto de rediseño de la PTAR Pico.....	22
<b>Tabla 5-2</b> . Plan de toma de muestras .....	23
<b>Tabla 6-3</b> :Técnicas para la determinación de los parámetros de calidad.....	24
<b>Tabla 7-4:</b> Resultados de la caracterización de agua proveniente de la etapa de pelambre .....	25
<b>Tabla 8-5:</b> Clasificación de los sistemas de tratamientos con efluentes .....	26
<b>Tabla 9-1:</b> Tipos de Coagulantes y floculantes aplicados.....	29
<b>Tabla 10-1</b> Resultados del uso de Floculantes.....	29
<b>Tabla 11-1:</b> Resultados del uso de coagulantes en la etapa de pelambre.....	30
<b>Tabla 12-2</b> :Resultados del uso de coagulantes en la etapa de curtido .....	30
<b>Tabla 13-1</b> Evaluación a distintas concentraciones del floculante aniónico para la etapa de pelambre.....	31
<b>Tabla 14-2</b> Evaluación a distintas concentraciones del floculante aniónico para la etapa de curtido .....	31
<b>Tabla 15-2:</b> Evaluación a distintas concentraciones del coagulante PAC en la etapa de pelambre.....	32
<b>Tabla 16-2:</b> Evaluación a distintas concentraciones del coagulante PAC en la etapa de curtido .....	32
<b>Tabla 17- 1:</b> Determinación de la concentración óptima de (Mn SO <sub>4</sub> ) .....	33
<b>Tabla 18-1:</b> Resultados de las pruebas de tratabilidad.....	35
<b>Tabla 19-2</b> : Comparación del agua residual antes y después del tratamiento con su porcentaje de remoción.....	36
<b>Tabla 20-1</b> :Remoción de turbiedad.....	37
<b>Tabla 21-2</b> : Remoción de solidos totales disueltos.....	37
<b>Tabla 22-3</b> : Remoción de solidos sedimentables.....	37
<b>Tabla 23-4</b> : Remoción de sulfuros.....	38
<b>Tabla 24-5:</b> Remoción de sulfatos .....	38

<b>Tabla 25-6:</b> Remoción de DBO <sub>5</sub> .....	38
<b>Tabla 26-7 :</b> Remoción de DQO.....	39
<b>Tabla 27-8 :</b> Remoción de Aceites y Grasas.....	39
<b>Tabla 28-3 :</b> Registro de la medición de caudal.....	42
<b>Tabla 29-1 :</b> Coeficiente de manning para canales .....	46
<b>Tabla 30-1 :</b> Dimensiones del tanque de aireación.....	47
<b>Tabla 31-1:</b> Dimensiones del tanque de homogeneización .....	50
<b>Tabla 32-1:</b> Cálculos correspondientes al caudal de agua de pelambre .....	59
<b>Tabla 33-2 :</b> Cálculos correspondientes al caudal de agua de curtido.....	59
<b>Tabla 34-3</b> Características del canal de entrada.....	59
<b>Tabla 35-2:</b> Rejilla de limpieza manual en la etapa de pelambre .....	59
<b>Tabla 36-3 :</b> Características del sistema de aireación para el agua residual de pelambre .....	60
<b>Tabla 37-4 :</b> Características del sistema de homogeneización para el agua residual de curtido.....	60
<b>Tabla 38-5:</b> Sistema de Bombeo del agua residual.....	60
<b>Tabla 39-6:</b> Características del diseño del floculador.....	61
<b>Tabla 40-1:</b> Equipo y material tecnológico para el diseño de la PTAR.....	65
<b>Tabla 41-2:</b> Costos del rediseño de la PTAR.....	66
<b>Tabla 42-3:</b> Costos mensuales de insumos empleados en el tratamiento de la PTAR ..	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1 : Proceso general de curtido y acabado de cuero .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2-1: Rejas de desbaste.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2-2 : Rejillas.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2-3: Tamiz.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2-4: Desarenador.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2-5: Sistema de Aireación.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2-6: Sistema de Flocculación.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 3-1: Ubicación de la Curtiduría Pico georreferenciada .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4-1: Equipo de Jarras empleado .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5-1: Sistema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Antes y después del rediseño .....</b>	<b>43</b>
<b>.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 7-1: Diagrama de Moody.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1-1 Remoción de turbiedad.....	52
Grafico 3-1 Remoción de solidos sedimentables.....	52
Grafico 4-1 Remoción de sulfuros.....	53
Grafico 5-1 Remoción de sulfatos.....	53
Grafico 6-1 Remoción de DBO <sub>5</sub> .....	53
Grafico 7-1 Remoción de DQO.....	54
Grafico 8-1 Remoción de Aceites y Grasas.....	54

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DIFUSOR EMPLEADO EN LA OXIDACIÓN DE SULFUROS

**ANEXO B:** PALETA DE AGITACIÓN

**ANEXO C:** ANÁLISIS DE LABORATORIO

**ANEXO D:** TULSMA, TABLA 8, LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

**ANEXO E:** DIAGRAMA P & ID REDISEÑO DE LA PTAR

**ANEXO F:** ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA ANTES DEL REDISEÑO

**ANEXO G:** TANQUE FLOCULADOR

**ANEXO H:** CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLA EMPLEADO PARA EL AGUA DE PELAMBRE

**ANEXO I:** TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

**ANEXO J:** AVAL DE LA CURTIDURÍA PICO

**ANEXO K:** TANQUE SEDIMENTADOR CON SU SISTEMA DE AGITACIÓN

**ANEXO F-2:** ANÁLISIS DE AGUA TRATADA DEL PROCESO DE PELAMBRE

## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la curtiduría Pico ubicada en la ciudad de Ambato, se partió de la identificación de los equipos, materiales e insumos químicos necesarios para el curtido de pieles, continuando con una caracterización Físicoquímica de las aguas resultantes de la etapa de pelambre donde identificó que los parámetros de  $DBO_5$ , DQO, Sulfuros, Sulfatos, Sólidos totales y Sedimentables superan los límites máximos establecidos en la tabla 8 del Anexo I del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente y Agua. Se aplicó un tratamiento Físico Químico de coagulación y floculación por medio del test de jarras adicionando Policloruro de aluminio (PAC) y polímero aniónico. Se desarrolló cálculos de ingeniería para el diseño de ciertos equipos y estructuras necesarios para la optimización de la PTAR, finalmente se realizó la caracterización del agua sometida a los ensayos propuestos dando los siguientes resultados Turbidez 127.7 NTU,  $DBO_5$  256.3 mg/l, DQO 251.3 mg/l, Sulfuros 17.7 mg/l Sulfatos 67 mg/l, STD 173.3 mg/l SSD 127.7 mg/l y Aceites y grasas 32.3 mg/l, demostrando que en los principales parámetros se tiene un porcentaje de remoción mayor al 50% lo que permite cumplir con las normativas vigentes estipuladas por el Ministerio de Ambiente y Agua ente que regula en el Ecuador .

**Palabras clave:** <FLOCULACIÓN> , <SEDIMENTACIÓN>, <PLANTA DE TRATAMIENTOS> , <COAGULACIÓN > , <EFLUENTE> ,<TEST DE JARRAS> <CURTIEMBRE >.



01-07-2021

1270-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The objective of this project is the redesign of the wastewater treatment system of the Pico tannery located in the city of Ambato. It started from the identification of the equipment, materials and chemical inputs necessary for the tanning of hides, continuing with a Physicochemical characterization of the waters resulting from the pellet stage where it was identified that the parameters of BOD5, COD, Sulfides, Sulfates, Total Solids and Sedimentables exceed the maximum limits established in Table 8 of Annex I of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment and Water. A Physical treatment was applied Coagulation and flocculation chemical by means of the jug test adding Aluminum polychloride (PAC) and anionic polymer. Engineering calculations were developed for the design of certain equipment and structures necessary for the optimization of the WWTP. Finally the characterization of the water subjected to the proposed tests was carried out giving the following results Turbidity 127.7 NTU, BOD5 256.3 mg / l, COD 251.3 mg / l, Sulfides 17.7 mg / l Sulfates 67 mg / l, STD 173.3 mg / l SSD 127.7 mg / l and Oils and fats 32.3 mg / l, showing that the main parameters have a removal percentage greater than 50% which allows compliance with current regulations stipulated by the Ministry of Environment and Water, the entity that regulates in Ecuador.

**Keywords:** <FLOCCULATION>, <SEDIMENTATION>, <PLANT OF TREATMENTS>, <COAGULATION>, <EFFLUENT>, <JUG TEST> <TANNERY>.

## CAPITULO I

### 1.1 Identificación del problema

En Ecuador el beneficio de la industria curtidora es convertir las pieles de animales en un material denominado cuero que es utilizado principalmente para confecciones de prendas de vestir, sin embargo, el proceso acarrea consecuencias como es la contaminación ambiental ocasionada por las grandes descargas de aguas residuales que contienen materia orgánica con altos niveles de alcalinidad (Molina, 2015).

La industria de la curtiembre tiene un consumo elevado de agua llegando a un gasto de mil litros de agua por diez kilogramos de cuero a tratar debido a que la mayoría de sus etapas se realiza en soluciones acuosas (Alvarez et al., 2004).

El proceso se lleva por tres etapas que son Ribera, Curtido y Acabado en las cuales son indispensables el uso de productos químicos que provocan altas concentraciones de cromo y sulfuro que son denominados efluentes contaminantes de baja biodegradabilidad y elevada toxicidad, que al ser descargadas en el alcantarillado público, quebradas o ríos sin un previo tratamiento afectan directamente a la comunidad por la proliferación de roedores, mosquitos y en particular la producción del mal olor (Arellano, 2014).

Las cantidades aproximadas de químicos utilizados varia de 400 a 500 kilogramos para obtener tan solo 200 kilogramos de cuero procesado, lo que muestra el uso exagerado de reactivos. Según (Sánchez, 2019) esta cantidad de insumos estaría provocando grandes niveles de contaminantes que son emanados directamente a la atmosfera.

En Tungurahua existe el 90 % de empresas que se dedican al sector de la curtiduría a nivel nacional y estas están en la obligación de cumplir con las normativas ambientales persistentes de descarga establecidos en la tabla 8 del Anexo I del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente y Agua. (Harnisth y Lombeida, 2017). Es por ello que un rediseño de la planta de tratamiento fomenta el progreso continuo permitiendo que las aguas residuales descargadas estén por debajo de los límites máximos permisibles de contaminados estipulados por el Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador y el Plan Nacional del Buen Vivir.

## **1.2 Justificación del proyecto**

La curtiduría “Pico” perteneciente a la parroquia la península en Tungurahua se suma a todas aquellas empresas que no cuentan actualmente con un correcto manejo de sus desechos orgánicos como : pelos, grasas y carnes siendo los responsables de las altas cantidades en DBO<sub>5</sub> y DQO lo que dificulta la remoción de contaminantes en los vertidos de aguas residuales contribuyendo al impacto negativo del ambiente.

El Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE) estipula que toda agua usada en un proceso industrial debe ser devuelta o descargada en condiciones similares o iguales cumpliendo ciertos parámetros descritos en el Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente TULSMA .(Galarza, 2016).

Las plantas de tratamientos de aguas residuales PTAR, son implementadas en la industria curtidora de cuero ya que tienen como objetivo descontaminar al máximo el agua proveniente de los procesos de curtiembre evitando la contaminación del medio ambiente por medio de la dosificación de químicos al aplicar coagulantes como policloruro de aluminio PAC y sulfato de aluminio (Yascaribay, 2017).

La aplicación de tratamientos físicos, químicos y biológicos en aguas residuales ayuda a la disminución considerable de DBO<sub>5</sub>, DQO y Cr. La reducción de cromo es de vital importancia ya que es considerado como un componente con alto grado de toxicidad al ser oxidativo carcinogénico (Ballesteros, Patiño y Ramírez Callejas, 2018).

Por medio de este proyecto se busca beneficiar tanto a la industria dedicada a la producción del cuero y a la comunidad Tungurahuense al reducir los niveles de contaminación de las aguas residuales resultantes de los procesos de curtiduría. Este proyecto cuenta con el apoyo de técnicos de la curtiduría, recursos de la empresa y la capacidad del tesista para desarrollar la investigación con el objetivo de entregar resultados satisfactorios aplicando el rediseño de la planta de tratamientos de aguas residuales.

### **1.3 Línea base del proyecto**

#### ***1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación***

La curtiduría “Pico” es una empresa dedicada a la curtiembre de pieles de res, ovejo y cabro en la Ciudad de Ambato desde el año 2008, su propietario es el Sr. Alonso Pico que obtuvo la licencia ambiental para su empresa en el año 2015 por medio de la implementación de un sistema de planta tratamiento de aguas residuales que ayuda actualmente a la reducción de contaminantes de las aguas provenientes del proceso de curtido antes de ser desembocadas al alcantarillado público.

Sin embargo, el 9 de septiembre del 2020 recibió el oficio DGCA-515-20120, en el cual pide la entidad regulatoria de la ciudad un plan de acción que dé cumplimiento a la reducción de contaminantes provenientes de su empresa ya que el límite de descarga de las aguas residuales originarios de esta empresa genera daños ambientales según la normativa vigente. Como respuesta a esta problemática se propone que un rediseño de la planta de tratamientos de aguas residuales bastara para cumplir con la normativa estipulada por la legislación ambiental del país.

#### ***1.3.2 Situación actual de la curtiembre***

Frente a la problemática social, política y económica en la que se encuentra el país es necesario dar a conocer que la empresa se encuentra produciendo aproximadamente la cuarta parte de cueros que hace un año atrás por motivos de la pandemia, siendo esta la cantidad de 100 pieles de res por cada mes, lo que reduce considerablemente el consumo de agua de 25 metros cúbicos por tonelada de piel a 10 metros cúbicos mensualmente. De igual manera el consumo de energía eléctrica a 300KW/h/mes necesario para la operatividad de maquinaria y equipos.

A inicios del año 2019 está curtiduría comenzó con la exportación de cueros a Europa con una cantidad de 4,800 cueros aproximadamente por año, para lo cual era indispensable el uso de ciertos químicos como sulfato de amonio, sulfuro de sodio, sulfuro ácido de sodio, bases de cal, hidróxido de sodio, ácido fórmico, sulfato de cromo para los distintos procesos de ribera, curtido y acabado sin embargo la mayoría de estos se centran en el proceso de curtido lo cual actualmente ya no se lo realiza debido a la baja de pedidos a nivel nacional y a la ausencia de exportación del cuero.

La venta que hoy se realiza solo es del producto obtenido de la primera etapa, en la cual solo se usa reactivos químicos como Sulfato de amonio y Bisulfito de sodio que son sales derivados de ácidos orgánicos.

Los tratamientos de las aguas residuales de este proceso pasan por una pre desinfección y sedimentación primaria con hipoclorito sódico además del uso de rejillas y tamices para capturar desechos sólidos de gran tamaño como pieles y pelos.

Finalmente se verifica el cumplimiento de parámetros como DBO<sub>5</sub>, DQO, Sulfatos, Sulfuros, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y grasas entre otros que por medio de sus límites verifican la tratabilidad del agua previo a la descarga. Después de pasar por este proceso las aguas residuales son descargadas al sistema de alcantarillado público de Ambato.

## **1.4 Marco conceptual**

### ***1.4.1 Industria de la curtiembre***

La industria de la curtiembre se dedica al curtido de pieles de animales resultantes de la industria cárnica generalmente de bovino y ovino conservados generalmente con sales de cromo que mantienen características de flexibilidad, resistencia y belleza.

Según (Elvira y Parra, 2018) La curtición de pieles pertenece a la categoría C-1511.01 denominado por la Industria Internacional Uniforme como: “Descarnado, tundido, depilado y adobo de pieles finas y cuero con pelos ”

### ***1.4.2 Etapas generales del curtido de pieles***

A continuación, se describen las tres fases de producción aplicado por las curtiembres a nivel nacional para el curtido con sales de cromo.

#### **1. RIBERA**

Etapa considerada como la limpieza de piel ya que engloba a los tratamientos sometidos antes de la curtición, aquí se da el proceso de pelambre que consiste en someter las pieles en una solución con sulfuros de medio alcalino ya que permite la separación del pelo y la epidermis (Tellez. et al., 2004). Los químicos generalmente usados son sulfuro de sodio, sulfuro ácido de sodio, bases de cal o hidróxido de sodio que ayudan a mantener un pH mayor a diez y finalmente la adición de enzimas (Guzmán, 2010).

#### **2. CURTIDO**

Es la etapa que provee estabilidad física y química de la piel previniendo la putrefacción, seguido del proceso en la que el cromo se fija a la proteína de la piel que permitiendo convertirse a cuero (Vargas, 2017).

### 3. SECADO Y ACABADO

El cuero es secado al escurrir toda el agua de los anteriores procesos para pasar al acabado del cuero se da por dos tipos que son el húmedo y seco, en el primero otorga al cuero suavidad y color mientras el segundo obtiene características específicas que el comprador requiere como es el grabado y laqueado (Córdova, 2014).

#### *1.4.3 Procesos habituales para el curtido de pieles*

1. **Recepción de pieles:** Etapa en la que se verifica que las pieles de bovino u ovino que se reciben se encuentren en buen estado sin cortes o golpes y se realiza el pesado de cada piel a ingresar.
2. **Lavado y Remojo:** Las pieles son depositadas en un tanque con agua para ser hidratadas y se añaden humectantes bactericidas durante 24 horas de esta operación se obtienen residuos de sangre y grasas.
3. **Pelambre y Encalado:** Este proceso se desarrolla en un equipo denominado Bombo que consiste en ingresar la piel remojada junto a la adición de químicos como el sulfuro de sodio el más usado.

El bombo gira durante cuatro a seis horas y reposa de ocho doce horas dependiendo de la cantidad de pieles que se ingrese. A continuación, se realiza un lavado para lo cual se desecha el agua de remojo e ingresa agua con cal por un periodo de treinta minutos para eliminar las impurezas restantes de la piel.

4. **Descarnado y Recorte:** Por medio de una maquina se elimina el tejido subcutáneo y adiposo de las pieles más conocidos como las carnes y cebos. Seguido del recorte aplicando una maquina divididera que fragmenta la parte externa e interna de la piel.
5. **Desencalado y purga :** Con la finalidad de eliminar el hinchamiento de la piel se realiza una purga con sulfato de amonio al 1% y bisulfito de sodio al 1%. Este lavado remueve la cal y sulfuros adheridos a la piel en la etapa de pelambre.
6. **Piquelado :** se adiciona una mínima cantidad de agua con sal, ácido fórmico y bisulfato de cromo durante ocho horas, este proceso interrumpe el efecto enzimático propio de las pieles.
7. **Curtido :** Las pieles ingresan a un nuevo bombo y se les añade bisulfato de cromo junto a sulfato de amonio y agua. Se estabiliza la fibra de colágeno eliminando la putrefacción.
8. **Ecurrido:** Proceso de eliminación del agua adherida al cuero y aumento de la superficie de la piel.

9. **Rebajado:** Se ajusta el espesor deseado del cuero

10. **Acabado:** Este proceso se realiza de acuerdo a las necesidades del cliente como son el color y lubricación del cuero, las dimensiones y aspectos de las superficies externas.

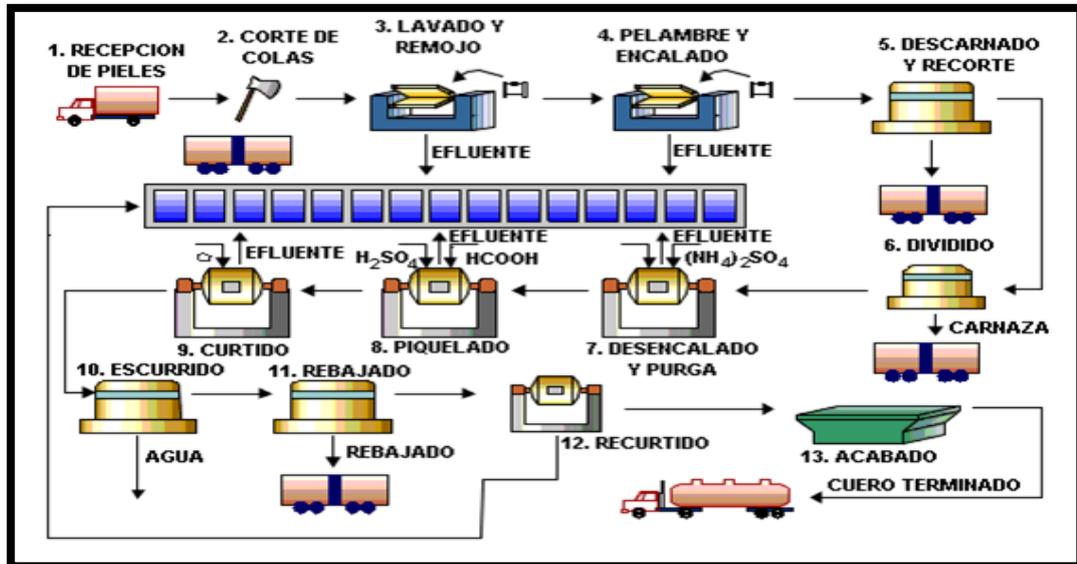


Figura 1-1 : Proceso general de curtido y acabado de cuero

Fuente: (MAAE, 2015)

#### 1.4.4 Proceso de producción en la curtiembre “Pico”

Las pieles son receptadas e inmediatamente para evitar la putrefacción se somete a un estado de conservación por medio de la aplicación de sal de agua marina, este compuesto elimina el agua gracias a la adherencia en las fibras de la piel evitando la contaminación de hongos, bacterias o cualquier otro tipo de microorganismo.

#### ❖ PREPARACIÓN DE PIELS

Se inicia con un remojo en un recipiente denominado “BOMBO 1” que por medio de la adición de agua ayuda a eliminar la sal por un proceso giratorio del contenedor con una capacidad de hasta 100 pieles.

A continuación, se da el proceso de encalado el cual permite la eliminación del vello y epidermis por la aplicación de sulfuro sódico que otorga suavidad y flexibilidad durante un tiempo de cuatro horas, además a mitad del proceso el valor de pH es medido para verificar que se encuentre en estado básico de no ser el caso se adiciona una cantidad más de químicos.

Seguidamente se elimina la grasa natural del tejido en una maquina llamada descarnado, finalmente pasan al deshilachado donde se divide en dos capas la piel, una superior que es el cuero fino o liso y la inferior áspera usada generalmente como gamuza.

#### ❖ **CURTIDO DE PIELES**

Es considerada como la etapa más importante ya que esta logra convertir la piel a cuero. El curtido permite fijar la estructura del colágeno por la aplicación de cromo terciario cambiando su estructura a dura y con acción resistente

Parte del desencalado que significa colocar las pieles en el “ Bombo 2 ” con pequeñas cantidades de sulfato de amonio durante veinte minutos. Al pasar este tiempo se agrega agua caliente acompañado de bisulfito de sodio para la creación de un medio ácido, que estará en constante movimiento por dos horas, seguidamente se purga y se deja girar por cuatro horas.

Se continua con el piquelado o pre-curtido al lavar las pieles con ácido fórmico y sulfúrico por tres horas.

Se da lugar al cromado al colocar las sales de cromo que ayudaran aumentar la durabilidad y resistencia del material obtenido.

#### ❖ **TRATAMIENTOS FINALES**

Las adiciones o características que se dan al cuero obtenido son de acuerdo a las especificaciones del cliente, entre las que podemos encontrar está el teñido donde se imparte el color al cuero, el engrasado que lubrica el cuero dando blandura y flexibilidad de igual manera acabados en pulido replanteo y estampado.

#### ***1.4.5 Instrumentaría implementada en el tratamiento de aguas residuales***

***Rejas de desbaste:*** Instrumento de metal que no permite el paso de sólidos en suspensión de gran tamaño, previene el daño de la maquinaria por atascamiento.



**Figura 2-1:** Rejas de desbaste

**Fuente:**(Arcos Núñez, 2018)

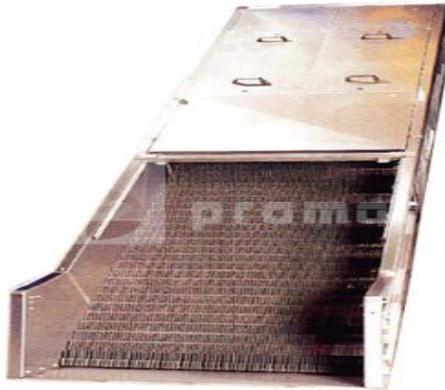
***Rejillas:*** Captan la materia suspendida en las aguas residuales de diámetros pequeños, se encuentran distribuidas en todo el camino por el cual circulan los efluentes antes de entrar a la planta de tratamientos.



**Figura 2-2 :** Rejillas

**Fuente :** (Colotta, 2005)

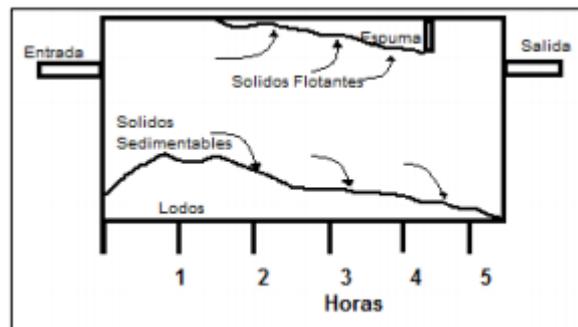
**Tamizaje:** Son soportes en formas de rejillas diminutas en forma de mallas de mosquitos que obstruyen el paso de la materia en suspensión.



**Figura 2-3:** Tamiz

**Fuente:** (Rios, 2012)

**Desarenadores:** Reducen la velocidad del fluido y permite que las partículas más densas que el agua como la arena proveniente de las etapas de lavado vayan descendiendo.



**Figura 2-4:** Desarenador

**Fuente:** (Aguas Mendoza et al., 2016)

**Bombeo de aire:** Ayuda a que las aguas provenientes del pelambre en combinación de sulfato de manganeso oxiden los sulfuros hasta un 60%

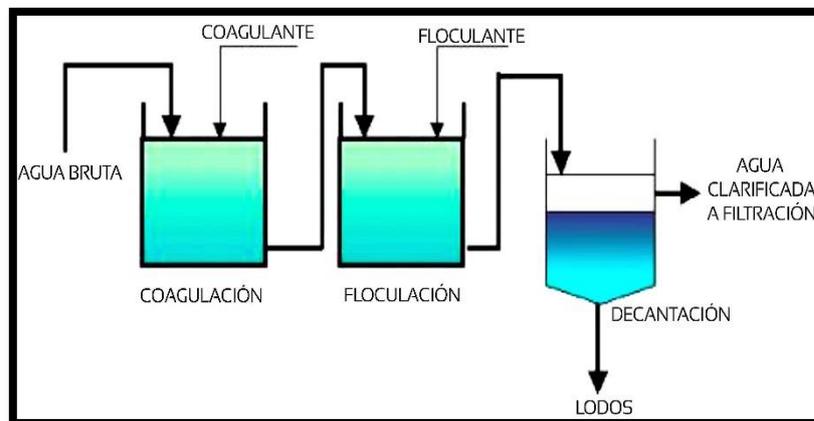


**Figura 2-5:** Sistema de Aireación

Fuente: (Corredor Rivera, 2006)

**Coagulación:** son compuestos aplicados para la desestabilización de sólidos suspendidos, estos permiten la aglomeración de partículas con carga negativa, al aplicar una agitación a gran velocidad da una mejor dispersión ayudando a reducir la turbidez y materia orgánica.

**Floculación:** permite la creación de flóculos a través de la agitación incrementando en peso y tamaño.



**Figura 2-6:** Sistema de Floculación

Fuente: (Yulier, Buitrago y Romero Coca, 2018)

#### ***1.4.6 Parámetros principales para la caracterización de Aguas Residuales de la industria curtidora de pieles.***

En el Cantón Ambato para la industria de manufactura curtido y adobo de pieles existe una normativa ambiental vigente que se debe cumplir con un análisis físico-químico de aguas contaminadas procedentes del procesamiento de pieles de cuero antes de ser descargadas al alcantarillado público basados en la norma TULSMA ,libro VI , Tabla 8 Limites de descarga al sistema de alcantarillado público, tales como:

#### ❖ **Potencial de hidrogeno**

Debido al contenido de cal y sulfatos libres en los procesos de remojo, pelambre, descarnado y división se obtienen aguas con valores que varían entre 11 y 13.

#### ❖ **Turbidez**

Es el grado de medida en el cual el agua pierde su transparencia, Según (Marconi, 2018) a mayor turbiedad mayor partículas en suspensión, esto demuestra gran cantidad de sólidos en suspensión lo que afectaría la concentración de oxígeno provocando la inhibición del efecto biocida en el tratamiento del agua residual (Quezada, 2019).

#### ❖ **Temperatura**

La temperatura es un parámetro físico que influye en el cambio de las características del agua residual, de acuerdo a la zona en donde se encuentre la temperatura va a variar en zonas frías se encuentra en un valor de 15 a 20 °C y en zonas cálidas varia de 25 a 35°C.

#### ❖ **Solidos Suspendidos**

Representados en forma de coloides debido a la cantidad de partículas sólidas en suspensión, son transportados por el arrastre y movimiento del agua (Duques, 2016).

#### ❖ **Solidos Totales**

El resultado de un proceso de evaporación, donde la cantidad de materia obtenida paso por altas temperaturas (Castro, 2016).

#### ❖ **Aceites y grasas**

Son compuestos orgánicos resultantes del cebo extraído de las pieles de animales usadas para el curtido, generalmente son de baja densidad y poca solubilidad en agua lo que dificulta en gran tamaño la posibilidad de biodegradarse. Si en la industria curtidora hay una gran cantidad de aceites y grasas estas forman una película en la superficie de las aguas dando la aparición de espumante (Vergara, 2018).

#### ❖ **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es una medida tradicional de la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable en un medio ácido que reacciona al aplicar el reactivo dicromato de potasio a altas temperaturas, estimando la cantidad de oxígeno consumido (Ortiz, 2015).

#### ❖ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Representa la demanda de oxígeno que tienen los microorganismos aeróbicos para la degradación de la materia orgánica resultante de la grasa, sangre y pelo de las pieles que ingresan a la curtiembre (Carreño Sayago, 2016). El resultado de este parámetro señala la carga orgánica que tienen los efluentes.

#### ❖ **Sulfatos**

Los sulfatos contienen acción laxante que es un medio contaminante en las aguas residuales, se lo identifica aplicando un método volumétrico de los iones de sulfatos valorado con EDTA (Artuz y Martínez, 2018).

#### ❖ **Sulfuros**

Corresponde a la forma reducida del azufre en aguas contaminantes en forma de sulfuro de hidrógeno actuando como ácido débil dando como consecuencia solubilidad baja en el efluente que al estar en un pH inferior a 8 se convierte en un gas tóxico e inestable conocido como ácido sulfhídrico (Abia, 2017).

#### ❖ **Cromo Hexavalente**

El método más aplicado para la remoción de cromo es la precipitación química dando un precipitado de este elemento, la conversión de cromo III a cromo VI lo convierte en un contaminante muy peligroso para la salud del ser humano ya que es considerado como cancerígeno y mutagénico (Duarte, 2009).

#### ***1.4.7 Sistema de descarga de aguas residuales de curtiembre***

Las aguas residuales de la curtiembre Pico y de las que operan en la ciudad de Ambato son descargadas en el alcantarillado público, los volúmenes varían de 20 a 25 litros por cada kilogramo de piel. Este tipo de aguas acarrean una serie de elementos contaminantes para el ambiente entre ellos residuos de sulfato de cromo y sulfuro de sodio ocasionantes de un agente de contaminación sulfúrico y crómico.

La producción agrícola es uno de los organismos que más se ha visto afectada debido al daño estructural de los cultivos que las aguas desechadas de la curtiembre ocasionan al provocar una alteración de las tierras.

#### ***1.4.8 Impacto Ambiental provocado por los contaminantes de la curtiembre***

- Los componentes del cuero como: la suciedad, el pelo y la sangre presente en las pieles son residuos que al reaccionar con el cromo provocan un incremento de DBO<sub>5</sub> y generan solidos suspendidos.
- Los Sulfuros ayudan a desprender el pelo en un medio acuoso, sin embargo, no permiten una correcta oxigenación a los cuerpos receptores de residuos ocasionando malos olores por el desprendimiento de ácido sulfhídrico al tener un pH menor a 10.
- El cromo tres se oxida a cromo seis convirtiéndose en un metal pesado casi imposible de biodegradar lo que perjudica a la ciudadanía al ser cancerígeno.
- Los tensoactivos son agentes usados para la limpieza del cuero obtenido, a pesar que generan grandes cantidades de DQO.
- La alcalinidad es resultado de los químicos que intervienen en la etapa de pelambre elevando los valores de pH.
- La salinidad aplicada en la etapa de conservación puede llegar a un 60%.

**Tabla 1-1:** Tipos de residuos generados en industria de curtiembre

<b>RESIDUOS GENERADOS EN LA CURTIDURIA DE PIELES</b>			
	<b>Residuos Líquidos</b>	<b>Residuos Solidos</b>	<b>Residuos Gaseosos</b>
<b>Generación</b>	Sustancias Químicas	Descarnado	Uso de Solventes
<b>Impacto ambiental</b>	Aguas residuales de descarga con cromo, sulfuros, pH elevado, materia orgánica.	Sólidos en suspensión, solidos sedimentables, grasas y tejidos.	Olores desagradables

**Realizado por:** Alejandro Martínez

**Fuente:** (Quishpe, De La Torre y Guevara, 2012)

### 1.4.9 Tipos de tratamientos para aguas residuales de curtiembre

Por medio de la aplicación de modelos y tecnologías se da tratamientos a las aguas generados en las curtiembres, con la finalidad de reducir la carga de contaminantes líquidos y sólidos. Según (Carreño, 2016) los principales tratamientos son :

- Precipitación química con CaO para la remoción de Cromo (III)
- Separación por membrana
- Biorremediación aplicando microalgas para la remoción de metales pesados.
- Fitorremediación
- Bioadsorción con hongos filamentosos y carbón activado.
- Electrocoagulación para reducir la DQO

**Tabla 2-1** Beneficios para los distintos tipos de tratamientos de aguas residuales

<b>BENEFICIOS DE LOS TRATAMIENTOS DE EFLUENTES</b>			
Mecánico	Físico	Químico	Biológico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación de sólidos de gran tamaño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimina los sólidos sedimentables.</li> <li>• Actúa como pre clarificador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralizan las descargas y separa los sólidos de menor tamaño.</li> <li>• Separa sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas.</li> <li>• Permite la desinfección al aplicar compuestos clorados, decolorativos y oxidativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se emplean microorganismos aerobios y anaerobios.</li> <li>• Mineraliza las sustancias orgánicas.</li> </ul>

**Realizado por:** Alejandro Martínez

Fuente: (Quishpe, De La Torre y Guevara, 2012)

#### *1.4.9.1 Tratamiento anaeróbico de aguas residuales de curtiembre*

Se aplica reactores anaerobios de flujo ascendente y reactores de manto de lodos de flujo ascendente. (Liberal, 2010) A comprobado que los beneficios de este reactor es remover la carga orgánica en un 90% y la eliminación de grandes niveles de sulfato por medio de bacterias metanogénicas en aguas de curtiembre logrando que estas se encuentren por debajo de los límites estipulados, sin embargo, hay que considerar gastos monetarios en el consumo de energía, gastos químicos y los suplementos bacterianos que necesita para operar. Además de poder obtener biogás por la remoción de materia orgánica, mismo que puede beneficiar a la empresa como combustible para alguna de las operaciones.

#### *1.5.1 Coagulantes Naturales para la descontaminación de aguas residuales de curtiembre*

Los coagulantes y bioacuagulantes están compuestos por proteínas, polisacáridos, taninos y alcaloides que permiten la remoción de sólidos disueltos en DQO y la absorción de metales pesados sin provocar una alteración en pH, alcalinidad y grandes cantidades de lodos.

Los coagulantes naturales usados generalmente en la industria de la curtiduría es *Caesalpinia spinosa* y *Moringa stenopetala* en una dosis de no mayor a 10 g/L, ayuda a la absorción de colorantes y la remoción de materia orgánica (Banchón et al., 2016).

#### *1.5.2 Mecanismos físico-químico de coagulantes*

La precipitación química quita los iones solubles de los metales presentes en las aguas residuales y los recupera en hidroxilos, el proceso es monitoreado por medio de la toma de pH. Uno de los químicos más usados es el ploricloruro de aluminio o también conocido como PAC, debido a que las aguas residuales disponen de cargas negativas por el efecto positivo del ion metálico de aluminio (Quishpe, De La Torre y Guevara, 2012).

En la industria de la curtiembre se emplean floculantes aniónicos, catiónicos y no aniónicos. Como coagulantes se encuentran el cloruro férrico, sulfato de aluminio e hidróxido de Calcio para reducir más del 50% de los contaminantes (Muñoz Paz et al., 2020).

### *1.5.3 Marco Legal*

Este proyecto se desarrolla bajo las normativas establecidas por la constitución de la República del Ecuador donde se establecen ciertos tipos de leyes para la industria de curtiembre sobre los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones existentes para la descarga de un agua en el sistema de alcantarillado público.

El objetivo es prevenir una contaminación ambiental en un recurso tan indispensable para la población como es el agua.

A continuación, se describen las principales leyes ambientales a la cual se sujeta la presente investigación:

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente en el “ LIBRO VI ANEXO I TABLA 8 “ establece los límites máximos permisibles de contaminación del agua que puede ser descargada en el sistema de alcantarillado

Art 432 B. Determina prisión de uno a tres años, aquella persona natural que vierta residuos de cualquiera naturaleza que no cumpla con los límites estipulados, provocando daños en la flora y fauna del país.

Art 437 K. Aquellas industrias que cuenten con la licencia ambiental, deberán ser controlados por el sistema regulatorio que tendrá toda la potestad para clausurar y suspender inmediatamente aquellos que infringen con lo establecido.

Ley de Gestión Ambiental establece en el artículo 12 del libro VI promover a la industria y la comunidad en general la formulación de políticas públicas que protejan el medio ambiente y el manejo de recursos naturales.

La constitución del Ecuador en el capítulo II Artículo 15, describe como derecho del Buen vivir promover a los sectores tanto público como privado la implementación de tecnologías amigables con el medio ambiente y de bajo impacto ambiental resguardando la soberanía alimentaria sin afectar el derecho al agua.

Las descargas de tipo doméstico e industrial desechadas en el alcantarillado público están en la obligación de cumplir con los límites establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla 3-1** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público estipulados en el Anexo I del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del Ambiente

<b>Parámetro</b>	<b>Expresión</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	50,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro activado	Cl	mg/l	0,5
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Compuestos fenólico	Expresado con fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Fosforo total	P	mg/l	15,0
Nitrogeno total	N	mg/l	60,0
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrogeno	pH		6-9
Solidos sedimentables		mg/l	20,0
Solidos suspendidos totales		mg/l	220,0
Solidos totales		mg/l	1600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Temperatura	°C		<45,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Fuente: (Arcos, 2018)

Realizado por : Alejandro Martínez

## **1.5.4 Beneficiarios directos e indirectos**

### *1.5.4.1 Beneficiarios directos*

El mayor beneficiario será el gerente de la curtiduría Pico ya que en la actualidad la empresa ha recibido notificaciones por parte de entes reguladores del medio ambiente con pedidos de un tratamiento adecuado de sus residuos como lo son las aguas residuales provenientes del proceso de curtido de pieles.

Los trabajadores de la curtiduría Pico serán beneficiarios al obtener un espacio con bajo impacto de contaminación ambiental lo que previene daños en la salud de los obreros mejorando su ambiente de trabajo y calidad de vida.

La curtiduría Pico será beneficiario directo del proyecto dado que en el futuro contará con una planta de tratamiento de aguas residuales mejorada que servirá para fines de cumplimiento ambiental y productivo.

### *1.5.4.2 Beneficiarios indirectos*

La comunidad aledaña al sitio donde opera la curtiduría debido a que las aguas residuales de los procesos de curtiduría serán tratados antes de ser descargado al sistema de alcantarillado.

El Gobierno Provincial de Tungurahua será beneficiado de forma indirecta en la ejecución de la propuesta presentada debido a que la curtiduría pico servirá como ejemplo para las demás curtiembres de la ciudad lo que permitirá obtener aguas residuales con bajas concentraciones de contaminantes.

Se beneficiará la flora y fauna existente en la provincia de Tungurahua, así como sus habitantes al obtener un agua de mejor calidad para el consumo humano.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo General**

- Rediseñar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Curtiduría Pico para disminuir la concentración de contaminantes presentes en el agua de descarga procedente del proceso industrial de curtido de pieles.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la caracterización físico-química en base a los límites de descarga del TULSMA LIBRO VI- ANEXO 1-TABLA 8.
- Establecer alternativas de pruebas de tratabilidad más adecuadas para el agua residual que no cumpla con los límites establecidos en la normativa ambiental.
- Determinar las variables más óptimas para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría Pico.

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

#### 3.1 Localización del proyecto

El presente proyecto técnico será realizado en la Curtiduría Pico ubicada en la ciudad de Ambato, Av. Indoamerica y Guanajuato en la parroquia de la Península, provincia de Tungurahua.



**Figura 3-1:** Ubicación de la Curtiduría Pico georreferenciada

**Fuente:** Google Earth

**Elaborado por:** Alejandro Martínez

**Tabla 4-1:** Coordenadas Planta de Curtiembre LA PENÍNSULA - AMBATO

<b>LONGITUD</b>	1°14'1.19"S
<b>LATITUD</b>	78°36'5.07"O
<b>CLIMA</b>	Cálido Templado con temperatura promedio de 16°C.
<b>ALTITUD</b>	2550 msnm

**Fuente:** Google Earth

**Elaborado por:** Alejandro Martínez

## **3.2 Ingeniería del Proyecto**

### ***3.2.1 Tipo de Estudio***

El presente proyecto tiene como finalidad cubrir la necesidad del tratamiento correcto de las aguas residuales generadas en la industria curtidora de la empresa Pico, mediante el rediseño de la planta de tratamientos de aguas residuales existente tomando en consideración el presupuesto de la empresa.

La estructura del proyecto es:

1. Muestreo de las aguas residuales
2. Caracterización del agua residual
3. Identificación del tratamiento óptimo para el agua residual
4. Cálculos de ingeniería en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
5. Caracterización final

Según (Elvira y Parra, 2018) el estudio técnico va de la mano con la ingeniería básica de un proceso ya que busca implementar una mejora tomando en cuenta los requerimientos y necesidades de la empresa para su correcto funcionamiento.

Frente a esto se cataloga un tipo de estudio de carácter técnico descriptivo con enfoque cuantitativo, en el cual interviene la metodología experimental e investigativa que ayudara a identificar los procesos óptimos y recursos indispensables para la mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## **MÉTODOS Y TÉCNICAS**

### ***3.2.2 Métodos***

#### ***3.2.2.1 Deductivo***

El método deductivo extrae soluciones generales a partir de un sistema particular. A través de la revisión bibliográfica se tendrá la base científica de los principios generales necesarios para la efectividad de aplicar un tratamiento junto al bosquejo de pruebas que determinan el nivel de contaminación de efluentes.

### 3.2.2.2 Inductivo

Se transporta de casos particulares a conocimientos generales, se basa en la repetición de hechos con la finalidad de encontrar similitud en un grupo definido, para lograr la caracterización. Se aplica una caracterización físico-química para indagar sobre los contaminantes que se encuentran superando los límites estipulados por entidades de control del medio ambiente, esto determina la situación actual de los efluentes y la guía referente a los parámetros necesarios a tratar para contrarrestar la contaminación.

### 3.2.2.3 Experimental

Es un método técnico particular desarrollado mediante la manipulación de equipos e instrumentos aplicados para la creación de resultados estadísticos. Las pruebas de laboratorio tanto de tratabilidad y fisicoquímicas ayudarán a caracterizar el agua residual, donde las primeras ayudarán a la identificación del mejor coagulante para la remoción de contaminantes mientras las segundas actúan como indicadores según el parámetro evaluado.

### 3.2.4 Técnicas

**Tabla 5-1:** Técnicas aplicadas en el proyecto de rediseño de la PTAR Pico

<b>Técnicas aplicadas al proyecto</b>	
Técnica de muestreo	INEN 2169-2013
	INEN 176-1998
Técnica de Laboratorios	HACH
	APHA, STANDARD METHODS 21 <sup>o</sup> EDICION
Técnica In Situ del caudal	MÉTODO VOLUMÉTRICO

**Realizado por:** Alejandro Martínez

Fuente (INEN,2015)

### 3.2.4.1 Muestreo

El muestreo se realizó bajo los protocolos de la Normativa Técnica de Muestreo INEN 2169: 2013 que ayuda al manejo y conservación de las muestras con la finalidad de prevenir alguna alteración que puedan sufrir las aguas en su traslado para la caracterización físico química (Hidalgo, 2015).

### 3.2.4.2 Tratamiento de muestras

Se aplicó un muestreo compuesto debido a la exclusión de las aguas provenientes de la etapa de curtido siguiendo un plan de recolección durante un mes con dos tomas por semana según la producción de la curtiduría como se lo puede observar en la Tabla 5-2. El protocolo a seguir consistió en la toma del agua residual antes de ingresar a la planta de tratamiento de aguas residuales, en un punto clave donde se unen las aguas provenientes de los tres procesos y a la salida de esta en recipientes de 4L de capacidad con una inclinación de 45°C aplicando un llenado a ras para evitar la acumulación de oxígeno, trasladados en refrigeración por medio de hieleras al Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

**Tabla 6-2 : Plan de toma de muestras**

<b>PLAN DE MUESTREO</b>				
<b>Lugar</b>	<b>Tipo de efluente</b>	<b>Día</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>Muestras al mes</b>
Entrada a la PTAR	Lavado	Martes	2	16
	Pelambre	Miércoles	2	
Salida de la PTAR	Lavado + Pelambre	Jueves	2	8
Número total de muestras analizadas				24

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Se realizó una comparación de la caracterización de estas aguas residuales frente a los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, publicado en el anexo 1 del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente.

### 3.2.4.4 Caracterización físico química del agua residual

La caracterización de las aguas se las realizo bajo los parámetros expresados en la tabla 7-3 aplicando las técnicas estandarizadas del laboratorio de calidad de aguas pertenecientes a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mismos que se compara con los límites de la tabla 8 del Anexo 1 del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente y Agua .

**Tabla 7-3** :Técnicas para la determinación de los parámetros de calidad

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Potencial de hidrogeno	4500-B	ph	6-9
Conductividad	2510-B	uSiems/cm	<1250
Temperatura	-	°C	40
Turbidez	2130-B	UTN	100
Demanda Bioquímica de Oxigeno	5210-B	mg/l	250
Demanda Química de Oxigeno	5220-C	mg/l	500
Sulfuros	4500-SO <sub>4</sub> -E	mg/l	1
Sulfatos	HACH-8051	mg/l	400
Solidos totales disueltos	2540-C	mg/l	220
Solidos sedimentables	2540-B	ml/L	20
Aceites y Grasas	EPA 418, 1	mg/l	70

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.5 Resultados de la caracterización de las aguas residuales

#### 3.2.5.1 Análisis de Laboratorio

Los parámetros de laboratorio fueron realizados por medio de los Métodos Normalizados para el Análisis de agua potable residuales y el método HACH en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 3.2.5.2 Caracterización del agua residual procedente de la etapa de pelambre

Los resultados presentados en la tabla 8-4 pertenecen a los análisis físico químicos del agua de pelambre después de pasar por la planta de tratamientos de aguas residuales existente en la curtiduría Pico, esto se lo realizo con la finalidad de identificar el grado de contaminación del agua residual, la mayoría de parámetros se encuentran superando el límite máximo permisible lo que demuestra que es necesario un rediseño de la planta que permita disminuir dichos contaminantes en beneficio de la población aledaña a la curtiduría y de la empresa Pico.

**Tabla 8-4:** Resultados de la caracterización de agua proveniente de la etapa de pelambre

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Potencial de hidrogeno	Unidade de pH	12.07	6-9
Conductividad	uSiems/cm	16.49	<1250
Temperatura	°C	16.7°C	40
Color	Pt Co	760	-
Turbidez	NTU	590	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días )	mg/l	2700	250
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5520	500
Sulfuros	mg/l	11	1
Sulfatos	mg/l	310	400
Solidos totales disueltos	mg/l	730	220
Solidos sedimentables	mg/l	3500	20
Aceites y Grasas	mg/l	150	70

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Los parámetros más alarmantes para el efluente de pelambre son las grandes concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO y DTS. Además de evidenciar una contaminación con sulfuros debido a la adición de Na<sub>2</sub>S en la etapa de RIBERA.

### 3.2.5.3 Índice de Biodegradabilidad

Es un indicador entre la relación de DBO<sub>5</sub> y DQO, en este tipo de industria existen dos tipos de tratamientos como son el biológico y fisicoquímico, estos son clasificados según la Tabla 9-5. El tratamiento biológico emplea microorganismos para transformar los constituyentes disueltos o particulados mientras el fisicoquímico aplica fuerzas físicas combinadas con reacciones químicas.

La fórmula aplicada para el cálculo de índice de biodegradabilidad fue la relación entre DBO<sub>5</sub> y DQO como se muestra a continuación:

Donde:

$$IB = \frac{DBO_5}{DQO}$$

$$IB = \frac{400}{1400}$$

$$IB = 0,285$$

**Tabla 9-5:** Clasificación de los sistemas de tratamientos para aguas residuales de curtiembre

<b>Sistemas de Tratamientos de aguas residuales de una curtiembre</b>					
<b>Sistemas Físicoquímicos</b>			<b>Sistemas Biológicos</b>		
<b>Agua residual combinado</b>	<b>Remoción de Sulfuros de la etapa de pelambre</b>	<b>Remoción de cromo del efluente curtido</b>	<b>Tratamiento Aerobio</b>	<b>Tratamiento Anaerobio</b>	
*Electrocoagulación *Coagulación Química *Proceso de Oxidación	*Oxidación con peróxido de Hidrogeno *Oxidación catalítica con oxígeno *Precipitación con sales de hierro y *Aireación *Acidificación con ácido fuerte	*Precipitación de cromo con álcalis y disolución *Intercambiadores Catiónicos *Coagulación Química	*Lodos Acivados *Reactores Sequencing batch	*Reactores Upflow Anaerobic Sludge Blanket	

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

**Fuente:** (Chafra et al., 2011)

Donde:

- ✓ Si el índice de  $DBO_5 / DQO$  es mayor a 0,5 la materia orgánica es muy biodegradable y se aplica un tratamiento Biológico.
- ✓ Si el índice de  $DBO_5 / DQO$  está entre 0,2 a 0,5 la materia orgánica es biodegradable y se aplica un tratamiento Biológico o Físicoquímico.
- ✓ Si el índice de  $DBO_5 / DQO$  es menor a 0,2 la materia orgánica es poco biodegradable y se aplica un tratamiento Físicoquímico.

El sistema escogido para este proyecto es físicoquímico ya que la mayoría de industrias curtidoras de pieles tiene un índice de 0,2 a 0,5 o inferior a 0,2 . El índice de biodegradabilidad de la curtiduría Pico es de 0,285 por lo que el tratamiento más óptimo es el de Coagulación Química debido a que se tiene una agua residual combinada del proceso de lavado y pelambre al ingresar a la Planta de tratamiento de Aguas Residuales Pico.

### ***3.2.6. Pruebas de Tratabilidad***

#### *3.2.6.1 Pruebas de Jarras*

La finalidad de la prueba de jarras es identificar a escala laboratorio la eficiencia de los coagulantes sobre las aguas descargadas de los distintos procesos para la remoción de los residuos en fluidos suspendidos y la dosificación de reactivos (Darly, 2012).

Para determinar el mejor coagulante químico se utilizó cuatro distintos reactivos como son el cloruro de aluminio, sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato de hierro a determinado volumen de dosificación y a diferentes concentraciones.

De igual manera se realizó con los floculantes de tipo aniónico, catiónico y No iónico. Los parámetros iniciales del agua residual proveniente de la etapa de pelambre fueron para turbidez 590 NTU y pH de 12,07.



**Figura 4-1** Equipo de Jarras empleado

Realizado por: Alejandro Martínez

El proceso que se llevó a cabo fue:

- ✓ Llenar las jarras con 600ml de agua de pelambre.
- ✓ Medir el pH y Turbidez iniciales de las aguas.
- ✓ Ajustar el pH
- ✓ Añadir los coagulantes seleccionados
- ✓ Someter las muestras a velocidad máxima, mayor a 200 rpm durante un minuto, este proceso ayudará a dispersar homogéneamente los coagulantes y floculantes.
- ✓ A continuación, se reduce la velocidad a 50 rpm durante 20 minutos.
- ✓ Dejar sedimentar el floculo durante 60 minutos.
- ✓ Finalmente medir la turbidez.

**Tabla 10-1:** Tipos de Coagulantes y floculantes aplicados

<b>Tipos de Coagulantes y floculantes usados</b>	
<b>Floculante</b>	Polímero aniónico
	Polímero Catiónico
	Polímero No aniónico
<b>Coagulante</b>	PAC
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
	FeCl <sub>3</sub>
	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

### 3.2.6.2 Elección del floculante óptimo para la etapa de pelambre

Para la elección del floculante se colocaron en tres jarras un volumen de 1000 ml de agua de pelambre con una concentración de 4ppm, evaluando tres tipos de floculantes como se observa a continuación

**Tabla 11-1** Resultados del uso de Floculantes

<b>Floculante</b>	<b>Turbidez Inicial ( NTU )</b>	<b>Turbidez Final ( NTU )</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Polímero aniónico	590	195	66.95
Polímero Catiónico	590	357	39.49
Polímero No aniónico	590	462	21.69

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Como resultado se obtuvo que el polímero aniónico tiene mejores resultados al tener mayor porcentaje de remoción como se muestra en la Tabla 11-1.

### 3.2.6.3 Determinación del coagulante óptimo.

- **Etapa de pelambre**

Para la determinación del mejor coagulante se utilizó 1000 ml de agua de pelambre, agregando 30ppm de los coagulantes. El pH fue ajusto conforme al requerimiento de cada tipo de químico analizado como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 12-1:** Resultados del uso de coagulantes en la etapa de pelambre

Coagulante	Rango de ajuste del pH	Turbidez Inicial ( NTU)	Turbidez Final ( NTU)	Porcentaje de remoción (%)
PAC	8-8.5	590	338	42.71
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7- 7.5	590	531	8.98
FeCl <sub>3</sub>	6-6.5	590	575	2.54
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	6	590	512	13.22

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

El coagulante que presenta mejores resultados es el PAC con un porcentaje mayor de remoción, siendo este de 42.71%

- **Etapa de curtido**

**Tabla 13-2 :**Resultados del uso de coagulantes en la etapa de curtido

Coagulante	Rango de ajuste del pH	Turbidez Inicial ( NTU)	Turbidez Final ( NTU)	Porcentaje de remoción (%)
PAC	8-8.5	890	190	78.65
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7- 7.5	890	469	47.30
FeCl <sub>3</sub>	6-6.5	890	502	43.60
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	6	890	421	52.70

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

El coagulante que presenta mejores resultados es el PAC con un porcentaje mayor de remoción, siendo este de 78.65%

### 3.2.6.4 Determinación de la dosis óptima del floculante aniónico

Es indispensable conocer la concentración idónea del floculante para obtener mayores rendimientos con bajos costos.

Se adiciono en seis recipientes 1000 ml de agua de pelambre junto a 40 ppm del coagulante PAC y en cada una de las jarras se añadió distintas concentraciones del floculante aniónico como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 14-1** Evaluación a distintas concentraciones del floculante aniónico para la etapa de pelambre

<b>Concentración del polímero aniónico ( ppm)</b>	<b>Turbidez Inicial ( NTU)</b>	<b>Turbidez Final ( NTU )</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
2	590	98	56.6
4	590	74	67.3
6	590	62	72.6
8	590	48	78.8
10	590	31	86.3
12	590	28	87.6

Realizado: Alejandro Martínez 2021

**Tabla 15-2** Evaluación a distintas concentraciones del floculante aniónico para la etapa de curtido

<b>Concentración del polímero aniónico ( ppm)</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>Turbidez Final ( NTU )</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
2	890	54	76.1
4	890	48	78.8
6	890	34	85.0
8	890	30	86.7
10	890	29	87.2
12	890	17	92.5

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.6.5 Determinación de la dosis óptima del coagulante PAC

- **Etapas de pelambre**

Se colocaron en cinco jarras 1000ml de agua de pelambre junto a 10 ppm de floculante aniónico. El coagulante PAC será dosificado en cada una de las concentraciones que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 16-2:** Evaluación a distintas concentraciones del coagulante PAC en la etapa de pelambre

<b>Concentración del coagulante PAC ( ppm)</b>	<b>Turbidez Inicial ( NTU)</b>	<b>Turbidez Final ( NTU )</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
20	590	134	55.03
40	590	189	36.58
60	590	150	49.66
80	590	167	43.96
100	590	146	51.01

Realizado: Alejandro Martínez 2021

La concentración óptima del coagulante en la etapa de pelambre es de 20 ppm como se observa en la tabla 16-2 ya que su porcentaje de remoción es mayor siendo este de 55.03%.

- **Etapas de curtido**

Se colocaron en cinco jarras 1000 ml de agua de pelambre junto a 8 ppm de floculante aniónico. El coagulante PAC será dosificado en cada una de las concentraciones que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 17-2:** Evaluación a distintas concentraciones del coagulante PAC en la etapa de curtido

<b>Concentración del coagulante PAC ( ppm)</b>	<b>Turbidez Inicial (NTU)</b>	<b>Turbidez Final ( NTU )</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
20	890	116	61.07
40	890	87	70.81
60	890	198	33.56
80	890	174	41.61
100	890	163	45.30

La concentración óptima del coagulante en la etapa de curtido es de 40 ppm como se observa en la tabla 17-2 ya que su porcentaje de remoción es mayor siendo este de 70.81%.

Se recomienda para tener mayores resultados que el floculante sea previamente diluido con ayuda de calor de esta manera se ahorra tiempo y energía. De la misma manera luego de realizar la coagulación se recomienda dejar reposar por un tiempo mínimo de dos horas de esta manera la sedimentación de lodos y formación de floculos será mejor.

### 3.2.6.6 Determinación óptima del catalizados Sulfato de manganeso ( $Mn SO_4$ )

Se tomaron tres muestras de 1000 ml de agua de la etapa de pelambre y se suministró aire por medio de un compresor.

Se agregaron distintas concentraciones de sulfato de manganeso para identificar a cuál de ellas se obtiene mejores resultados partiendo de una concentración de 817 mg/L de sulfuros.

**Tabla 18- 1:** Determinación de la concentración óptima de ( $Mn SO_4$ )

Concentración ( $Mn SO_4$ ) ppm	Concentración de sulfuros						Cantidad Inicial	Porcentaje
	Tiempo 1	2	3	4	5	6		
25	765	745	712	684	632	512	817	37.33
50	624	608	576	552	543	537	817	34.27
75	518	497	486	475	469	457	817	44.06
100	490	486	573	561	553	506	817	38.07
125	478	471	462	457	443	432	817	47.12
150	397	387	381	376	365	354	817	56.67
175	345	339	334	321	306	298	817	63.53
200	334	330	327	324	323	316	817	61.32

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

En la tabla 18-1 se puede observar que la concentración óptima de Sulfato de manganeso a aplicar es de 175 ppm por un periodo de seis horas acompañado de una aireación suministrando un porcentaje de remoción del 63.53% de sulfuros.

### *3.2.6.7. Rendimiento del tratamiento del agua residual de la Curtiduría Pico*

Se aplicaron distintos tratamientos al agua residual y se aplicó la simulación del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales pertenecientes solo a la etapa de pelambre debido a que la curtiduría no se encuentra actualmente realizando el proceso de curtido y se asimila que tampoco en los dos años próximos. Sin embargo, se realizó un bosquejo para todo el proceso de curtido de pieles a excepción de la caracterización.

Los análisis se efectuaron en el Laboratorio de Calidad de Aguas- SPOCH para verificar que el proceso que se propone para el tratamiento de las aguas residuales arrojan resultados satisfactorios, tomando como matriz los límites de la tabla 8 del Anexo 1 del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente y Agua

Se calculó el porcentaje de remoción considerando el valor inicial de la caracterización del agua no tratada frente a el agua que ha pasado por el proceso de depuración.

**Tabla 19-1:** Resultados de las pruebas de tratabilidad

PÁRAMETRO	UNIDAD	RESULTADO DEL AGUA SIN TRATAR	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO DEL AGUA TRATADA		
				Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Potencial de hidrogeno	Unidade de pH	12.07	6-9	9.12	8.26	8.90
Conductividad	uSiems/cm	16.49	<1250	12.4	12.34	11.45
Temperatura	°C	26.7	40	25.4	25.8	26.3
Color	Pt Co	760	-	56	55	55
Turbidez	NTU	590	100	130	125	128
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días )	mg/l	2700	250	245	264	260
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5520	500	250	256	248
Sulfuros	mg/l	54	1	29	28	28
Sulfatos	mg/l	610	400	250	235	254
Solidos totales disueltos	mg/l	730	220	170	176	174
Solidos sedimentables	mg/l	3500	20	7	6	7
Aceites y Grasas	mg/l	150	70	34	30	33

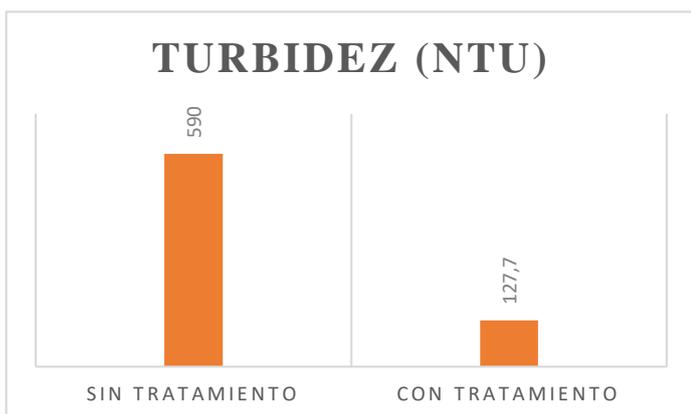
Realizado: Alejandro Martínez 2021

**Tabla 20-2 :** Comparación del agua residual antes y después del tratamiento con su porcentaje de remoción

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>RESULTADO ANTES DEL TRATAMIENTO</b>	<b>RESULTADO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO PROMEDIO</b>	<b>PORCENTAJE DE REMOCIÓN %</b>
Potencial de hidrogeno	12.07 pH	8.8 pH	27.4
Conductividad	16.49uSiems/cm	12.1 uSiems/cm	26.8
Temperatura	26.7°C	25.8°C	3.2
Color	760 Pt Co	55.3 Pt Co	92.7
Turbidez	590 NTU	127.7 NTU	78.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días )	2700 mg/l	256.3 mg/l	90.5
Demanda Química de Oxígeno	5520 mg/l	251.3 mg/l	95.5
Sulfuros	54 mg/l	17.7 mg/l	67.3
Sulfatos	610 mg/l	246.3 mg/l	59.0
Solidos totales disueltos	730 mg/l	173.3 mg/l	76.7
Solidos sedimentables	3500 mg/l	67 mg/l	96
Aceites y Grasas	150 mg/l	32.3 mg/l	77.3

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

### 3.2.6.6 Remoción de turbiedad



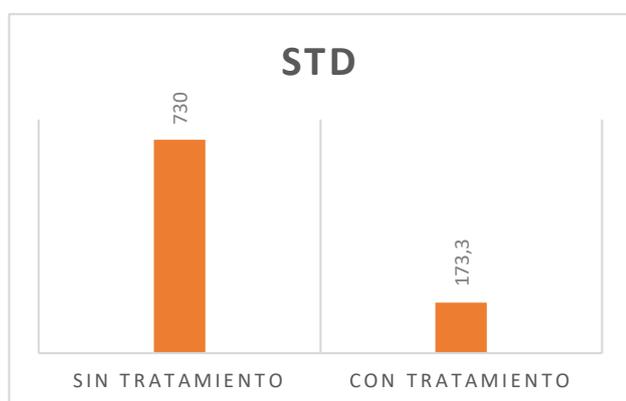
**Gráfico 1-1:** Remoción de turbiedad

**Tabla 21-1 :**Remoción de turbiedad

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
Turbidez (NTU)	590	127.7	78.4

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.6.7 Remoción de solidos totales disueltos



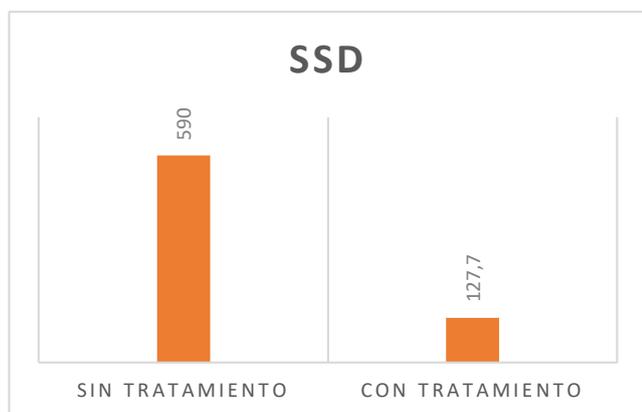
**Gráfico 2-1 :** Remoción de solidos totales disueltos

**Tabla 22-2 :** Remoción de solidos totales disueltos

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
STD	730	173.3	76.7

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.6.8 Remoción de solidos sedimentables



**Gráfico 3-1 :** Remoción de solidos sedimentables

**Tabla 23-3 :** Remoción de solidos sedimentables

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
SSD	590	127.7	78.4

Realizado: Alejandro Martínez 2021

3.2.6.9 Remoción de sulfuros

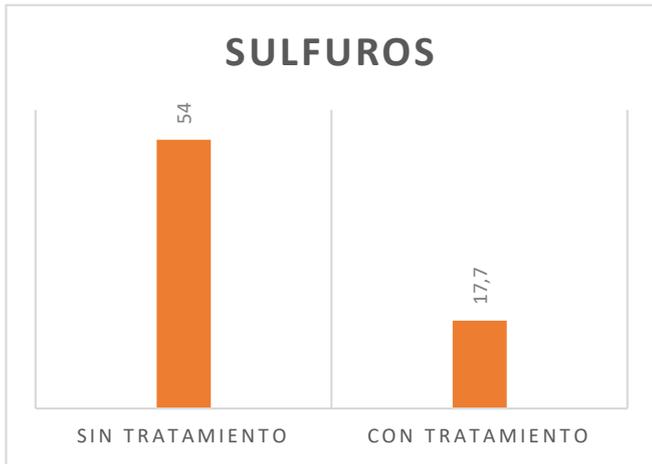


Gráfico 4-1 : Remoción de sulfuros

Tabla 24-4 : Remoción de sulfuros

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
SULFUROS	54	17.7	67.3

Realizado: Alejandro Martínez 2021

3.2.7.0 Remoción de sulfatos

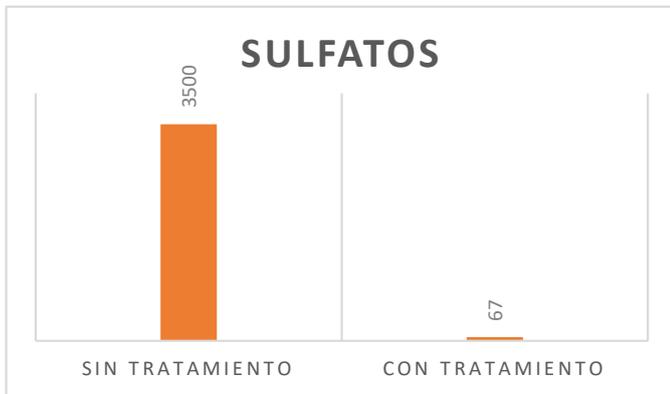


Gráfico 5-1 : Remoción de sulfatos

Tabla 25-5: Remoción de sulfatos

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
SULFATOS	3500	67	96

Realizado: Alejandro Martínez 2021

3.2.7.1 Remoción de DBO<sub>5</sub>

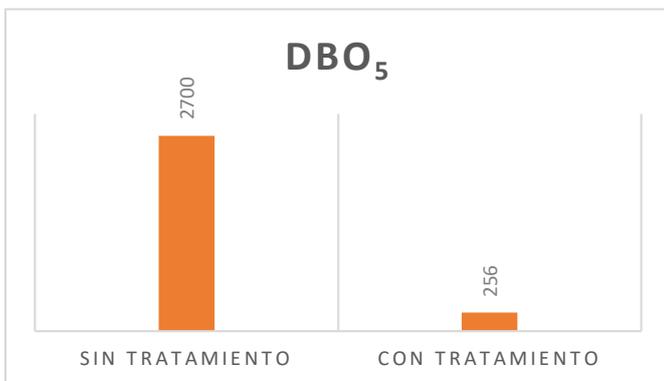


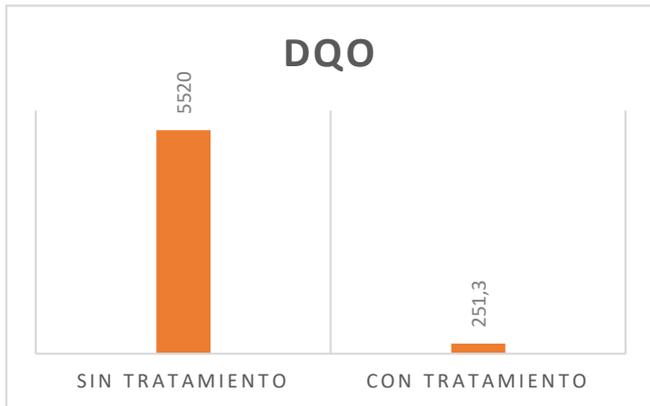
Gráfico 6-1: Remoción de DBO<sub>5</sub>

Tabla 26-6: Remoción de DBO<sub>5</sub>

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
DBO <sub>5</sub>	2700	256	90.5

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.7.2 Remoción de DQO



**Gráfico 7-1:** Remoción de DQO

**Tabla 27-7 :** Remoción de DQO

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
DQO	5520	251.3	95.5

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.7.3 Remoción de Aceites y Grasas



**Gráfico 8-1 :** Remoción de Aceites y Grasas

**Tabla 28-8 :** Remoción de Aceites y Grasas

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Remoción %
ACEITES Y GRASAS	150	32.3	77.3

Realizado: Alejandro Martínez 2021

La caracterización Físico- Química de las aguas residuales se centró en los principales parámetros estipulados en las normativas vigentes, se calculó un promedio de tres muestras ya que el estudio se lo hizo por triplicado para reducir el nivel de resultados erróneos.

La aplicación de los distintos ensayos nos muestra una remoción mayor al 90% para los parámetros de DQO Y DBO<sub>5</sub>, sin embargo, estos no se encuentran por debajo a los límites estipulados debido a que la contaminación de este tipo de industria es sumamente alta por lo que se propone una recirculación de dicha agua para la etapa de lavado y remojo dando así un aprovechamiento a esta agua tratada lo cual es un beneficio para la curtiduría.

Los parámetros de sulfuros y sulfatos fueron removidos en un 50 a 60 % permitiendo que estos se encuentren por debajo de los límites, lo que demuestra que el ensayo de oxidación de sulfuros por aireación y sulfato de manganeso es efectiva.

De igual manera los parámetros de turbidez, sólidos totales y sedimentables se redujeron en una cantidad muy satisfactoria del 70 al 90% demostrando la correcta elección de coagulantes y floculantes y sus respectivas concentraciones permitiendo que el material particulado precipite y se aglutine en forma de floculos.

### **3.2.7 Técnica In situ**

#### **3.2.7.4 Medición del caudal**

La medición de caudal se realizó aplicando el método volumétrico “balde o caneca” que consiste en captar el agua del canal abierto o tubería en un recipiente aforado y con graduaciones en un tiempo determinado, medido por un cronometro (Viñán, 2019) . La fórmula que se aplicó para el cálculo es la que se muestra a continuación:

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

Donde:

Q: Caudal del proceso

Vb: Volumen del recipiente

T: tiempo de llenado

La medición del caudal se realizó únicamente al Bombo 1 perteneciente al proceso de pelambre debido a que la empresa no se encuentra realizando el proceso de curtido en la actualidad.

Para la medición de caudal se usó un balde graduado de 10L y con el empleo de un cronometro se tomó el tiempo de aforo de este recipiente.

La toma de caudal se lo realizo una vez por semana durante un mes en distintas horas, debido a la baja producción de la curtiduría Pico como se muestra en la Tabla 28-3.

**Tabla 29-3** : Registro de la medición de caudal

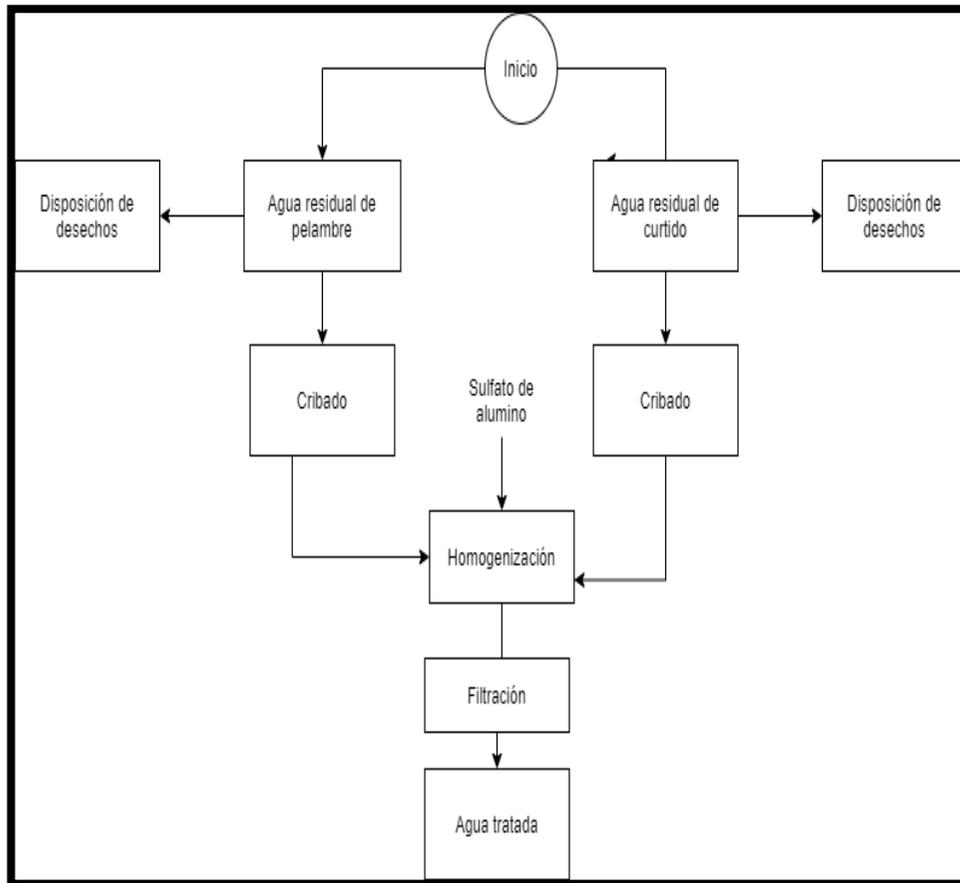
Semana	Horario	Volumen del recipiente (L)	Tiempo de llenado (s)	Q Caudal ( L/s)
1	8:00	10	3.91	2.5575448
	10:00	10	4.16	2.4038462
	12:00	10	4.38	2.283105
	14:00	10	4.07	2.4570025
2	8:00	10	4.85	2.0618557
	10:00	10	5.11	1.9569472
	12:00	10	4.46	2.2421525
	14:00	10	4.61	2.1691974
3	8:00	10	4.72	2.1186441
	10:00	10	4.9	2.0408163
	12:00	10	4.23	2.3640662
	14:00	10	4.04	2.4752475
4	8:00	10	3.98	2.5125628
	10:00	10	5.02	1.9920319
	12:00	10	4.56	2.1929825
	14:00	10	4.45	2.247191
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>				<b>2.2546996</b>

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

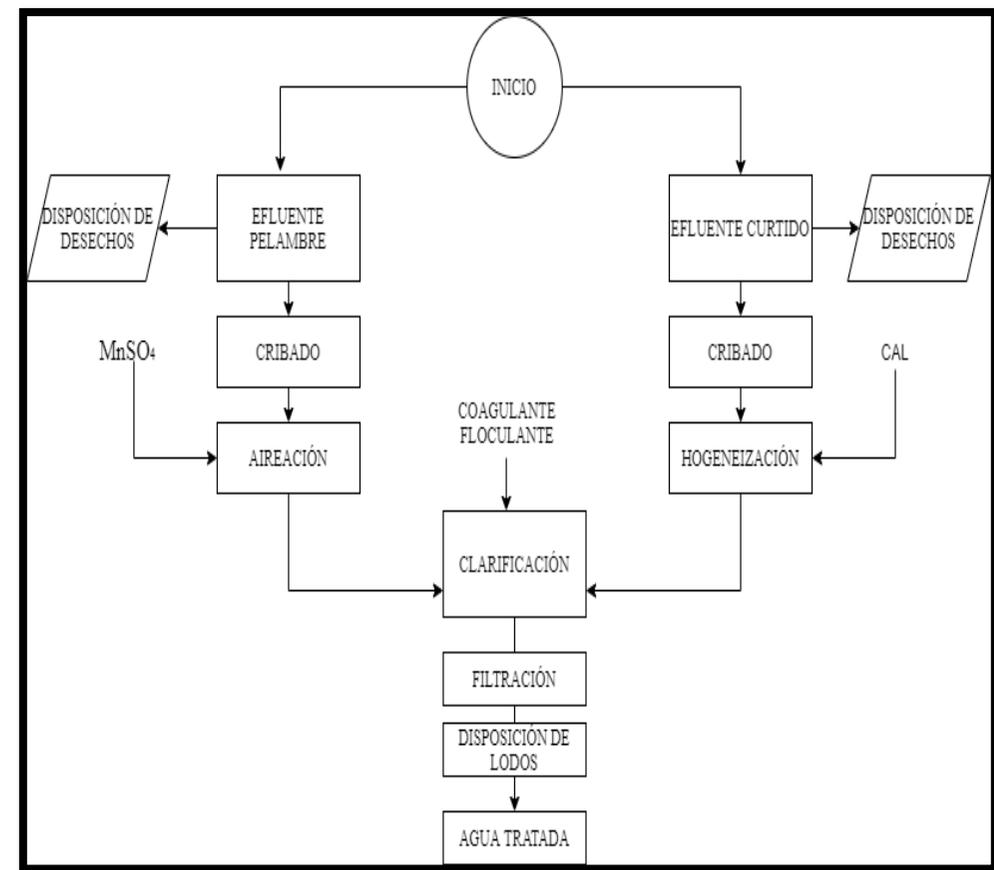
### 3.2.7.5 Propuesta de Rediseño del sistema actual de tratamientos del agua residual generada en la curtiduría Pico.

Por medio de los análisis realizados a escala laboratorio y las pruebas de tratabilidad se evidencio que la curtiduría pico no cumple con uno de sus principales objetivos que es remover los contaminantes debido a la inexistencia de un correcto sistema de tratamiento de las aguas residuales. Por lo que es necesario el rediseño de ciertos sistemas que conforman la planta de tratamientos junto a la propuesta de nuevos equipos o instrumentos que aportaran mejores resultados.

Antes del Rediseño



Después del Rediseño



**Figura 5-1:** Sistema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Antes y después del rediseño

### 3.2.8 Cálculos del Rediseño

#### 3.2.8.1 Caudal Experimental de la etapa de pelambre

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Q</b>	Caudal	L
<b>V</b>	Volumen	m <sup>3</sup>
<b>t</b>	Tiempo	s

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

$$Q = \frac{10L}{4.37}$$

$$Q = 2.285 \text{ L/s}$$

#### 3.2.8.2 Caudal de corrección

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Qc</b>	Caudal de corrección	L/s
<b>Q</b>	Caudal experimental	L/s
<b>f</b>	Factor de mayorización	-

$$Qc = Q * f$$

$$Qc = 2.285 * 0,3$$

$$Qc = 0.686 \text{ L/s}$$

#### 3.2.8.3 Caudal de diseño

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Qc</b>	Caudal de corrección	L/s
<b>QD</b>	Caudal de Diseño	L/s
<b>Q</b>	Caudal experimental	L/s

$$QD = Q + Qc$$

$$QD = 2.285 \text{ L/s} + 0.686 \text{ L/s}$$

$$QD = 2.971 \text{ L/s}$$

$$QD = 0.002971 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$QD = 256.69 \text{ m}^3/\text{d}$$

#### 3.2.8.4 Caudal Experimental de la etapa de curtido

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Q</b>	Caudal	L
<b>V</b>	Volumen	m <sup>3</sup>
<b>t</b>	Tiempo	s

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

$$Q = \frac{10L}{5.10}$$

$$Q = 1.96 \text{ L/s}$$

### 3.2.8.5 Caudal de corrección

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Qc</b>	Caudal de corrección	L/s
<b>Q</b>	Caudal experimental	L/s
<b>f</b>	Factor de mayorización	-

$$Qc = Q * f$$

$$Qc = 1.96 * 0,3$$

$$Qc = 0.588 \text{ L/s}$$

### 3.2.8.6 Caudal de diseño

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Qc</b>	Caudal de corrección	L/s
<b>QD</b>	Caudal de Diseño	L/s
<b>Q</b>	Caudal experimental	L/s

$$QD = Q + Qc$$

$$QD = 1.96 \text{ L/s} + 0.588 \text{ L/s}$$

$$QD = 2.548 \text{ L/s}$$

$$QD = 0.002548 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$QD = 220.16 \text{ m}^3/\text{d}$$

### 3.2.8.7 Canal de Entrada

Se realizó un seguimiento entre el dimensionamiento del canal y el caudal de descarga de los efluentes contaminados, donde se evidenció que la medida del canal existente es de 0.45m x 0.45 m siendo apto en altura y ancho, lo que previene el desbordamiento de las aguas residuales que circulan.

### 3.2.8.8. Radio Hidráulico

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>RH</b>	Radio Hidráulico	m
<b>B</b>	Ancho del Canal	m
<b>H</b>	Altura del canal	m

$$\frac{B * H}{B + 2H}$$

$$RH = \frac{0.45 \text{ m} * 0.45 \text{ m}}{0.45 \text{ m} + 2 (0.45 \text{ m})}$$

$$RH = 0.139 \text{ m}$$

### 3.2.8.9 Velocidad de flujo en el canal

Para el cálculo de velocidad de flujo se aplicó la ecuación de Manning. El coeficiente de manning varía de acuerdo al tipo de material del conducto es por ello que se debe reconocer el coeficiente de rugosidad mediante la siguiente tabla:

**Tabla 30-1** : Coeficiente de manning para canales

Tipo de revestimiento	n
Ladrillos	0.013
Tablas, crecimiento de hongos o algas	0.015
Tablas gruesas contra vegetación	0.013
Tablas cepilladas, fijas	0.011
Membranas plásticas	0.027
Ladrillos, mortero de cemento	0.020
Hormigón, paredes rugosas	0.015
Ladrillo, paredes rugosas	0.013

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>v</b>	Velocidad de flujo	m/s
<b>RH</b>	Radio Hidráulico	m
<b>S</b>	Pendiente del canal	m/m
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad	-

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

$$v = \frac{1}{0.015} \cdot 0.139 m^{\frac{2}{3}} 0.20^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 5.65 m/s$$

### 3.2.9.0 Tanque de aireación para el agua de pelambre

La curtiduría pico cuenta con un recipiente de almacenamiento para el agua residual proveniente de la etapa de pelambre, mismo que se encuentra en óptimas condiciones y cuenta con la estructura para poder implementar el sistema de aireación para reducir costos.

**Tabla 31-1 : Dimensiones del tanque de aireación**

Variable	Medida ( m )
Base	1.85
Altura	1.20
Profundidad	1.85

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.2.9.1 Volumen del tanque

$$V_{TA1} = b_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

Símbolo	Descripción	Unidades
$V_{TA1}$	Volumen del tanque de aireación	m <sup>3</sup>
$b_{TA}$	Base del tanque	m
$h_{TA}$	Altura del tanque	m
$L_{TA}$	Profundidad del tanque	m

$$V_{TA1} = 1.85 * 1.20 * 1.85$$

$$V_{TA1} = 4.10 \text{ m}^3$$

### 3.2.9.2 Caudal del aire en función de DB0<sub>5</sub>

Se hace en relación al valor más alto de DB0<sub>5</sub> obtenido:

Símbolo	Descripción	Unidades
$Q_A$	Caudal del Aire	m <sup>3</sup> /min
$mg \text{ DB05/L}$	Concentración	mg/L
QD	Caudal de Diseño	m <sup>3</sup> /d

$$Q_A = \frac{mgDB05}{L} * \frac{1Kg \text{ DB05}}{1 * 10^6 mg \text{ DB05}} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{256.69m^3}{dia} * \frac{154m^3 \text{ aire}}{1kg \text{ DB05}} * \frac{1 dia}{24 horas} * \frac{1 hora}{60min}$$

$$Q_A = \frac{5520mgDB05}{L} * \frac{1Kg \text{ DB05}}{1 * 10^6 mg \text{ DB05}} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{256.69m^3}{dia} * \frac{154m^3 \text{ aire}}{1kg \text{ DB05}} * \frac{1 dia}{24 horas} * \frac{1 hora}{60min}$$

$$Q_A = 151.53 \frac{m^3}{min}$$

### 3.2.9.3 Presión Hidrostática

Símbolo	Descripción	Unidades
$P_{H20}$	Presión del agua	PSI
$\rho$	Densidad	Kg/ m <sup>3</sup>
$g$	Gravedad	m/s
$h_{TA}$	Altura del tanque	m

$$P_{H20} = \rho * g * h_{TA}$$

$$P_{H20} = 991 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 1.20m$$

$$P_{H20} = 11655.33 \text{ Pascales}$$

$$P_{H20} = 1.690 \text{ PS}$$

### 3.2.9.4 Presión Absoluta

Símbolo	Descripción	Unidades
$P_{abs}$	Presión absoluta	psi
$P_{atm}$	Presión atmosférica	psi
$P_{H20}$	Presión del agua	psi

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H20}$$

$$P_{abs} = 14.7 \text{ PSI} + 1.690 \text{ PSI}$$

$$P_{abs} = 16.39 \text{ psi}$$

### 3.2.9.5 Variación térmica en el aire de compresión

Símbolo	Descripción	Unidades
$\Delta T_{ac}$	Variación térmica	°C
$T_A$	Temperatura Ambiente	°C
$P_{abs}$	Presión absoluta	psi
$P_{atm}$	Presión atmosférica	psi
$\eta$	Eficiencia de compresión	%

$$\Delta T_{ac} = \frac{T_A}{\eta} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0.283} \right] - 1$$

$$\Delta T_{ac} = 9.46^\circ C$$

### 3.2.9.6 Temperatura de salida del aire

Símbolo	Descripción	Unidades
$T_{As}$	Temperatura de salida del aire	°C
$\Delta T_{ac}$	Variación térmica	°C
$T_A$	Temperatura Ambiente	°C

$$T_{As} = T_A + \Delta T_{ac}$$

$$T_{As} = 21^\circ C + 9.46^\circ C$$

$$T_{As} = 30.46^\circ C$$

### 3.2.9.7 Potencia del compresor

Símbolo	Descripción	Unidades
$P_c$	Potencia del compresor	Hp
$Q_A$	Caudal del aire	$ft^3/min$
$P_{abs}$	Presión absoluta	psi
$P_{atm}$	Presión atmosférica	psi
$\eta$	Eficiencia de compresión	%

$$P_c = \frac{0.22 Q_A}{\eta} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_c = \frac{0.22 * 4745 ft^3/min}{0.75} \left[ \left( \frac{16.39 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_c = 43.84 ft^3 * \text{psi}/\text{min}$$

$$P_c = 0.189 \text{ Hp}$$

### 3.2.9.8 Factor de seguridad del compresor

$$W = P_c + (P_c) * 0.3$$

$$W = 0.189 \text{ Hp} + (0.189 \text{ Hp}) * 0.3$$

$$W = 0.25 \text{ hp}$$

### 3.2.9.9 Diámetro de los orificios del compresor

Símbolo	Descripción	Unidades
$D_{OC}$	Diámetro de los orificios del compresor	m
$d_b$	Diámetro de burbuja	m
$g$	Gravedad	$m/s^2$
$\rho_{h20}$	Densidad del agua	$Kg/m^3$
$\rho_a$	Densidad del aire	$Kg/m^3$
$\sigma$	Tensión Superficial	N/m

$$D_{OC} = \frac{d_b^3 * g * (\rho_{h20} - \rho_a)}{6 * \sigma}$$

$$D_{OC} = \frac{(0.006m)^3 * 9.81m/s^2 * (1000 \frac{kg}{m^3} - 1.28 \frac{kg}{m^3})}{6 * 0.08 \frac{N}{m^3}}$$

$$D_{OC} = 0.004m$$

### 3.3.0.0 Número de orificios del difusor

Símbolo	Descripción	Unidades
N	Numero de orificios	Orificios
$D_t$	Diámetro de la tubería	mm
$d_o$	Diámetro del orificio	mm

$$N = \frac{0.7 * D_t}{d_o}$$

$$N = \frac{0.7 * 0.080}{0.004}$$

$$N = 14 \text{ Orificios}$$

### 3.3.0.1 Características y cálculo del tanque de homogeneización para el agua residual de curtido

El agua residual generado en la etapa de curtido es almacenado en un tanque con las siguientes dimensiones:

**Tabla 32-1:** Dimensiones del tanque de homogeneización

Variable	Medida ( m )
Base	2.50
Altura	1.20
Profundidad	2.00

Realizado: Alejandro Martínez 2021

### 3.3.0.2 Volumen del tanque

Símbolo	Descripción	Unidades
$V_{TA2}$	Volumen del tanque homogeneización	$m^3$
$b_{TA}$	Base del tanque	m
$h_{TA}$	Altura del tanque	m
$L_{TA}$	Profundidad del tanque	m

$$V_{TA2} = b_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

$$V_{TA1} = * 2.50 * 1.20 * 2.00$$

$$V_{TA1} = 6 m^3$$

### 3.3.0.3 Tanque de floculación

Las aguas resultantes de las etapas de pelambre y curtido al pasar por los tratamientos de aireación y agitación conocidos como un tratamiento primario deben continuar con un tratamiento más intenso como es el de coagulación y floculación en un tanque con una paleta de agitación al cual se le incorporan ciertos químicos para la descontaminación de los efluentes. Con la finalidad de reducir costos se realizará un bosquejo de un solo tanque debido a que los periodos en que se realizan estos dos procesos superan un tiempo de 24 horas demostrando que primero se dará un tratamiento a la primera agua de pelambre y luego se continuará con la segunda de curtido.

Cabe señalar que en el diseño de este tanque también se incluye un agitador de paletas el cual será diseñado en base al dimensionamiento.

Se partió identificando la capacidad del tanque ya sea en el primer o segundo proceso en situaciones de mayor y menor capacidad de producción de la curtiduría, obteniendo que la capacidad máxima del bombo es de 250 pieles.

**Tabla 33-1** Variables del tanque de floculación

<b>Parámetro</b>	<b>Medida (m)</b>
Radio Inferior	1.25
Radio Superior	0.2
Altura total del tanque	1.80
Altura del cono	0.50

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Los cálculos que se muestra a continuación corresponden al sistema de agitación para los dos tipos de aguas:

### 3.3.0.5 Volumen de floculador

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
<b><math>V_f</math></b>	Volumen del floculador	$m^3$
<b>R</b>	Radio Superior	m
<b>r</b>	Radio Inferior	m
<b>H</b>	Altura total	m
<b>h</b>	Altura del cono	m

$$D = 2R$$

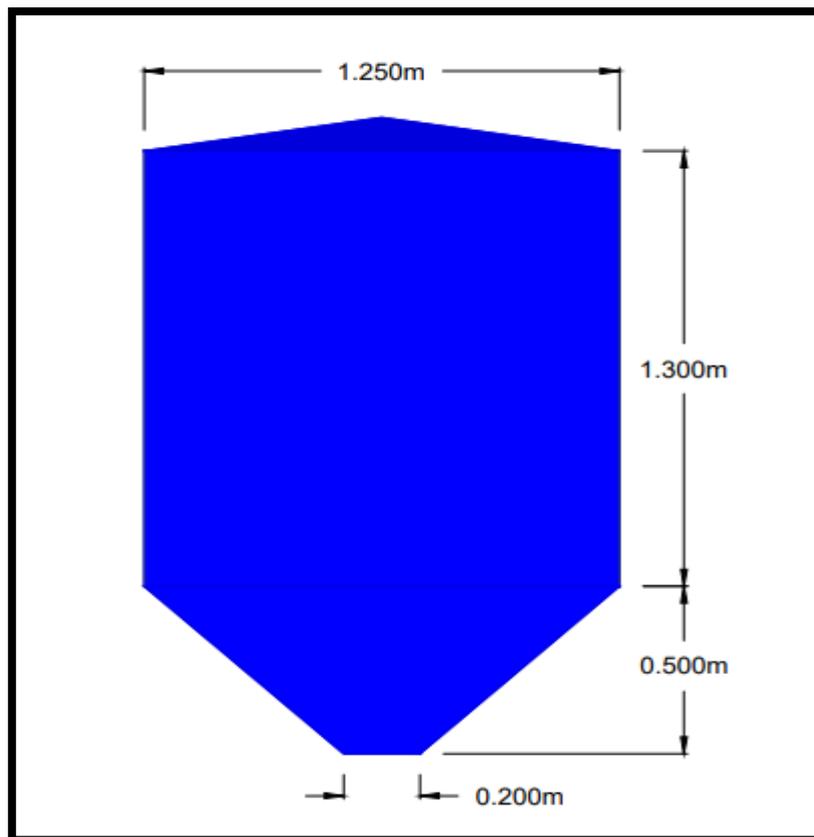
$$V = A * h$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

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

$$V_f = [\pi * R^2 * (H - h)] + \frac{\pi}{3} * h * (R^2 + r^2 + R * r)$$

$$V_f = 1.844 \text{ m}^3$$



**Figura 6-1:** Dimensiones del tanque floculador en metros

Elaborado por: Alejandro Martínez

### 3.3.0.6 Gradiente de velocidad

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>G</b>	Gradiente de velocidad	1/s
<b>n</b>	Velocidad del giro de paletas	rpm

$$G = 0.25 * n^{1.25}$$

$$G = 0.25 * 600^{1.25}$$

$$G = 742.4s^{-1}$$

El valor máximo de mezcla del coagulante en el agua residual es de 600 rpm.

### 3.3.0.7 Tiempo de retención

El tiempo de retención se calcula en relación al gradiente de velocidad por medio de la siguiente tabla :

**Tabla 34-2** Tiempos de retención

Características	Rango de gradiente de velocidad ( $s^{-1}$ )	Tiempo de retención $T_R$	Unidades de tiempo
Mezclado rápido	250-1500	5-20	segundos
Mezclado rápido con filtración de contacto	1500-7500	< 5	segundos
Floculación	10-80	10-30	minutos
Floculación con filtración de contacto	30-150	2-5	minutos

**Realizado:** Alejandro Martínez 2021

Se tiene un rango de tiempo de retención de cinco a veinte segundos.

### 3.3.0.8 Potencia del mezclador

Características del agua residual:

- Viscosidad dinámica del agua:  $0.0016 \text{ N*s/m}^2$
- Densidad del agua:  $1040 \text{ Kg/m}^3$

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>Wm</b>	Potencia del mezclador	W
<b>G</b>	Gradiente de velocidad	1/s
<b>V<sub>f</sub></b>	Volumen del floculador	$m^3$
<b>μ</b>	Viscosidad dinámica	$\text{N*s/m}^2$

$$W_m = G * \mu * V_f$$

$$W_m = 742.41/s * 0.0016\text{N*s/m}^2 * 1.844\text{m}^3$$

$$W_m = 2191 \text{ W}$$

$$W_m = 3hp$$

### 3.3.0.9 Área transversal de paletas

Símbolo	Descripción	Unidades
$A_p$	Área transversal de paletas	$m^3$
$W_m$	Potencia del mezclador	hp
$\vartheta$	Coefficiente de resistencia al avance de paletas	-
$\rho$	Densidad del agua	$\frac{kg}{m^3}$
$V_p$	Velocidad de paletas	m/s

$$A_p = \frac{2 * W_m}{\vartheta * \rho * V_p}$$

$$A_p = \frac{2 * 3hp}{1.8 * 1040 \frac{kg}{m^3} * 1.804m/s}$$

$$A_p = 1.3m^2$$

A continuación, se presentan los cálculos de la potencia de la bomba que es necesaria para el transporte del agua residual desde los tanques al floculador.

Consideraciones:

- El límite de velocidad es de 2m/s con la finalidad de prevenir pérdidas de fricción.
- El caudal con el que se llena el tanque es de 1.844 m<sup>3</sup>/s

#### 3.3.1.0 Diámetro de la tubería

Símbolo	Descripción	Unidades
$Q$	Caudal de salida	m <sup>3</sup> /s
$d$	Diámetro de la tubería	m
$V$	Velocidad final	m/s

$$\frac{1.844}{120s} = 0.0153 \frac{m^3}{s}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q * 4}{V * \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.0153 * 4}{2m/s * \pi}}$$

$$d = 0.0987m = 4\text{pulg}$$

### 3.3.1.1 Numero de Reynolds

Símbolo	Descripción	Unidades
$N_{Re}$	Número de Reynolds	-
$v$	Velocidad final	m/s
$d$	Diámetro de la tubería	m
$\mu$	Viscosidad dinámica	Kg/ms
$\rho$	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>

$$N_{Re} = \frac{v * d * \rho}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{2m/s * 0.0987m * 1040 \frac{kg}{m^3}}{0.016 Kg/m * s}$$

$$N_{Re} = 128310$$

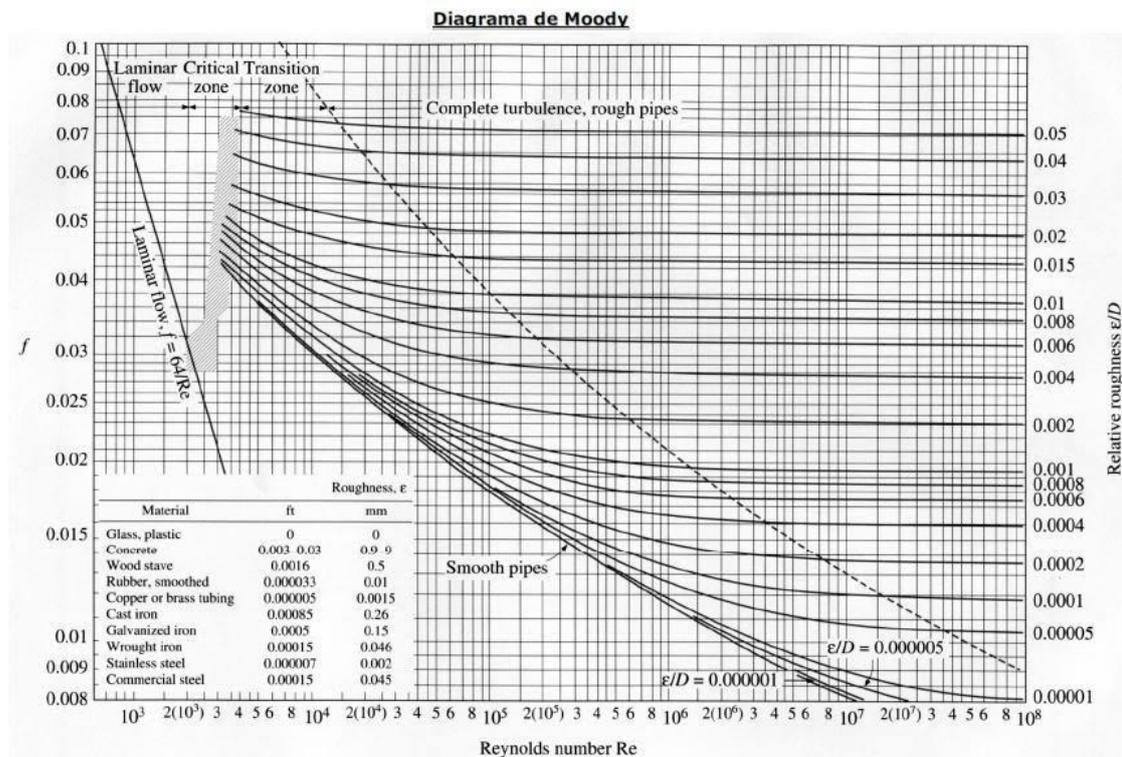
### 3.3.1.2 Factor de fricción

Datos:

$$N_{Re} = 128310$$

$$k/d : 2.6 \times 10^{-5}$$

$$f: 0.017$$



**Figura 7-1:** Diagrama de Moody

Fuente: (Lievano,2017)

Donde:

f: factor de ficción y  $\varepsilon/d$ : Coeficiente de rugosidad

### 3.3.1 Dosificación del coagulante y floculante

#### 3.3.1.3 Calculo de dosis de coagulante policloruro de aluminio PAC

La simulación se lo realizo a escala laboratorio, donde se agregó policloruro de aluminio al 2% en 500ml de agua sometido a un tratamiento primario, dando como resultado que la concentración optima es de 40 ppm.

Símbolo	Descripción	Unidades
$Do_{PAC}$	Dosis óptima del PAC	Kg/carga
$C_{PAC}$	Concentración PAC	Ppm
$V_C$	Volumen del agua de curtido	L

$$Do_{PAC} = V_C * C_{PAC}$$

$$Do_{PAC} = 4500L * 100 \frac{mg}{L} * \frac{kg}{1 * 10^6}$$

$$Do_{PAC} = 0.45 \frac{kg * PAC}{Carga}$$

Se necesita emplear una carga de 0.45 Kg de PAC al mes para tratar el agua residual proveniente del proceso de curtido de 100 pieles.

#### 3.3.1.4 Dosis del polímero aniónico

A escala laboratorio se identificó que la dosis optima del polímero aniónico al 2% es de 20 ppm en un litro de agua residual

Símbolo	Descripción	Unidades
$Do_{FC}$	Dosis óptima del floculante aniónico	Kg/carga
$C_{PAC}$	Concentración optima de PAC	Ppm
$V_s$	Volumen del sedimentador	L

$$Do_{FC} = V_S * C_{PAC}$$

$$Do_{FC} = 4500L * 20 \frac{mg}{L} * \frac{kg}{1 * 10^6}$$

$$Do_{FC} = 0.09 \frac{kg * FC}{Carga}$$

$$Do_{FC} = 90g * FC / Carga$$

De igual manera emplea 90 gramos de polímero aniónico al mes para el curtido de 100 pieles en la curtiembre Pico.

### 3.3.1.5 Constante de accesorios

Los accesorios empleados para el sistema de transporte de agua tratada hacia el tercer tanque perteneciente a la PTAR son tubos y codos de Policloruro de Vinilo (PVC).

Cantidad	Accesorio	Constante
4	Codos de 90°C	1
4	Tubos de 4 pulg	0.9

$$k = 4 * 0.9 = 3.60$$

### 3.3.1.6 Perdidas de fricción

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>hf</b>	Perdidas de fricción	m
<b>hf<sub>l</sub></b>	Perdidas primarias	m
<b>hf<sub>m</sub></b>	Perdidas Secundarias	m
<b>l</b>	Longitud de la tubería	m
<b>d</b>	Diámetro de tubería	m
<b>f</b>	Factor de fricción	-
<b>k</b>	Constante de accesorios	-

$$\sum hf = h_{fl} + h_{fm}$$

$$h_{fl} = f * \frac{l * v^2}{d * 2 * g}$$

$$h_{fl} = 0.017 * \frac{8m * (2m/s)^2}{0.0987m * 2 * (9.81m/s^2)}$$

$$h_{fl} = 0.280m$$

$$h_{fm} = k * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{fm} = 3.6 * \frac{2^2}{2(9.81m/s^2)}$$

$$h_{fm} = 0.733m$$

$$\sum hf = h_{fl} + h_{fm}$$

$$\sum hf = 0.280m + 0.733$$

$$\sum hf = 1.013m$$

### 3.3.1.7 Altura de carga

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>H</b>	Altura de carga	m
<b>P<sub>2</sub></b>	Presión inicial	Pa
<b>P<sub>1</sub></b>	Presión final	Pa
<b>v</b>	Velocidad final	m/s
<b>vo</b>	Velocidad inicial	m/s
<b>ρ</b>	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
<b>g</b>	Gravedad	m/s <sup>2</sup>

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} + \frac{v^2 - vo^2}{2 * g} + (z - z_o) + \sum hf$$

$$H = 0 + \frac{(2m/s^2 - 0^2)}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + (4m - 0) + 1.013m$$

$$H = 5.21m$$

### Potencia de la bomba

Símbolo	Descripción	Unidades
<b>P<sub>b</sub></b>	Potencia de la bomba	Hp
<b>H</b>	Altura de carga	M
<b>ρ</b>	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
<b>ε</b>	Eficiencia de la bomba	-

$$P_b = \frac{H * Q * \rho}{75 * \epsilon}$$

$$P_b = \frac{5.21m * 0.0153 \frac{m^3}{s} * 1040kg/m^3}{75 * 0.65}$$

$$P_b = 1.7hp$$

### 3.3.1.8 Factor de seguridad de la bomba

$$F_s = P_b + P_b * 0.3$$

$$F_s = 1.7hp + (1.7hp) * 0.3$$

$$F_s = 2.21hp$$

### 3.4 Resultados de los cálculos de Equipos

**Tabla 35-3:** Cálculos correspondientes al caudal de agua de pelambre

Variable	Símbolo	Dimensión
Caudal experimental	Q	2.285 L/s
Caudal de diseño	Q <sub>c</sub>	0.686 L/s
Caudal de corrección	Q <sub>D</sub>	256.69 m <sup>3</sup> /día

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 36-4 :** Cálculos correspondientes al caudal de agua de curtido

Variable	Símbolo	Dimensión
Caudal experimental	Q	1.96 L/s
Caudal de diseño	Q <sub>c</sub>	0.588 L/s
Caudal de corrección	Q <sub>D</sub>	220.16 m <sup>3</sup> /día

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 37-5** Características del canal de entrada

Variable	Símbolo	Dimensión
Ancho del canal	B	0.45m
Radio Hidráulico	RH	0.139 m
Velocidad de flujo	v	5.65 m/s
Área transversal	A <sub>T</sub>	0.2025 m <sup>2</sup>
Altura del tanque	H	0.45m

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 38-6:** Rejilla de limpieza manual en la etapa de pelambre

Variable	Símbolo	Dimensión
Longitud	L <sub>B</sub>	0.42 m
Separación entre barras	s	0.010 m
Espesor	e	10 mm
Número de barras	N <sub>B</sub>	22
Longitud sumergida en el agua	L <sub>s</sub>	0.36 m

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 39-7 :** Características del sistema de aireación para el agua residual de pelambre

<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dimensión</b>
Volumen del tanque de aireación	$V_{TA}$	4.10m <sup>3</sup>
Caudal del aire	$Q_A$	151.53 m <sup>3</sup> /min
Temperatura de salida del aire	$T_{AS}$	30.46°C
Diámetro de los orificios del difusor	$D_{OD}$	0.004m
Numero de orificios	N	14 orificios
Diámetro de la tubería	d	3in
Potencia del compresor	W	0.25hp
Material de la tubería	-	Hierro Galvanizado
Difusor	-	Hierro Galvanizado

**Realizado por:** Alejandro Martínez**Tabla 40-8 :** Características del sistema de homogeneización para el agua residual de curtido

<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dimensión</b>
Volumen del tanque de homogeneización	$V_{TAI}$	6 m <sup>3</sup>
Base	B	2.50 m
Altura	H	1.20 m
Longitud	L	2.00 m

**Realizado por:** Alejandro Martínez**Tabla 41-9:** Sistema de Bombeo del agua residual

<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Dimensión</b>
Caudal	Q	
Diámetro de la tubería para bombeo	d	4in
Tipo de material	-	PVC
Potencia de la bomba	$P_b$	1.7 hp
Factor de seguridad de la bomba	$F_s$	2.21hp

**Realizado por:** Alejandro Martínez

**Tabla 42-1:** Características del diseño del floculador

Variable	Símbolo	Dimensión
Volumen del floculador	Vf	1.844 m <sup>3</sup>
Potencia del mezclador	W <sub>M</sub>	3hp
Gradiente de velocidad	G	742.4 s <sup>-1</sup>
Tiempo de retención del mezclador	tr	5s
Área transversal de la paleta	Ap	1.3 m <sup>2</sup>
Forma de la paleta	-	Rectangular con 4 pares de paletas
Altura de la paleta	hp	0.40m
Ancho de la paleta	ap	0.55m

Realizado por: Alejandro Martínez

### **3.4.1. Reactivos necesarios para el sistema de la planta de tratamientos de la curtiduría Pico**

El buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se verá influenciada por el uso de químicos:

- Coagulante químico PAC
- Floculante polímero anionico
- CAL
- Sulfato de manganeso

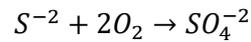
En cada subproceso los químicos cumplen una función determinada para el tratamiento de aguas residuales:

Policloruro de aluminio (PAC): Es una sal inorgánica con alta eficiencia ya que puede formar en un menor tiempo floculos de menor tamaño precipitando sólidos disueltos y materia orgánica por hidrolisis.

Floculante aniónico: Es un polímero de alto peso molecular que tiene como función aglomerar las partículas de la coagulación debido a que sus polielectrolitos aceleran la sedimentación además de actuar como clarificante por decantación estática.

CAL: Es un compuesto altamente básico que permite aumentar la basicidad del agua residual proveniente del curtido y post curtido dando como resultado la precipitación del cromo.

Sulfato de manganeso: Es un catalizador que al entrar en contacto con aire ayuda a la eliminación de sulfuros del agua residual de la etapa de pelambre por oxidación de aireación reduciendo tiempo e insumos. Se oxida el sulfuro a sulfato con  $2\text{g O}_2/\text{g S}^{-2}$



### **3.4.2 Descripción del Sistema de Operación de la planta de tratamientos de la curtiduría Pico**

La planta de tratamientos de aguas residuales de la curtiduría Pico inicia con el almacenamiento de las aguas de la etapa de pelambre y curtido en dos tanques distintos, lo que permite que el tratamiento sea de acuerdo a la contaminación de químicos presentes en cada etapa, a continuación las aguas ingresan al floculador que al añadir el coagulante PAC y el Floculante anionico permiten la remoción de solidos suspendidos, disueltos y material particulado en lodos, teniendo como resultado una agua clarificada o tratada que puede ser recirculada y los lodos que tendrán una disposición final. Este sistema de operación se la realiza optimizando costos para la curtiduría al hacer uso de los mismos equipos y materiales existentes en la empresa lo que beneficia espacio, tiempo y costos.

#### **✚ Tratamiento Primario del agua de Ribera**

El agua que se obtiene de la etapa de ribera se divide en el agua proveniente de ribera y en el agua producto del lavado de pieles.

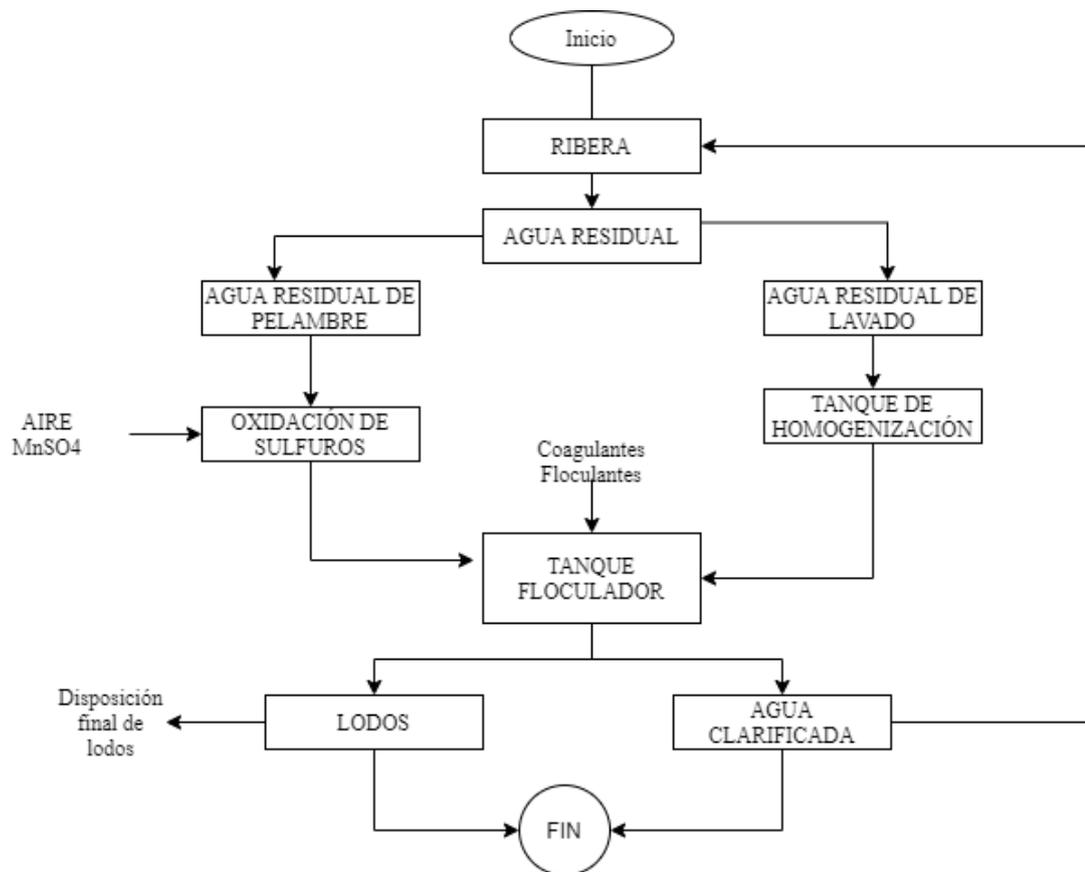
La etapa de pelambre es muy importante y es la que se debe tratar ya que es aquí donde se adicionan químicos como sulfuro de sodio lo que provoca que el agua se contamine con sulfuros. Frente a este problema se ha propuesto que los sulfuros sean oxidados a sulfatos por aireación aplicando un difusor de aire que estará conectado a un compresor y adicionando un catalizador en un tiempo prolongado de cinco a seis horas.

#### **✚ Tratamiento Secundario del agua de Ribera**

El agua es transportada hacia el floculador, al ingresar a este equipo se inicia con una agitación del efluente por su sistema de mezclado con las mayores revoluciones según su capacidad durante un minuto a continuación, se añade el coagulante Ploricloruro de aluminio que ayuda a desestabilizar las partículas suspendidas, este sistema se lo realiza por un tiempo de 20 minutos.

Seguidamente se añade el polímero aniónico bajando la velocidad a su mínimo este proceso permite la formación de floculos que por su peso descienden al cono inferior del equipo formando lodos y en la parte superior permanece el agua clarificada

Finalmente, los lodos tendrán una disposición final en una piscina que serán removidos manualmente y desechados en el relleno sanitario, por otro lado, el agua clarificada se recirculara para el lavado de pieles.



**Grafico 9-1** Diagrama del tratamiento de las aguas de la etapa de pelambre

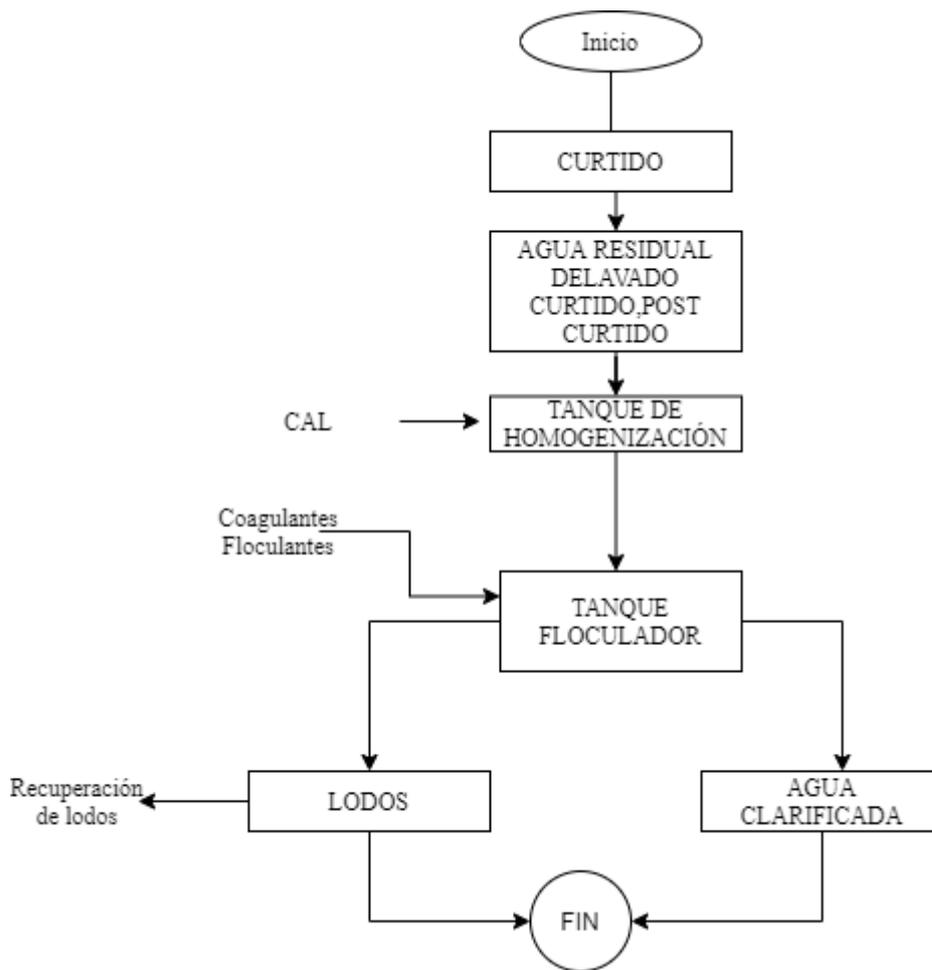
Realizado por: Alejandro Martínez

### ✚ Tratamiento del agua de curtido

El agua resultante de esta etapa de curtido, post curtido y la re direccionada de lavado se encuentra contaminada en grandes cantidades de cromo para lo cual es almacenada inicialmente en un tanque.

En el tanque se realizará una adición de cal para alcalinizar el agua con un valor superior a 8 de pH esto permitirá remover con mayor facilidad el cromo.

El tratamiento secundario será el mismo que del proceso de ribera ya que por sus diferentes periodos ingresan en distintos horarios las aguas a flocular permitiendo optimizar costos en el diseño de un solo floculador



**Grafico 10-2:** Diagrama del tratamiento de las aguas de la etapa de curtido

Realizado por: Alejandro Martínez

### 3.4. 3 Distribución de la Planta de tratamientos de Aguas Residuales

Para la distribución de la planta se tomó en cuenta el espacio y la movilidad de equipos, se identificó la existencia de tanques y piscinas que no se encuentran en funcionamiento o que no realizan algún cargo en específico, sin embargo, estas pueden ser aprovechadas mediante el rediseño que se propone.

En referencia a estos puntos no se realiza ninguna modificación espacial a excepto de receptor el espacio idóneo donde se coloca el floculador ya que este debe situarse junto o lo más cercano a los tanques donde se almacenan las aguas de pelambre y curtido que han pasado por un tratamiento primario mismas que serán transportadas por tuberías, accesorios y bombas además de estar al lado o sobre la piscina situada para la disposición de lodos.

### 3.4.4 Tecnología empleada

Los equipos y materiales que conforman los insumos tecnológicos necesarios para el desarrollo óptimo de la Planta de tratamiento de aguas residuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 33-1:** Equipo y material tecnológico para el diseño de la PTAR

<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Características</b>	<b>Costo \$</b>	<b>Observación</b>
<i>Tubería</i>	4 in	PVC	7.80/m	
<i>Codos</i>	4 in	PVC	6.50/U	
<i>Tubería</i>	3 in	Hierro galvanizado	22/m	
<i>Codos</i>	3 in	Hierro galvanizado	8.50/U	
<i>Válvula anti retorno</i>	3 in	Hierro galvanizado	23/U	
<i>Paletas</i>	1.7 m2	Hierro galvanizado	80/U	
<i>Difusor circular</i>	...	Hierro galvanizado	100/U	
<i>Tanque floculador</i>	1.75 m3	Hierro galvanizado	0	EXISTENTE
<i>Vaso de precipitación</i>	1000mL	vidrio	15/U	
<i>Pipeta</i>	10mL	vidrio	7/U	
<i>Varilla de agitación</i>	15cm	vidrio	2.50/U	
<i>Compresor</i>	2hp	...	0	EXISTENTE
<i>Motor eléctrico para mezclador</i>	3hp	...	160/U	
<i>Bomba</i>	2hp	...	280/U	
<i>Balanza</i>	...	Digital	25/U	
<i>Potenciómetro</i>	...	...	20/U	

Realizado por: Alejandro Martínez

### 3.4.5 Relación Costo/ Beneficio

Según (Ortega, 2012) El análisis de costos beneficio toma una decisión directa sobre un proyecto por medio de la comparación de distintas alternativas tomando en cuenta si los costos sobrepasan el problema y si la solución tiene altos costos, sin embargo las mejoras son mayores en aspecto monetario y social.

El costo hace referencia al instrumento usado para el control y toma de decisiones por medio de la comparación de resultados que buscan nuevas soluciones, mientras el beneficio es la ganancia obtenida de una inversión calculada por medio de los costos totales menos los ingresos totales (Diaz, 2017).

El beneficio principal para la curtiduría pico es el cuidado del ambiente y el de sus trabajadores a través del rediseño de la planta de tratamientos que posee, ya que al realizar nuevas implementaciones evitara costos mayoritarios de multas por parte de los organismos de control ambiental.

**Tabla 34-2:** Costos de instrumentaría y equipos necesarios para el rediseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales

N°	RUBRO	CANTIDAD	MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Materiales					
1	<i>Tubería</i>	10	4 in	7.80/m	78.00
2	<i>Codos</i>	4	4 in	6.50/U	26.00
3	<i>Tubería</i>	12	3 in	22/m	264.00
4	<i>Codos</i>	8	3 in	8.50/U	68.00
5	<i>Válvula anti retorno</i>	1	3 in	23/U	23.00
6	<i>Paletas</i>	1	1.7 m2	80/U	80.00
7	<i>Difusor circular</i>	1	...	100/U	100.00
8	<i>Tanque floculador</i>	1	1.75 m3	0	0
9	<i>Vaso de precipitación</i>	3	1000mL	15/U	45.00
10	<i>Pipeta</i>	2	10mL	7/U	14.00
11	<i>Varilla de agitación</i>	1	15cm	2.50/U	2.50
Equipos					
12	<i>Compresor</i>	1	2hp	...	0
13	<i>Motor eléctrico para mezclador</i>	1	3hp	160/U	160.00
14	<i>Bomba</i>	1	2hp	280/U	280.00
15	<i>Balanza</i>	1	...	25/U	25.00
16	<i>Potenciómetro</i>	2	...	20/U	40.00
Otros					
17	<i>Mano de Obra</i>	...	...	700\$	700.00
<b>PRECIO TOTAL ESTIMADO</b>					<b>1950.50</b>

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 35-1:** Costos mensuales de insumos empleados en el tratamiento de la PTAR

Insumo	Caudal (L//S)	Concentración utilizada	Precio Unitario	Cantidad	P.Total
PAC	585273	40	1.05	12	12.6
Polímero Aniónico	585273	8	5.4	2	10.8
Cal	18000	4000	0.3	60	18
Sulfato de Manganeso	18000	1000	1.27	15	19.05
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>60.45</b>

Realizado por: Alejandro Martínez

**Tabla 44-2:** Costos totales del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

Costo de instrumentos y Equipos	Costo de Insumos	Costo total
1950.50	60.45	2010.95

Realizado por: Alejandro Martínez

#### 4.1 Presupuesto y cronograma del proyecto

##### 4.1.1 Presupuesto

**Tabla 43-3.** Presupuesto Recursos Económicos

DETALLE	VALOR	CANTIDAD
Recursos Propios	1500	74.6%
Recursos externos	510.95	25.4%

Realizado por: Alejandro Martínez

##### 4.1.2 Cronograma

Actividades	1er mes				2do mes				3er mes				4to mes				5to mes				6to mes			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación bibliográfica.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Preparación del proyecto de titulación.	x	x	x	x																				
Revisión y aprobación del proyecto técnico.					x	x																		
Progreso del trabajo de titulación.							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Presentación del informe final del trabajo de titulación.																					x	x		
Sustentación oral.																							x	x

Realizado por: Alejandro Martínez

## CONCLUSIONES

- Se diagnosticó el sistema actual de tratamiento de aguas residuales con el que cuenta la curtiduría Pico, donde se corroboró la inexistencia de insumos químicos y los equipos de aireación y un floculador necesarios para la descontaminación del agua residual causantes de la contaminación al medio ambiente por lo que se realizó una caracterización Físico-Química inicial obteniendo que los parámetros más alarmantes son las grandes concentraciones de DBO5, DQO y DTS además de evidenciar una contaminación mayor con sulfuros debido a la adición de  $\text{Na}_2\text{S}$  en la etapa de RIBERA incumpliendo la normativa ambiental establecida en la tabla 8 del Anexo I del libro VI de Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente.
- Por medio del valor obtenido de 0.2 correspondiente al índice de biodegradabilidad se estableció que el tratamiento más óptimo para el agua residual de la curtiembre Pico es el Físico Químico, por lo que se aplicó a escala laboratorio el tratamiento de Coagulación y Floculación Química mediante el equipo de jarras seleccionando como coagulante el Policloruro de aluminio que permite una remoción de hasta el 57.71% y como floculante el polímero aniónico con un porcentaje de remoción de hasta el 67.80%, de igual manera se estudió la concentración a la que deber ser aplicada a escala industrial siendo 0.45 kg de PAC por cada lote que conlleva el curtido de 100 pieles y 90 gramos de floculantes por lote.
- Las variables con las que se trabajó en el rediseño para la etapa de pelambre en la PTAR fueron el caudal de entrada y de salida , velocidad de flujo, volumen, concentración de sulfato de manganeso y tiempo de retención para el sistema de oxidación de sulfuros mediante aireación; seguido de las variables de velocidad y el área transversal de las paletas para el sistema de agitación en conjunto del volumen, gradiente de velocidad y las concentraciones de los coagulantes y floculantes del tanque floculador.
- Se desarrolló cálculos de ingeniería en el dimensionamiento de los instrumentos y equipos necesarios para el rediseño de la PTAR como fueron las rejillas de limpieza manual para capturar los residuos del cribado, el canal de entrada de sección rectangular para el transporte del agua residual, el difusor para el sistema de oxidación, un tanque de homogenización y finalmente un floculador circular de tipo cónico para la clarificación del agua.

- Se obtuvo como resultado de la caracterización del agua sometida a los ensayos propuestos los siguientes resultados Turbidez 127.7 NTU, DBO<sub>5</sub> 256.3 mg/l, DQO 251.3 mg/l, Sulfuros 17.7 mg/l Sulfatos 67 mg/l, STD 173.3 mg/l SSD 127.7 mg/l y Aceites y grasas 32.3 mg/l, demostrando que en los principales parámetros se tiene un porcentaje de remoción mayor al 50% incluso en los parámetros más alarmantes de DQO, DBO<sub>5</sub>, STD y sulfuros se llega a remover hasta un 90% lo que permite cumplir con las normativas vigentes estipuladas por el Ministerio de Ambiente y Agua ente que regula en el Ecuador .

## RECOMENDACIONES

- Ejecutar el plan de rediseño por parte de la curtiduría de esta forma disminuiría considerablemente la contaminación actual y se beneficiaría al no recibir multas por parte del Ministerio del Ambiente y Agua además de resguardar la integridad de los habitantes aledaños a su empresa.
- Se recomienda recuperar el cromo de los lodos obtenidos del agua de la etapa de curtido, antes de ser desechados en el relleno sanitario ya que existen determinados métodos que pueden favorecer económicamente a la curtiembre y ecológicamente al ambiente.
- Se debe especificar lugares de almacenamiento para los químicos con los que se va a tratar las aguas, instrumentos de protección y equipos para resguardar su funcionamiento y prevenir accidentes laborales.
- Realizar la caracterización de las aguas residuales antes de ingresar a la PTAR y luego de ella cada seis meses, con la finalidad de evidenciar el buen funcionamiento del rediseño y el no ocasionar contaminación.
- Es indispensable brindar a los trabajadores de la curtiembre capacitaciones del nuevo funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales como el uso correcto de los equipos empleados y la adición exacta de los químicos para que no exista ningún tipo de alteración o pérdidas económicas para la curtiembre.

## **GLOSARIO**

**Aireación:** Operación que consiste en inyectar aire a un volumen de agua contenido para reaccionar con aditivo químico y disminuir la carga de contaminantes biológicos (Gómez, 2016)

**Biodegradación:** Descomposición de elementos químicos constituidos en el agua por acción de elementos biológicos (Arbeli, 2009)

**Caracterización:** Determinación de las cantidades y el contenido que engloba la materia en suspensión después de un proceso (Ochoa, 2005)

**Coagulación:** Proceso aplicado al agua residual utilizando aditivos para favorecer en la sedimentación de sólidos (Martinuzzo, 2017)

**Curtido:** Etapa en la que se provee estabilidad física y química a una piel para prevenir la putrefacción (Trujillo, 2018)

**Efluente:** Flujo de materia en estado líquido resultante de un proceso (Yascaribay, 2017).

**Ribera:** Serie de operaciones aplicadas a una piel para eliminar pelo o lana en el proceso de curtido (Trujillo, 2018).

**Suspensión:** Compuesto químico heterogéneo que surge de la mezcla de un líquido con coloides (Lima, 2011).

**Turbidez:** Capacidad de transparencia que se evidencia en el agua resultante de un proceso (Medina, 2016).

## BIBLIOGRAFÍA

**ABIA, L.** " EL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES CONTAMINADAS CON SULFUROS" – Intacta. [en línea], 2017, pp, 27-32 [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://intacta.es/el-tratamiento-de-aguas-industriales-contaminadas-con-sulfuros/>.

**AGUAS MENDOZA, Y., OLIVERO VERBEL, R., MERCADO MARTÍNEZ, I., CURY REGINO, K., MARTÍNEZ BETANCOURT, C. y PARIS PÉREZ, A.** " Análisis del tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarte en curtiembres". *Ingenierías USBMed* [en línea], 2016, vol. 7, no. 1, pp. 20-25. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 2027-5846. DOI 10.21500/20275846.1809. Disponible en: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/1809>.

**ALVAREZ, S.G., MALDONADO, M., GERTH, A. y KUSCHK, P.** " Caracterización de Agua Residual de Curtiduría y Estudio del Lirio Acuático en la Recuperación de Cromo". *Informacion Tecnologica* [en línea], 2004, vol. 15, no. 3, pp. 75-80. [Consulta: 17 febrero 2021]. ISSN 07180764. DOI 10.4067/s0718-07642004000300012. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642004000300012&lng=es&nrm=iso&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000300012&lng=es&nrm=iso&tlng=e).

**ARBELI, Z.**" BIODEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP): I. EL CASO DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB) Biodegradation Of Persistent Organic Pollutants (POPs): I The Case Of Polychlorinated Biphenyls (PCB)". *Acta biol. Colomb* [en línea]. 2009, pp 3, S.l.: [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: [http://www.pops.int/documents/convtext/convtext\\_sp.pdf](http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_sp.pdf).

**ARCOS NÚÑEZ, D.** "Análisis de alternativas para el tratamiento de efluentes industriales de curtiembres. Caso de estudio: Picaihua, Tungurahua" [en línea]. S.l.: Quito, 2018. [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19435>.

**ARELLANO, J.A.** Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el teñido en la Curtiduría TUNGURAHUA S.A. [en línea] (Trabajo de titulación) ( Tercer Nivel) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Ecuador. 2019. pp. 34-39 [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3642>.

**ARTUZ, L. y MARTÍNEZ, S.** *Las industrias curtiembres y su incidencia*. 12 ed. Barcelona-España ,2018, pp .16-45.

**BALLESTEROS, Y. V, PATIÑO, P.J. y RAMÍREZ CALLEJAS.** " IMPACTO GENERADO POR LOS VERTIMIENTOS DE LAS CURTIEMBRES EN CORRIENTES SUPERFICIALES

USANDO PRUEBAS DE TOXICIDAD IMPACT GENERATED BY DUMPING OF SURFACE CURRENTS USING TANNING IN TOXICITY TESTS" 2009, pp 21, S.l.: [Consulta: 16 junio 2021].

BANCHÓN, C., BAQUERIZO, R., MUÑOZ, D. y ZAMBRANO, L. " Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*" [en línea] 2016, vol. 7, no. 4, pp. 111-126. [Consulta: 25 febrero 2021]. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v7n4.118. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.

**CARREÑO SAYAGO, U.F.**" Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*" *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea], 2016. vol. 18, no. 2, pp. 74. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 0123-3475. DOI 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/52271>.

**CARREÑO, U.F.**" Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*" *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2016, vol. 18, no. 2, pp. 74. ISSN 0123-3475. DOI 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271.

**CASTRO, G.**" Evaluación de enmiendas en el proceso de compostaje de residuos de curtiembres" . [en línea]. 2016, pp 17 [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2878>.

**CHAFLA, P.C., OCHOA, V., PARRA, R. y DE LA TORRE, S.** " Estudio de un sistema físico-químico a escala prototipo de tratamiento de aguas residuales provenientes de una curtiembre " [en línea]. S.l.: Quito, 2016. [Consulta: 16 marzo 2021]

**COLOTTA, G.S.** " REUSO DE CROMO EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE UNA CURTIEMBRE". *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* [en línea], 2005, vol. 8, no. 2, pp. 61-67. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 1726-2208. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/5427>.

**CÓRDOVA, M.** " Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza acomplejantes de cromo" [en línea]. 2014, pp 32, [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2014000300005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300005).

**CORREDOR RIVERA, J.L.** " El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: Cuenca alta del río Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* " [en línea], 2006, vol. 16, no. 2, pp. 14-28. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 0124-8170. DOI 10.18359/rcin.1230. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1230>.

**DARLY, A.** "Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales a escala industrial para los efluentes del procesamiento de pieles" [en línea]. 2010, pp 12, [Consulta: 24 febrero 2021]

**DIAZ, A.** " El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas" . [en línea]. 2017, [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612017000200022](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022).

**DUARTE, E.** " REMOCIÓN DE CROMO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES USANDO QUITOSAN OBTENIDO DE DESECHOS DE CAMARON" 2009, pp 34 , ISSN 0122-1701.

**DUQUES, E.** " SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS" . [en línea]. 2016, [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>.

**ELVIRA, M.M. y PARRA, L.** *Estudio Técnico Elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión* 6 ed. Barcelona-España ,2018, pp .56-78.

**GALARZA, C.** " Normas ambientales y competitividad en las pymes del sector curtiembre de Ambato-Ecuador " [en línea]. 2016, pp 32- 40 [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5803854>.

**GÓMEZ, D.** " El Rol de la Aireación Superficial en el Tratamiento de Efluentes | Fluence" [en línea]. 2016, pp 16 [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <https://www.fluencecorp.com/es/el-rol-de-la-aireacion-superficial-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>.

**GUZMÁN, K.** " Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles " . [en línea] 2010, pp 19, [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v4n4/v4n4a02.pdf>.

**HARNISTH, A. y LOMBEIDA, L.** "Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. [en línea]. (Trabajo de titulación) ( Tercer Nivel) S.l.: Quito: Universidad Central del Ecuador. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9724>.

**HIDALGO, J.** "Diseño de una planta de tratamiento primario para las aguas residuales de una curtiembre con base en la flotación con aire inducido (IAF) en un clarificador de platos inclinados. [en línea]. (Trabajo de titulación) ( Tercer Nivel) S.l.: Quito, 2015. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11363>.

**LIBERAL, V.** " Una alternativa de optimización del sistema de tratamiento de efluentes de una

curtiembre en Salta, Argentina" . [en línea]. 2010, pp 34 [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/100789>.

**LIMA, J.** " Contaminantes provenientes de la Industria de Curtiembres y Alternativas de Tratamiento" [en línea]. 2011, pp 18, [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <https://www.natzone.org/index.php/areas-de-investigacion/contaminacion-y-tratamiento/item/94-contaminantes-provenientes-de-la-industria-de-curtiembres-y-alternativas-de-tratamiento>.

**MIRANDA, J.T., ROXS, M.C. y GAITÁN, A.M** " Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres ". *Revista de la Facultad de Medicina* [en línea] 2004, vol. 52, no. 1, pp. 50-61. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 0120-0011. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/43297>.

**MARCONI, D.** " PROCESO DE CURTIDO, TEÑIDO Y ACABADOS DE LAS PIELES DE OVEJA MEDIANTE UN TAMBOR DE CURTIDO EN FORMA ARTESANAL" [en línea] 2010, pp 16-19

**MARTINUZZO, M.** " Sistema de coagulación Blood Coagulation System Physiology " [en línea] 2017, pp 37-47

**MERA, Y.** " VARIABLE INDICADOR Agua Turbidez (JTU) " [en línea] 2016, pp 67 . S.l.: [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://www.dmcca.es/documentum/publicaciones/manual2008.pdf>.

**MOLINA, J.R.** " LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CURTIDURÍA TUNGURAHUA Y LA NORMATIVA LEGAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS LÍQUIDOS PROVENIENTES DE CURTIEMBRES " [en línea] 2015 pp 56, [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/8515>.

**MUÑOZ PAZ, V., LONGA CUAYLA, V., CARREÑO ARISPE, A. y AGUILAR FRANCO, J.** " Diseño, evaluación y validación de un sistema de tratamiento de efluentes del proceso de curtido de pieles: caso Pieles del Sur E.I.R.L. *Enfoque*" [en línea], 2020, vol. 11, no. 2, pp. 85-94. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoque.v11n2.542.

**OCHOA, J.** " Caracterización estadística del afluente y efluente de EDARS: Aplicación a plantas ubicadas en polos turísticos" [en línea] 2005, pp 43. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1113917>.

**ORTEGA, A.** " Análisis Coste-Beneficio. *eXtoikos*, ISSN-e 2173-2035, N°. 5, 2012, págs. 147-149 [en línea]. S.l.: Instituto Econospérides" [en línea] 2012, pp 64. [Consulta: 21 febrero 2021].

Disponible en: [www.bepress.com/jbca/vol2/](http://www.bepress.com/jbca/vol2/).

**ORTIZ, N.** " APROVECHAMIENTO DE CROMO ELIMINADO EN AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES (SAN BENITO, BOGOTÁ), MEDIANTE TRATAMIENTO CON SULFATO DE SODIO" . [en línea] 2015, [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321733015009.pdf>.

**QUEZADA, R.** " Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres "[en línea] 2019, pp 45, [Consulta: 16 marzo 2021]

**QUISHPE, Á., DE LA TORRE, E. y GUEVARA, A.** " Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química, adsorción con carbón activado y rizofiltración" *Revista Politécnica* [en línea], 2012. S.l.: [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/200](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/200).

**RIOS, C.A.** " Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres " - Dialnet. [en línea]. 2012, [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117725>.

**SÁNCHEZ, V.** Rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría San Vicente de la ciudad de Ambato. [en línea]. 2019, S.l.: (Trabajo de titulación) ( Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13807>.

**TRUJILLO, L.** El Proceso de Curtido. [en línea] 2018, (Trabajo de titulación) ( Tercer Nivel).Ecuador [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: [http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso\\_de\\_curtido.htm](http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso_de_curtido.htm).

**VARGAS, D.** " Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba Alternative of process of tanning with high depletion of Chromium for the traditional tanneries of the city of Cochabamba. *ACTA NOVA*" [en línea] S.l. 2018, pp 21

**VERGARA, K.** " SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS" [en línea] . S.l.: 2018, pp 65

**VIÑÁN, J.P.** " Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Curtiduría José Laura de la provincia de Tungurahua" [en línea] 2019, [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13116>.

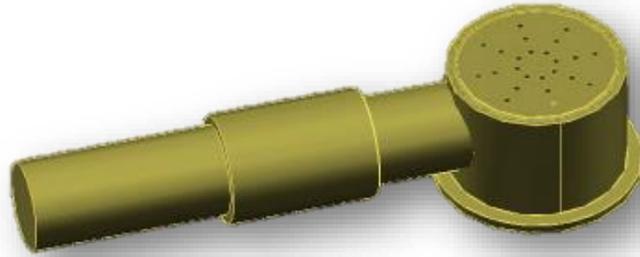
**YASCARIBAY, V.** " TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CURTIEMBRE EN EL CANTON CUENCA MEDIANTE LA APLICACIÓN DOSIFICADA DE EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos" [en línea] . S.l.: 2017, pp 43

**YULIER, S., BUITRAGO, M. y ROMERO COCA, J.A.** " REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LAS CURTIEMBRES EN SUS PROCESOS Y PRODUCTOS: UN ANÁLISIS DE SU COMPETITIVIDAD\* CURRENT STATE REVIEW OF THE INDUSTRY OF TANNERIES IN ITS PROCESSES AND PRODUCTS: A COMPETITIVENESS ANALYSIS" *rev.fac.cienc.econ* [en línea], 2018 vol. 1, pp. 113-124. [Consulta: 16 marzo 2021]. DOI 10.18359/rfce.2357. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>.

## ANEXOS

### Anexo A : DIFUSOR EMPLEADO EN LA OXIDACIÓN DE SULFUROS

Difusor y válvula antirretorno



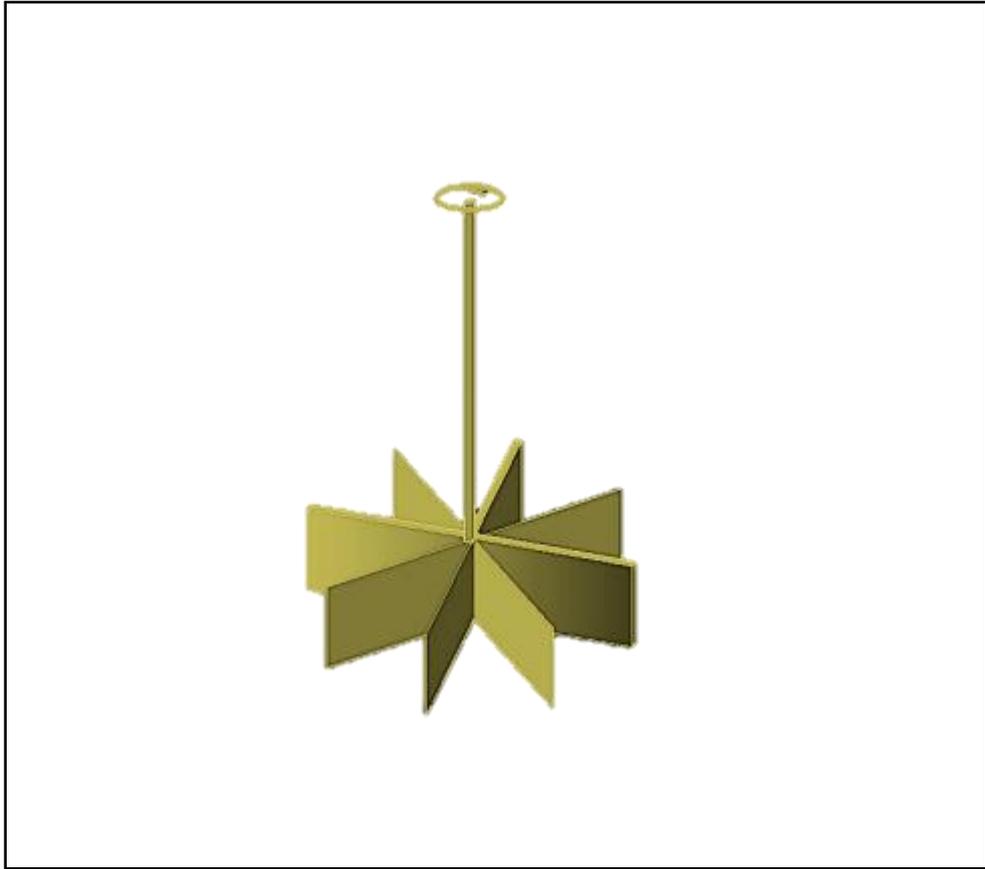
Vista lateral derecha del difusor



Vista superior de la placa



**ANEXO B: PALETA DE AGITACIÓN**



ANEXO C : ANÁLISIS DE LABORATORIO

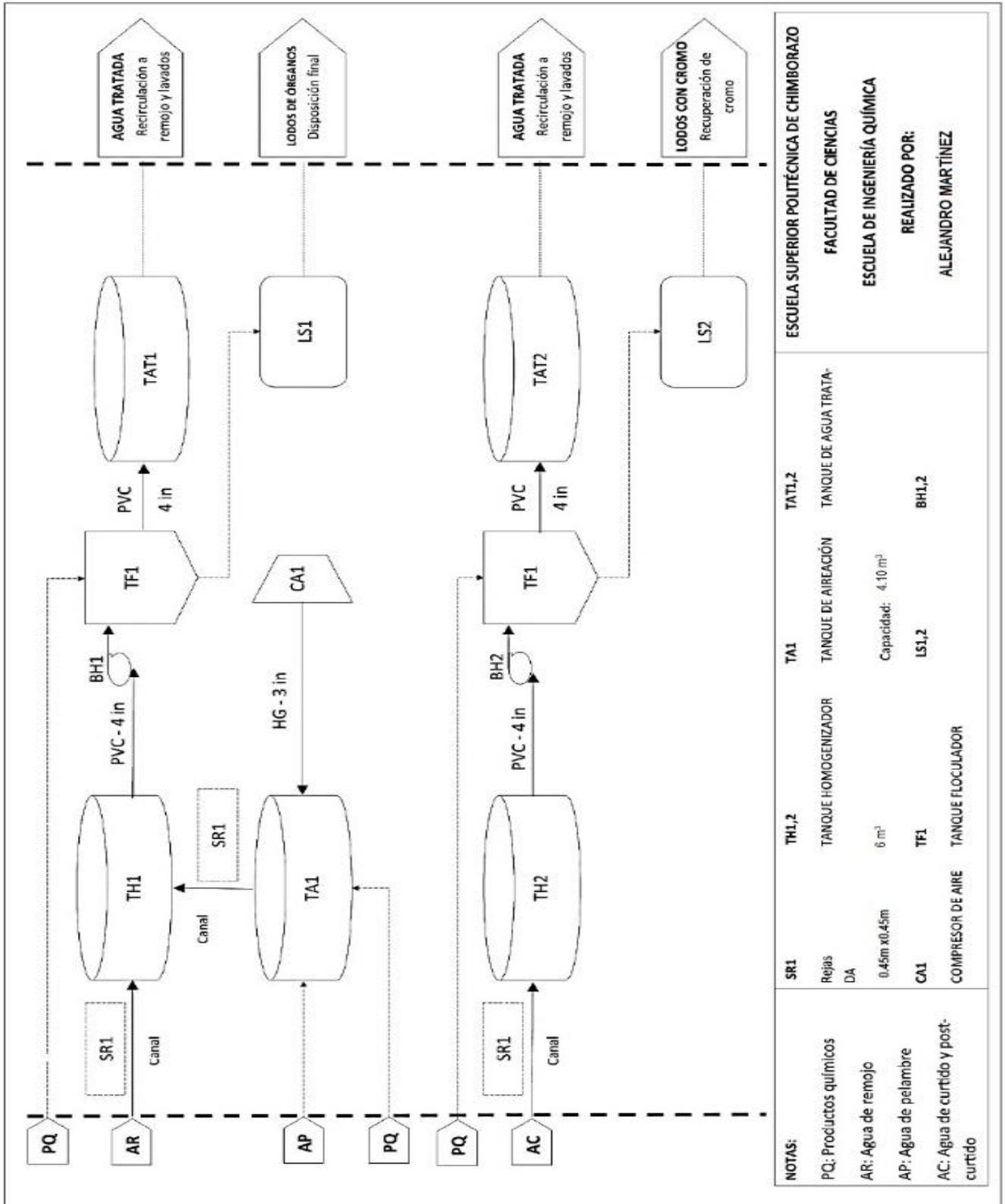


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">SPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p style="text-align: center;">Alejandro Martínez</p>	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR		
Caracterización del agua residual Prueba de Jarras	Certificado Aprobado Por aprobar		ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	10/2/2021	2

**Anexo D : TULSMA, TABLA 8, LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO**

<b>TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
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
Ci nc	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 <sup>10</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	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
Mangane so total	Mn	mg/l	10,0
Me rcurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kje dahl	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 Total e s	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	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 E: DIAGRAMA P & ID REDISEÑO DE LA PTAR



NOTAS:	SR1	TH1,2	TA1	TAT1,2	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
PQ: Productos químicos	Rejas DA	TANQUE HOMOGENIZADOR	TANQUE DE AIREACIÓN	TANQUE DE AGUA TRATADA	FACULTAD DE CIENCIAS
AR: Agua de remojo	0.45m x 0.45m	6 m <sup>3</sup>	Capacidad: 4.10 m <sup>3</sup>		ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
AP: Agua de pelambre	CA1	TF1	LS1,2	BH1,2	REALIZADO POR:
AC: Agua de curtido y post-curtido	COMPRESOR DE AIRE	TANQUE FLOCULADOR			ALEJANDRO MARTÍNEZ

## Anexo F -1 : ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA ANTES DEL REDISEÑO

 <b>LABCESTTA</b> TECNOLOGÍA Y CALIDAD	<b>DEPARTAMENTO: ANALITICALAB</b>	 Servicio de <b>Acreditación Ecuatoriano</b> Acreditación N° SAE LEN 18-034 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b>
---	---------------------------------------	--

INFORME DE RESULTADOS No: A-876-20

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
<b>NOMBRE CLIENTE:</b>	CURTIDURIA PICO	<b>ATENCIÓN A:</b>	José Luis Valladares Pico
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ambato, Av Indoamérica	<b>TELÉFONO:</b>	2452204
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua (Residual)	<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Descarga final
<b>CÓDIGO CLIENTE:</b>	A-14	<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO, RESPONSABLE:</b>	NA

### INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	LABCESTTA S.A	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	01
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO:</b>	15/12/2020 12:40	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	15/12/2020 19:21	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	15/12/2020 - 28/12/2020
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:</b>	28/12/2020	<b>CÓDIGO LABORATORIO:</b>	AL-A-876-20
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Luis Albán	<b>COORDENADAS:</b>	17M 766924/9863539
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C		

### RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	7,92	±0,2	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H*B	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	400	±14%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	250
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1400	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	500
Sólidos suspendidos totales	mg/L	3512	±4%	PE-AL-44 Standard Methods Ed.23.2017 2540 D	220
Tensoactivos	mg/L	0,98	±6%	PE-AL-45 Standard Methods Ed.23.2017 5540 C	2,0
Aceites y Grasas	mg/L	>139	±3%	PE-AL-34 Standard Methods Ed.23.2017 5520 B	70
*Caudal	L/s	1,90	-	Volumétrico	-
Fenoles	mg/L	0,038	±12%	PE-AL-06 Standard Methods Ed.23.2017 5530C	0,2

Sulfatos	mg/L	320	±10%	PE/AL/25 Standard Methods Ed.23.2017 4500 E SO <sup>4</sup>	400
Sulfuros	mg/L	>9	±6%	PE-AL-08 Standard Methods Ed.23.2017 4500 S <sup>2</sup> -C y D	1,0
Cromo Hexavalente	mg/L	<0,02	+25%	PE-AL-36 Standard Methods Ed.23.2017 3500 – Cr B	0,5
Temperatura	°C	16,7	±4%	PE-AL-52 Standard Methods Ed.23.2017 2550B	<40

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE; contemplan los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Anexo I del AM 097-A, solicitados por el cliente.
- Los ensayos marcados con (\*) están fuera del alcance de acreditación del SAE.

**AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:**



**LABCESTTA**  
TECNOLOGÍA Y CALIDAD  
RUC: 0963700001  
DIRECTOR TÉCNICO

**NOTAS:**

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

## Anexo F-2: ANÁLISIS DE AGUA TRATADA DEL PROCESO DE PELAMBRE

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba-Ecuador

---

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**  
Análisis solicitado por: Alejandro Martínez  
Fecha de Análisis: 10/03/2021  
Tipo de muestras: Agua Tratada del Proceso de pelambre, Curtidora Pico  
Localidad: Cantón Riobamba- Provincia de Chimborazo

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Análisis Químico**

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	8.8
Conductividad	µSiema/cm	2510-B	-	12.1
Color	Pt Co	-	-	55.3
Turbiedad	UNT	2130-B	-	127.7
Temperatura	°C	-	40	25.8
Sulfatos	mg/L	2400-SO <sub>4</sub> -H	1000	246.3
Sulfuros	mg/L	4500-SO <sub>4</sub> -E	1,00	17.7
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	251.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	256.3
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	173.3
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1,0	67
Aceites y Grasas	mg/l	-	70	32.5

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17<sup>ed.</sup>  
\*\*TULSMA TABLA 8. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

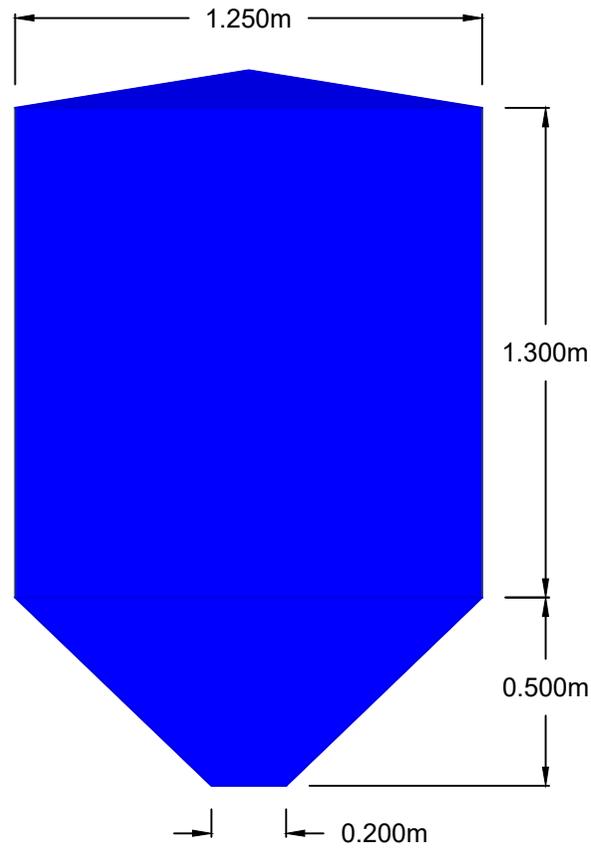
Observaciones:

Atentamente,



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

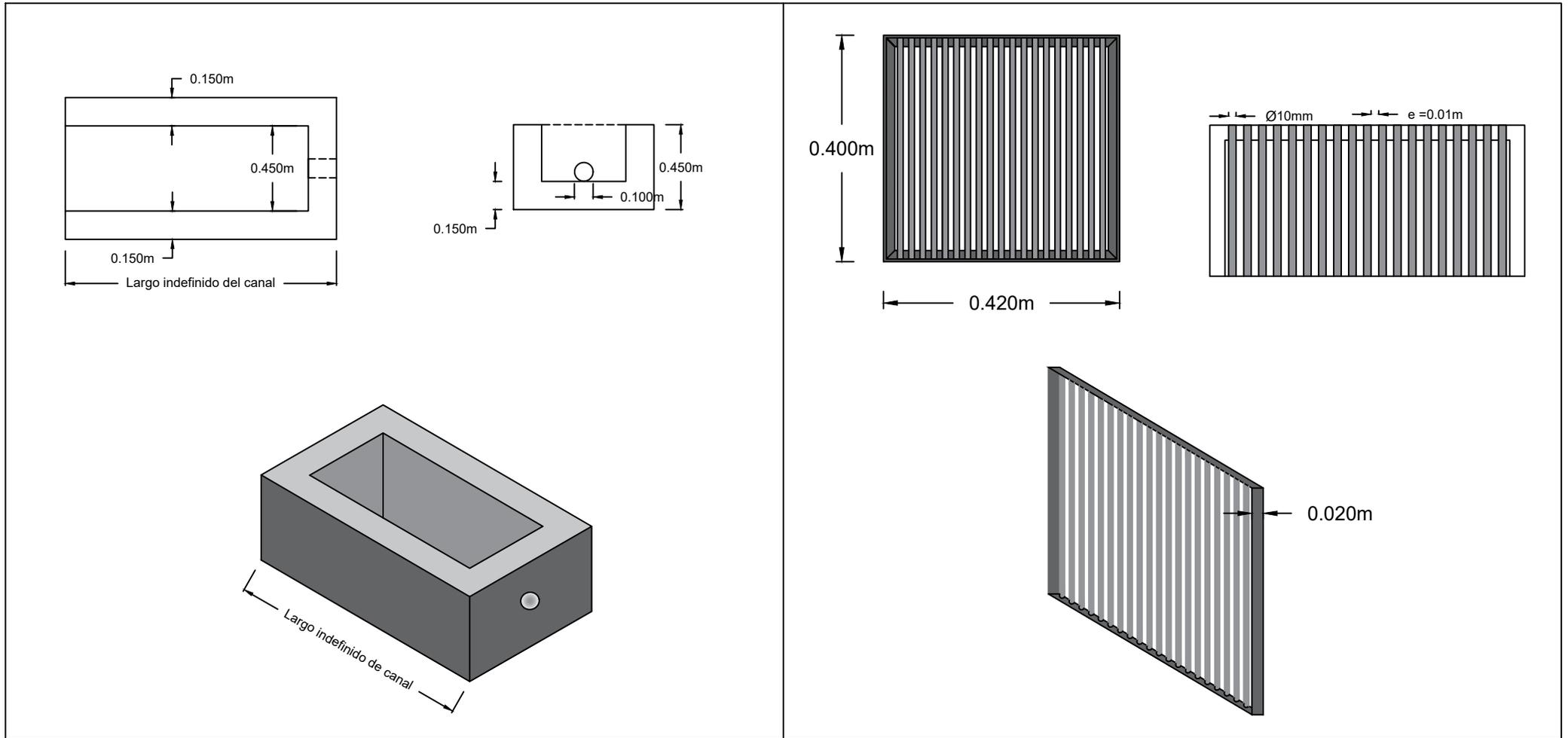
# ANEXO G: Tanque Floculador



TANQUE FLOCULADOR

NOTAS	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  Alejandro Martínez	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CUTIDURIA PICO DE LA PARROQUIA LA PENINSULA EN TUNGURAHUA		
	Certificado	Por eliminar		ESCALAS	FECHA	LÁMINA
	Aprobado	Por aprobar		1:20	09/03/2021	N° 1
	Por aprobar	Información				

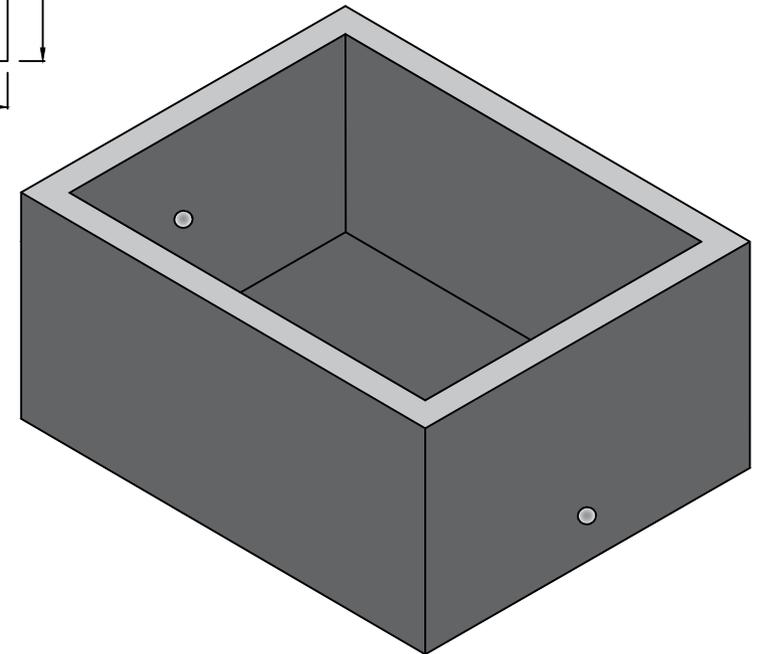
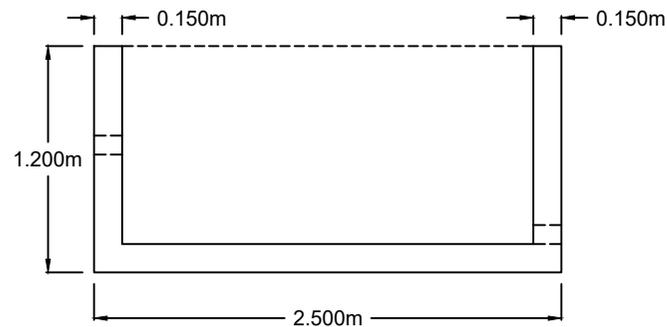
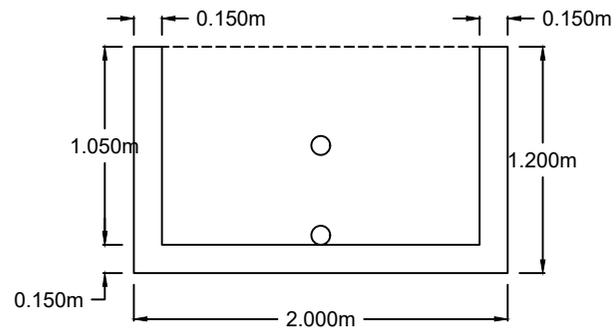
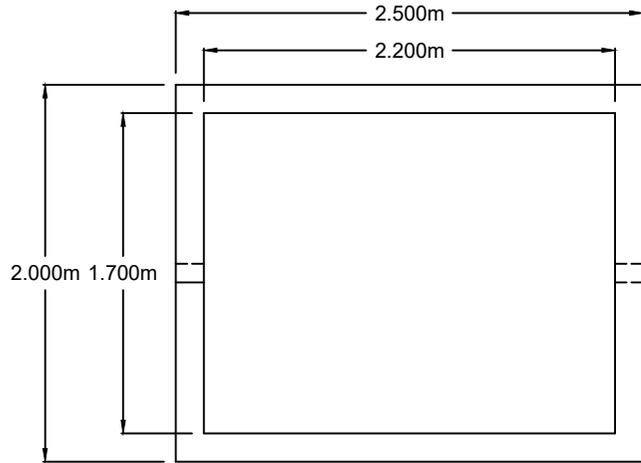
# ANEXO H: Canal de captación y sistema de rejillas para agua de pelambre



CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLAS PARA AGUA DE PELAMBRE

NOTAS	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CUTIDURIA PICO DE LA PARROQUIA LA PENINSULA EN TUNGURAHUA		
	Certificado      Por eliminar Aprobado          Por aprobar Por aprobar      Información	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> Alejandro Martínez	<b>ESCALAS</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
			1:30 - 1:10	09/03/2021	N° 2

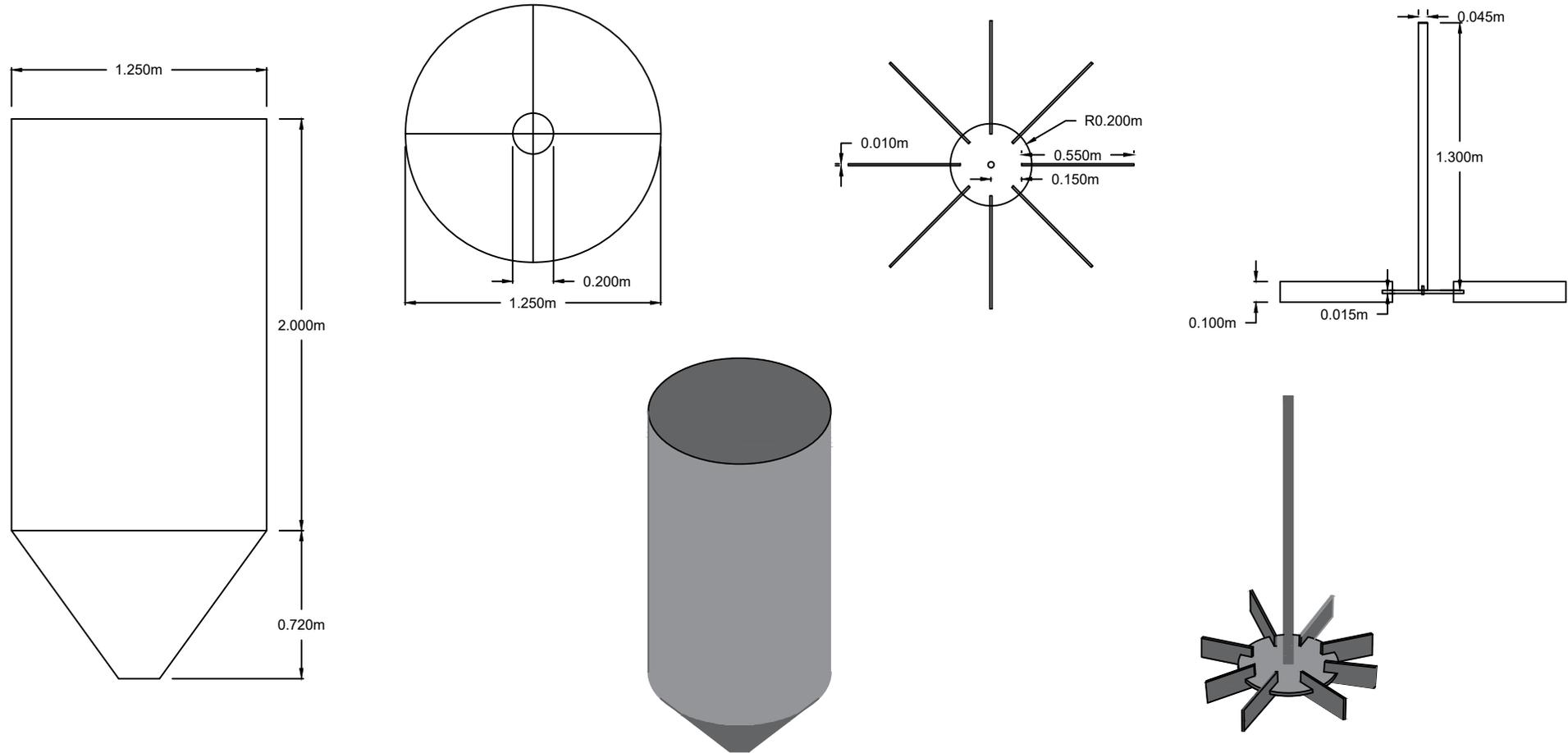
# ANEXO 1: Tanque de homogenización



TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

NOTAS		CATEGORIAS DEL DIAGRAMA		ESPOCH		
		Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  Alejandro Martínez		
		Aprobado	Por aprobar			
		Por aprobar	Información			
				REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CUTIDURIA PICO DE LA PARROQUIA LA PENINSULA EN TUNGURAHUA		
				<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
				1:40	09/03/2021	N° 3

# ANEXO K: Tanque sedimentador con su sistema de agitación



SEDIMENTADOR Y AGITADOR TIPO TURBINA DE 8 PALAS PLANAS

NOTAS	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA		ESPOCH	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CUTIDURIA PICO DE LA PARROQUIA LA PENINSULA EN TUNGURAHUA		
	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  Alejandro Martínez	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
	Aprobado	Por aprobar		1:30	09/03/2021	N° 4
	Por aprobar	Información				