



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

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL MEDIANTE PROCESOS MICROBIOLÓGICOS  
COMBINADOS EN LA TENERÍA DÍAZ CIA. Ltda. DE LA CIUDAD  
DE AMBATO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: ALEXANDER CHACHA JIMÉNEZ**

**DIRECTOR: ING. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO**

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Alexander Chacha Jiménez.

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

Yo, Alexander Chacha Jiménez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 enero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'ALEXANDER CHACHA', is written over a circular stamp. The signature is somewhat stylized and overlaps the stamp.

Alexander Chacha Jiménez

172510461-4



## **DEDICATORIA**

A mis padres, Salomón y Dolores del Rocío, ejemplos constantes de honestidad, humildad, perseverancia y amor infinito hacia sus hijos.

A mis hermanos, Boris, Kevin, Carolina, Edwin y Jareth, por ser mi apoyo incondicional.

A mi hija Isis Celeste, que la Esencia Sabia e Infinita del Universo siempre forje tu sapiencia mi pequeña valiente.

Alexander

## **AGRADECIMIENTO**

A Sandra Fabiola, por el apoyo y la ayuda constante.

Al Ing. Cesar Puente y la Ing. Danielita Borja, por guiarme en este trabajo en base a sus conocimientos a lo largo de sus actividades profesionales.

Alexander

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1	Identificación del problema .....	2
1.2	Justificación del problema .....	3
1.3	Línea Base del Proyecto .....	3
1.3.1	<i>Situación Actual</i> .....	3
1.3.2	<i>Propuesta de cambio</i> .....	4
1.4	Beneficiarios.....	5
1.4.1	<i>Beneficiarios Directos</i> .....	5
1.4.2	<i>Beneficiarios Indirectos</i> .....	5
1.5	Objetivos .....	6
1.5.1	<i>Objetivo General</i> .....	6
1.5.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	6
1.6	Localización del Proyecto .....	6

### CAPITULO II

2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
---	---------------------------	---

<b>2.1</b>	<b>Procesos biológicos</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Crecimiento bacteriano</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Tiempo de duplicación bacteriano</i></b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Fases en la curva de crecimiento bacteriano</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2.1</b>	<i>Fase de latencia</i> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2.2</b>	<i>Fase exponencial</i> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2.3</b>	<i>Fase estacionaria</i> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2.4</b>	<i>Fase de muerte exponencial</i> .....	<b>15</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Cinética bacteriana</i></b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Tasa de crecimiento</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.4.1</b>	<i>Condiciones ambientales</i> .....	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Procesos de Producción en la Tenería Díaz Cía. Ltda.</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Ribera</i></b> .....	<b>22</b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Curtido</i></b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b><i>Post curtido</i></b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.4</b>	<b><i>Acabado</i></b> .....	<b>30</b>

### **CAPITULO III**

<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de estudio</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Métodos y Técnicas</i></b> .....	<b>32</b>
<b>3.1.1.1</b>	<i>Métodos</i> .....	<b>32</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Técnicas</i></b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Parámetros a ser considerados en el análisis final.</i></b> .....	<b>35</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Índice de biodegradabilidad</i></b> .....	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Pruebas de tratabilidad biológica aplicadas</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Experimentación biológica ejecutada.</i></b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.1.1</b>	<i>Alimentación</i> .....	<b>44</b>

3.2.1.2	<i>Procesos Anaerobios</i> .....	45
3.2.1.3	<i>Procesos Aerobios</i> .....	47
3.2.1.4	<i>Sedimentación</i> .....	49
3.2.1.5	<i>Filtro Ascendente</i> .....	50
<b>3.3</b>	<b>Cálculos de ingeniería</b> .....	<b>52</b>
3.3.1	<i>Diseño del biorreactor anaerobio</i> .....	54
3.3.2	<i>Cálculos de la potencia de la bomba para transporte de agua residual de pelambre al biorreactor anaerobio</i> .....	57
3.3.3	<i>Diseño para el biorreactor aeróbico</i> .....	62
3.3.4	<i>Diseño del sedimentador</i> .....	65
3.3.5	<i>Diseño del filtro ascendente</i> .....	67
3.3.6	<i>Dimensionamiento de lecho de secado para lodos</i> .....	68
<b>3.4</b>	<b>Compendio de Resultados obtenidos</b> .....	<b>71</b>
3.4.1	<i>Materia y reactivos necesarios para llevar a cabo el tratamiento de agua residual procedente de ribera</i> .....	74
<b>3.5</b>	<b>Requerimiento de tecnología, equipos, maquinaria y análisis costo beneficio.</b> .....	<b>74</b>

## **CAPITULO IV**

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>78</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados de análisis obtenidos del agua residual de pelambre después de los tratamientos biológicos aplicados</b> .....	<b>78</b>
4.1.1	<i>Representación gráfica de parámetros tratados antes y después del tratamiento biológico.</i> .....	79
4.1.1.1	<i>Potencial hidrogeno</i> .....	79
4.1.1.2	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i> .....	79
4.1.1.3	<i>Demanda química de oxígeno</i> .....	80
4.1.1.4	<i>Solidos suspendidos totales</i> .....	80
4.1.1.5	<i>Fenoles</i> .....	81

4.1.1.6	<i>Sulfuros de hidrogeno</i> .....	81
4.2	<b>Operaciones para tratamiento de agua residual de pelambre</b> .....	82
4.3	<b>Análisis</b> .....	84
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>86</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>87</b>
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Localización y condiciones meteorológicas de la empresa TENERÍA DÍAZ. ....	7
<b>Tabla 1-3:</b> Técnicas estándar en la determinación de parámetros físico – químicos.....	33
<b>Tabla 2-3:</b> Material, equipo y procedimiento para recolección de muestras de agua residual en la empresa TENERÍA DÍAZ .....	34
<b>Tabla 3-3:</b> Determinación del pH de acuerdo a la NTE INEN 820:2013. ....	35
<b>Tabla 4-3:</b> Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de acuerdo a la NTE INEN 1202:2013.....	35
<b>Tabla 5-3:</b> Determinación de la Demanda Química de Oxígeno de acuerdo a la NTE INEN 1203:2013.....	36
<b>Tabla 6-3:</b> Determinación de Solidos Totales de acuerdo a ensayos generales. ....	37
<b>Tabla 7-3:</b> Determinación de fenoles según la norma técnica NMX-AA-050-SCFI-2001. ....	38
<b>Tabla 8-3:</b> Determinación de sulfuros según la norma técnica NMX-AA- 84-1982.....	39
<b>Tabla 9-3:</b> Intervalos de biodegradabilidad. ....	40
<b>Tabla 10-3:</b> Valores de DBO5 Y DQO. ....	41
<b>Tabla 11-3:</b> Materiales empleados en la planta piloto. ....	43
<b>Tabla 12-3:</b> Equipos y reactivos empleados en la planta piloto. ....	44
<b>Tabla 13-3:</b> Pruebas de dosificación de cloruro férrico para disminuir el pH.....	45
<b>Tabla 14-3:</b> Preparación del inóculo de bacterias anaerobias. ....	46
<b>Tabla 15-3:</b> Control de PH en el reactor anaerobio .....	47
<b>Tabla 16-3:</b> Preparación del inóculo de bacterias aerobias. ....	48
<b>Tabla 17-3:</b> Dosificación de sulfato de manganeso para un volumen de 18 L, por un tiempo de 6 horas.....	48
<b>Tabla 18-3:</b> Medición del caudal de procesos de pelambre. ....	52
<b>Tabla 19-3:</b> Componentes para el balance de carga inicial.....	55
<b>Tabla 20-3:</b> Rugosidad absoluta de materiales. ....	58
<b>Tabla 21-3:</b> Dimensiones de los tubos de polietileno según norma INTN.....	58
<b>Tabla 22-3:</b> Constantes de accesorios requeridos.....	59

<b>Tabla 23-3:</b> Guía de diseño para filtros gruesos con flujo ascendente. ....	<b>67</b>
<b>Tabla 24-3:</b> Tiempo para digestión de lodos con variación de temperatura. ....	<b>69</b>
<b>Tabla 25-3:</b> Consideraciones para el lecho de secado de lodos. ....	<b>70</b>
<b>Tabla 26-3:</b> Características generales del biodigestor anaerobio. ....	<b>71</b>
<b>Tabla 27-3:</b> Sistema de bombeo hacia el biodigestor anaerobio. ....	<b>71</b>
<b>Tabla 28-3:</b> Sistema de aireación. ....	<b>72</b>
<b>Tabla 29-3:</b> Especificaciones para el tanque sedimentador ....	<b>72</b>
<b>Tabla 30-3:</b> Especificaciones para el filtro ascendente. ....	<b>73</b>
<b>Tabla 31-3:</b> Especificaciones para el lecho de secado ....	<b>73</b>
<b>Tabla 32-3:</b> Requerimiento de equipos y materiales para tratamiento de agua de ribera. ....	<b>75</b>
<b>Tabla 33-3:</b> Productos químicos de principal uso. ....	<b>77</b>
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados obtenidos ....	<b>78</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Georreferenciación de la empresa TENERÍA DÍAZ CIA. Ltda. ....	7
<b>Figura 1-2:</b> Proceso de Remojo en TENERÍA DÍAZ .....	23
<b>Figura 2-2:</b> Proceso de Pelambre en TENERÍA DÍAZ .....	24
<b>Figura 3-2:</b> Proceso de lavado de pieles posterior al pelambre .....	26
<b>Figura 1-3:</b> Esquema general de la planta piloto para llevar a cabo el tratamiento de agua residual de pelambre. ....	42
<b>Figura 2-3:</b> Recipiente de alimentación de agua residual .....	45
<b>Figura 3-3:</b> Reactor anaerobio.....	46
<b>Figura 4-3:</b> Reactor aerobio .....	47
<b>Figura 5-3:</b> Sedimentador .....	49
<b>Figura 6-3:</b> (a) filtro ascendente internamente, (b) unión con válvula check, (c) izq. fondo inferior del filtro, der. fondo superior, (d) filtro ascendente con el material pétreo. ....	50
<b>Figura 7-3:</b> Primer aparecimiento de agua filtrada en un lapso de 2 días .....	51
<b>Figura 8-3:</b> Representación del balance de materia para la carga inicial. ....	56
<b>Figura 1-4:</b> Diagrama de flujo de tratamiento de aguas residuales de pelambre.....	83

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Paredes celulares de bacterias Gram + y Gram - .....	<b>9</b>
<b>Gráfico 2-2:</b> El ciclo aerobio en la naturaleza .....	<b>10</b>
<b>Gráfico 3-2:</b> El ciclo anaerobio en la naturaleza.....	<b>11</b>
<b>Gráfico 4-2:</b> Proceso de desnitrificación .....	<b>12</b>
<b>Gráfico 5-2:</b> Proliferación bacteriana .....	<b>14</b>
<b>Gráfico 6-2:</b> Curva de crecimiento bacteriano.....	<b>16</b>
<b>Gráfico 7-2:</b> Función de saturación .....	<b>17</b>
<b>Gráfico 8-2:</b> Función de inhibición .....	<b>18</b>
<b>Gráfico 9-2:</b> Concentración del sustrato en la tasa de crecimiento de biomásico .....	<b>20</b>
<b>Gráfico 10-2:</b> Temperatura óptima para proliferación según tipos de microorganismo.....	<b>21</b>
<b>Gráfico 11-2:</b> Sal compleja formada por acción de cromo. ....	<b>29</b>
<b>Gráfico 12-2:</b> Complejo formado resultado de la curtición. ....	<b>29</b>
<b>Gráfico 1-3:</b> Toma de muestra y análisis de agua residual correspondiente al primer semestre de 2019. ....	<b>40</b>
<b>Gráfico 2-3:</b> Esquema general a escala de la planta de sedimentación de solidos con retención de grasas.....	<b>53</b>
<b>Gráfico 1-4:</b> Reducción de pH .....	<b>79</b>
<b>Gráfico 2-4:</b> Remoción de la DBO.....	<b>79</b>
<b>Gráfico 3-4:</b> Reducción de DQO.....	<b>80</b>
<b>Gráfico 4-4:</b> Reducción de los sólidos suspendidos totales .....	<b>80</b>
<b>Gráfico 5-4:</b> Reducción de los fenoles .....	<b>81</b>
<b>Gráfico 6-4:</b> Reducción de los sulfuros de hidrogeno .....	<b>81</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PROTOCOLO ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO B:** ANÁLISIS INICIALES AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO C:** PEDIDO PARA EL ANÁLISIS FINAL DE PARÁMETROS DEL AGUA DE PELAMBRE POST – TRATAMIENTO.

**ANEXO D:** PRIMER ANÁLISIS FINAL DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO E:** SEGUNDO ANÁLISIS FINAL DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO F:** TERCER ANÁLISIS FINAL DEL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO G:** CUARTO ANÁLISIS FINAL DEL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO H:** TOMA DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE PELAMBRE IN SITU.

**ANEXO I:** PROCESOS DE TRATAMIENTO EN EL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.

**ANEXO J:** PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE EN PLANTA PILOTO.

**ANEXO K:** FILTRO ASCENDENTE.

**ANEXO L:** ESQUEMA GENERAL DE LA PTAR DE LA ETAPA DE PELAMBRE DE LA EMPRESA TENERÍA DÍAZ.

**ANEXO M:** DIMENSIONES Y DISEÑO DE LOS TANQUES ANAEROBIO Y AEROBIO.

**ANEXO N:** DIMENSIONES Y DISEÑO DEL SEDIMENTADO.

**ANEXO O:** DIMENSIONES Y DISEÑO DEL FILTRO ASCENDENTE.

**ANEXO P:** DIMENSIONES Y DISEÑO DEL LECHO DE SECADO PARA LODOS.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación experimental fue diseñar un sistema de tratamiento para el agua residual de pelambre de la empresa TENERÍA DÍAZ, que descarga sus efluentes al alcantarillado público, incumpliendo los límites permisibles según la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8). Según los informes de caracterización periódica del agua residual proporcionados por la empresa, se tomó como línea base los resultados de los siguientes parámetros: pH 12,06, DBO<sub>5</sub> 2937,11 mg/l, DQO 7527,5 mg/l, SST 450 mg/l, Fenoles 1,30 mg/l, Sulfuros 288,4 mg/l. El tratamiento se ejecutó en una planta piloto construida, que consta de cinco recipientes de 4 gal. El recipiente de alimentación principalmente reduce el pH del agua residual de pelambre con cloruro férrico; para la siembra del inoculo de bacterias. El segundo y tercer recipiente son los biorreactores anaerobio y aerobio, aquí se introduce el inoculo de bacterias, cuyo objetivo es reducir la carga orgánica del agua residual. Para efectos de oxidación de los iones sulfuros del agua residual de pelambre, se suministra constantemente aire desde un compresor y se utiliza sulfato de manganeso como catalizador. El recipiente sedimentador precipita lodos procedentes de los biorreactores. Y el filtro ascendente que contiene grava y arena, retiene partículas suspendidas en el agua tratada biológicamente. Obteniendo resultados favorables en el análisis final, logrando llevar a los valores establecidos por la normativa con remociones superiores al 95% en los parámetros tratados con este método. Desarrollando un método viable en el tratamiento de agua residual de pelambre y realizando los cálculos de ingeniería se diseñó una PTAR, conforme a requerimientos de la empresa, recomendando cumplir con las especificaciones técnicas que requiere el funcionamiento de este tipo de PTAR.

**Palabras clave:** <INGENIERIA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <BIORREACTOR>, <ANAEROBIO>, <AEROBIO>, <POTENCIAL HIDRÓGENO>, <BACTERIAS>, <PELAMBRE>, <SULFATO DE MANGANESO (MnSO<sub>4</sub>)>.



Firmado electrónicamente por:  
JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS



27/01/2021

0447-DBRAI-UPT-2020

## ABSTRACT

The objective of this experimental research was to design a treatment system for the liming wastewater of the company TENERÍA DÍAZ, which discharges its effluents to the public sewer system, breaching the permissible limits according to the Environmental quality standard and discharge of effluents to the water resource. (Ministerial Agreement 097-A, TULSMA, Book VI, Annex 1, Table 8). According to the periodic characterization reports of wastewater provided by the company, the results of the following parameters were taken as a baseline: pH 12.06, BOD5 2937.11 mg / l, COD 7527.5 mg / l, TSS 450 mg / l, Phenols 1.30 mg / l, Sulphides 288.4 mg / l. The treatment was carried out in a pilot plant built, consisting of five 4-gallon containers. The feed container mainly reduces the pH of the ferric chloride wastewater, for the growth of bacteria. The second and third containers are the anaerobic and aerobic bioreactors, here the inoculum of bacteria is introduced, whose objective is to reduce the organic load of the residual water. For the purposes of oxidation of sulphide ions in the liming wastewater, the air is constantly supplied from a compressor and manganese sulphate is used as a catalyst. The settling vessel precipitates sludge from the bioreactors, and the ascending filter, containing gravel and sand, retains suspended particles in the biologically treated water, obtaining favourable results, in the final analysis, managing to bring the values established by the regulations with removals greater than 95% in the parameters treated with this method, developing a viable method in the treatment of liming wastewater from pellets and carrying out the engineering calculations, a WWTP was designed, in accordance with the company's requirements, recommending to comply with the technical specifications that the operation of this type of WWTP requires.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <BIOREACTOR>, <ANAEROBIO>, <AEROBIO>, <HYDROGEN POTENTIAL>, <BACTERIA>, <LIMING STAGE>, <MANGANESE SULPHATE (MnSO<sub>4</sub>)>.

## INTRODUCCIÓN

En los países en los que la industria es eje fundamental y económico de las sociedades, ha sido imprescindible la utilización del agua en sus diversas actividades y procesos de producción, es así que cifras estadísticas de las Naciones Unidas muestran un consumo del 11% para actividades caseras, 30% para utilización del agro y 59% en uso industrial, en países subdesarrollados el 70% de los residuos líquidos de actividades industriales es vertido a los cuerpos hídricos sin tratamiento, perjudicando severamente los caudales útiles. Así, una de las políticas europeas propone regresar a la tierra el agua en facultades que asegure a los biomas. Independientemente del tipo de industria la concentración de componentes orgánicos e inorgánicos es alta y no se pueden tratar por métodos tradicionales pasan a ser tema de medida (Rodríguez et al. 2006).

En un tratamiento de aguas residuales según Arnáiz, Isaac y Lebrato (2010) el principal propósito es desarrollar un proceso eficiente, y de bajo costo económico en conservar el proceso de depuración. El tratamiento biológico augura la eliminación de contaminantes y transubstanciar a componentes menos inseguros como el metano o dióxido de carbono, para dicha propuesta es esencial la naturaleza microbiológica; esencialmente bacterias que son de fácil adquisición y sustitución, tradicionalmente el empleo de bacterias ha sido para anular la materia orgánica de las aguas residuales pero es un método que no solo se ocupa de cargas orgánicas sino también de suprimir fósforo, nitrógeno amoniacal a formas oxidativas.

Por tanto, esta investigación plantea corroborar las experiencias biológicas con aguas residuales procedentes del proceso de obtención de cuero terminado, que poseen alta carga orgánica, sulfuros y demás contaminantes (Umbarila-Ortega, Prado-Rodríguez y Agudelo-Valencia 2019), debido a que la etapa de pelambre (eliminación del pelo de las pieles) es gestor del 70% de contaminación del agua, el tratamiento biológico es eficiente y demuestra bajos costes de procesos pero también ha sido imprescindible el uso de productos químicos.

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Identificación del problema

Dentro del sector industrial en sus actividades cotidianas generan mucha contaminación; tanta contaminación atmosférica, del suelo y acuática. Siendo el sector de la curtiembre uno de los más contaminantes logrando impactos ambientales en los espacios naturales antes mencionados, causando efectos nocivos en agua de superficie y por ende en la fauna acuática, aumentando el riesgo de la salud humana y deteriorando la calidad del aire. (Poor 2010)

Las actividades de curtiduría de pieles vacunas en la provincia de Tungurahua representa un sector importante productivo lo cual genera desarrollo en la región y en la provincia, sin embargo esta actividad genera impactos ambientales fuertes ya que en su mayoría las instalaciones para llevarse a cabo actividades y procesos de curtición se encuentran en la mayoría de los casos en sectores agrícolas y residenciales y en poca proporción instalaciones en un sector industrial de hecho lo cual no es sorpresa encontrarse con cuerpos fluviales contaminados por dicha actividad y una atmosfera con olores fuertes característicos de las actividades de este sector productivo.

Según (Masabanda, Echegaray y Delgado 2017) en la provincia de Tungurahua se localizan un total de 57 curtiembres activas dentro de la circunscripción del cantón Ambato de las cuales el 65% de este sector productivo se encuentra en las parroquias de Izamba y Augusto N. Martínez cada una con 18 y 19 establecimientos productivos respectivamente de los cuales 37 establecimientos de producción operan con RUC y las 20 restantes operan sin RUC. Mismas que son catalogados como establecimientos de producción de pieles artesanales y no consideradas como mediana o gran empresa. Estadísticamente; de las 57 curtiembres, 52,94% de establecimientos de producción de pieles curtidas asegura contar con Licencia Ambiental, el 41,18% indica que está en proceso la Licencia Ambiental, y el 5,88% dice no trabajar con Licencia Ambiental de estos números estadísticos el 90,20% está siendo regulado por el MAE y el 9,80% controlan sus registros ambientales el Gobierno Provincial. Reflejando las estadísticas que no hay un control total de descargas de efluentes a las alcantarillas o los cuerpos de agua dulce.

En la Tenería Díaz CIA Ltda. En las diferentes etapas que compone el proceso industrial se genera aguas residuales que se descarga al alcantarillado público, previo un tratamiento preliminar, el cual consiste únicamente en la retención de residuos sólidos provenientes de las pieles de los animales como pelaje, carnazas, tejido adiposo, lodos, etc. Este proceso no permite cumplir con

la normativa ambiental permisible según el Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

## **1.2 Justificación del problema**

La Tenería Díaz CIA. Ltda. Está plenamente interesada en un tratamiento a sus residuos líquidos de producción, aguas residuales que hasta la fecha no ha contado con un tratamiento técnico y es conveniente aplicar un método un tanto fuera de los tradicionales métodos físico químicos. Por lo cual la presente investigación tecnológica se enfoca en un tratamiento microbiológico combinado dispuesto a cumplir los parámetros que exige la norma ambiental de descargas de efluentes residuales de la industria de las curtiembres, siendo esta una de las más contaminantes. Por otra parte, en muchas empresas de curtiembre se utiliza los procesos fisicoquímicos la misma que no es sostenible en el tiempo debido a la demanda de ingentes recursos económicos para la adquisición de los productos químicos para el tratamiento de las aguas residuales; aumentando los costos en el producto final.

En tal razón existe interés mutuo entre **la investigación a desarrollarse para la titulación del autor** y la empresa **Tenería Díaz CIA. Ltda.**, dispuesta a colaborar en el desarrollo de dicha investigación.

Beneficiando a la Tenería Díaz CIA Ltda. Logrando mitigar los impactos ambientales que está generando las descargas de sus aguas residuales y al sector de Macasto donde se puede apreciar geográficamente que posee cuerpos de agua dulce los cuales sirven de gran ayuda para el sector ya que en gran parte de su extensión geográfica se dedica a la agricultura a más de ser un sector potencialmente creciente en residencias.

## **1.3 Línea Base del Proyecto**

### ***1.3.1 Situación Actual***

La Tenería Díaz CIA Ltda. De la ciudad de Ambato sector Pisque Bajo, en el proceso de transformación de piel a cuero, la etapa de ribera comprende aquellos procesos que permiten la eliminación del pelo de la piel. Esta es la etapa que presenta el mayor consumo de agua y su efluente presenta un elevado valor de pH. En el remojo lo que se busca es devolver el estado húmedo inicial a aquellas pieles que se conservaron antes de ser llevadas a la curtiembre; también

permite la limpieza y desinfección de éstas antes de comenzar el proceso de pelambre, en el cual se emplea sulfuro de sodio y cal para eliminar la epidermis de la piel además del pelo que la recubre.

TENERÍA DÍAZ tiene implementado un sistema de TRAMPA DE SÓLIDOS Y GRASA con el objetivo de disminuir la concentración de estos en el agua residual final antes de su descarga.

La trampa de grasas fabricada en hormigón y cuya función es separa los residuos sólidos y las grasas naturales que proceden de los procesos de remojo y pelambre que descienden por los canales de lavado realizados durante el proceso productivo con el objetivo de separarlas del agua residual y de este modo disminuir su concentración.

Esta trampa de grasas está compuesta de un juego de pantallas que permiten el atrapamiento de las mismas durante su recorrido y es bastante eficaz puesto que permite un tiempo suficiente de permanencia de las aguas con grasa natural logrando una separación efectiva de hasta un 80 % de grasa natural y residuos sólidos presentes en el agua residual.

### ***1.3.2 Propuesta de cambio***

Se plantea solucionar el problema de los parámetros físico – químicos (pH, DBO, DQO, SST, FENOLES Y SULFUROS) que están fuera de norma, (según el Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua). Estos resultados fueron proporcionados por la empresa Tenería Díaz CIA LTDA en su último análisis de agua residual semestral correspondiente al mes de julio de 2019, los mismos que fueron utilizados como línea base para el tratamiento en planta piloto y el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual a través de un proceso biológico combinado, utilizando cepas de bacterias especializadas en la biodegradación de los contaminantes de carácter orgánico del agua residual; de los procesos de pelambre.

## **1.4 Beneficiarios**

### ***1.4.1 Beneficiarios Directos***

- El principal beneficiario en esta investigación técnica es la Tenería Díaz CIA Ltda. Logrando mitigar los impactos ambientales que sus aguas residuales producen al estar situado la empresa en un sector agrícola y residencial produciendo malestares al agua y sus emanaciones de olores al aire.

### ***1.4.2 Beneficiarios Indirectos***

- Los moradores del sector del Pisque Bajo entrada a Macasto donde se localiza la Tenería Díaz CIA Ltda. Debido a que es un sector residencial, disminuiría el impacto ambiental a los cuerpos fluviales que rodea el sector.
- El personal de la empresa ya que los mismos estarían capacitados para poder operar la planta de tratamiento de agua; de ser implementada, permitiendo crear plazas de trabajo técnicas los cuales realizarían los análisis de los parámetros ambientales que exigen el MAE.
- Entidades dedicadas a la construcción de plantas de tratamiento de agua residual; en caso de implementarse esta investigación técnica logrando así una mayor credibilidad sobre la efectividad de funcionamiento de tratamientos biológicos.
- Investigaciones científicas las cuales cada vez se interesan por desarrollar y entender el gran y enigmático universo microbiológico generando más interés en cultivos de cepas bacterianas que sean eficaces en el tratamiento de aguas residuales independientemente del tipo de industria o actividad a la que se dediquen las entidades productivas.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo General***

- Diseñar una planta de tratamiento de agua residual mediante procesos microbiológicos combinados en la Tenería Díaz CIA. Ltda. de la ciudad de Ambato.

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Evaluar los parámetros que se encuentran fuera de norma. (pH, DQO, DBO, SÓLIDOS TOTALES, FENOLES, SULFUROS, etc.) según el Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1.
- Realizar las pruebas de tratabilidad en el laboratorio.
- Realizar los cálculos de ingeniería y una planta piloto de un sistema biológico combinado para el tratamiento de agua residual de la Tenería Díaz CIA. Ltda.
- Determinar la factibilidad técnica y económica.

## **1.6 Localización del Proyecto**

La presente propuesta técnica para tratamiento de agua residual se llevará a cabo en la ciudad de Ambato específicamente en la Tenería Díaz CIA Ltda. Ubicada en la parroquia Izamba sector Pisque Bajo entrada a Macasto. De donde se obtendrán las muestras de agua, misma que es producto de los residuos de su producción de cueros terminados logrando obtener datos de caudales para su posterior diseño.



**Figura 1-1:** Georreferenciación de la empresa TENERÍA DÍAZ CIA. Ltda.

**Fuente:** (Google Maps 2020)

**Tabla 1-1:** Localización y condiciones meteorológicas de la empresa TENERÍA DÍAZ.

Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Parroquia	Izamba
Sector	Pisque Bajo
Dirección	Panamericana Norte Km 6, entrada a Macasto
Altura promedio (msnm)	2240 – 2680
Temperatura min. (°C)	10
Temperatura máx. (°C)	24
Precipitaciones (mm)	250 – 500
Humedad relativa (%)	60

**Fuente:** Territorial et al., 2015

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

## CAPITULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Procesos biológicos

En las siguientes definiciones se rodeará conceptos para incluirnos a los sistemas biológicos en lo concerniente al tratamiento de aguas residuales.

- **Proceso anaerobio**

Los procesos anaerobios ocurren en carencia de oxígeno y consisten en la biodegradación de la carga orgánica que contiene el agua residual, mediante un proceso de fermentación normal en la cual la materia orgánica se transforma en gases fundamentalmente en CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. (Arcos & Fernandez, 1993, p, 45)

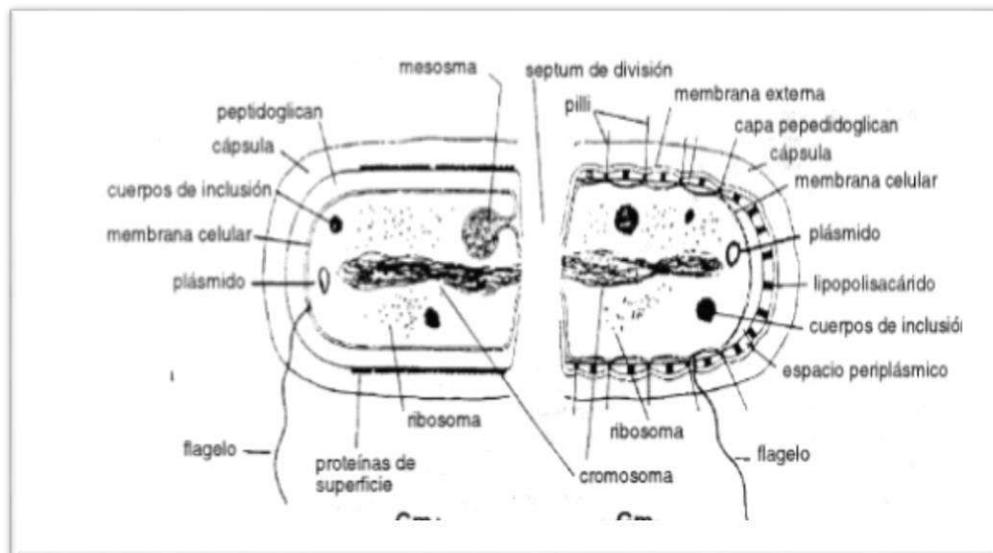
- **Proceso aerobio**

Los microorganismos aerobios dependen exclusivamente de oxígeno para realizar sus actividades metabólicas acumulando cantidades energéticas para conservación de los mismos, y es necesario compensar el oxígeno requerido por microorganismos aerobios a través de dispositivos externos para que logren suplir la falta de oxígeno, producto de sus actividades de digestión aeróbica. El suministro de oxígeno es elemental al momento del tratamiento de agua residual tomando en cuenta factores como temperatura, solubilidad y presión parcial, debido a que el oxígeno posee una baja solubilidad en el agua, aun mas a mayor temperatura es importante que exista otra fuente de suministro de aire, para el caso en estudio se hará uso de un compresor el cual suministra oxígeno al seno del agua en el recipiente. Tomando en cuenta que a mayor volumen de burbuja de aire menor será la superficie de contacto. (Mendez & Rodriguez, 2014, pp, 1-2)

- **Bacterias**

Las bacterias forman parte del reino procarionte, son organismos unicelulares cuya reproducción es asexual, al ser organismos celulares procariontes su estructura celular es similar a la de organismos celulares eucariotas, las cuales poseen una membrana citoplasmática para el ingreso y salida de sustancias en la célula, ribosomas los cuales son responsables de la síntesis proteica y ADN el cual es circular y cerrado siendo medio de información genética. Dentro de la clasificación bacteriana están dos géneros reconocidos como eubacterias y arqueobacterias, este

último genero abarca bacterias anaerobias las cuales carecen de peptidoglicano, siendo este responsable de la forma bacteriana y de protección ante rotura osmótica. En cuanto a su tamaño está entre 0,5  $\mu\text{m}$  – 10  $\mu\text{m}$  y su forma es esférica (cocos), cilíndrica o bastones (bacilos) y espiraladas (espiroquetas). La estructura celular se puede diferenciar en parte citoplásmica o interior, la cual está compuesta por el citoplasma el cual se constituye de una dispersión coloidal encontrándose en el mismo solutos orgánicos e inorgánicos, el ácido desoxirribonucleico o ADN constituido por nucleótidos purínicos y pirimidínicos enlazados por puentes de hidrogeno, está dispuesto según el modelo de doble hélice, los plásmidos son pequeñas cadenas de ADN de doble hélice cuya función principal es proporcionar a las bacterias propiedades de resistencia antibiótica y nuevas técnicas de metabolismo, estos plásmidos son heredados de una bacteria a otra por medio de un proceso llamado conjugación y los ribosomas hallándose libremente en el citoplasma celular bacteriano cuya función principal es la síntesis de proteínas. Y envoltura celular o exterior constituida por la membrana celular cuyas funciones son vitales como el transporte de nutrientes y eliminación de desechos celulares a través de mecanismos activos y pasivos, la pared celular que proporciona características únicas a bacterias grampositivas, gramnegativas, bacterias ácido resistentes y bacterias alcohol resistentes proporcionándoles a dichas bacterias mecanismos ante agresiones y sensibilización antibiótica. (Pérez, M., & Mota, 2010, pp, 23-38; Vargas & Kuno, 2014, pp, 2595-2597)



**Gráfico 1-2:** Paredes celulares de bacterias Gram + y Gram -.

**Fuente:** Pérez, M., & Mota, 2010

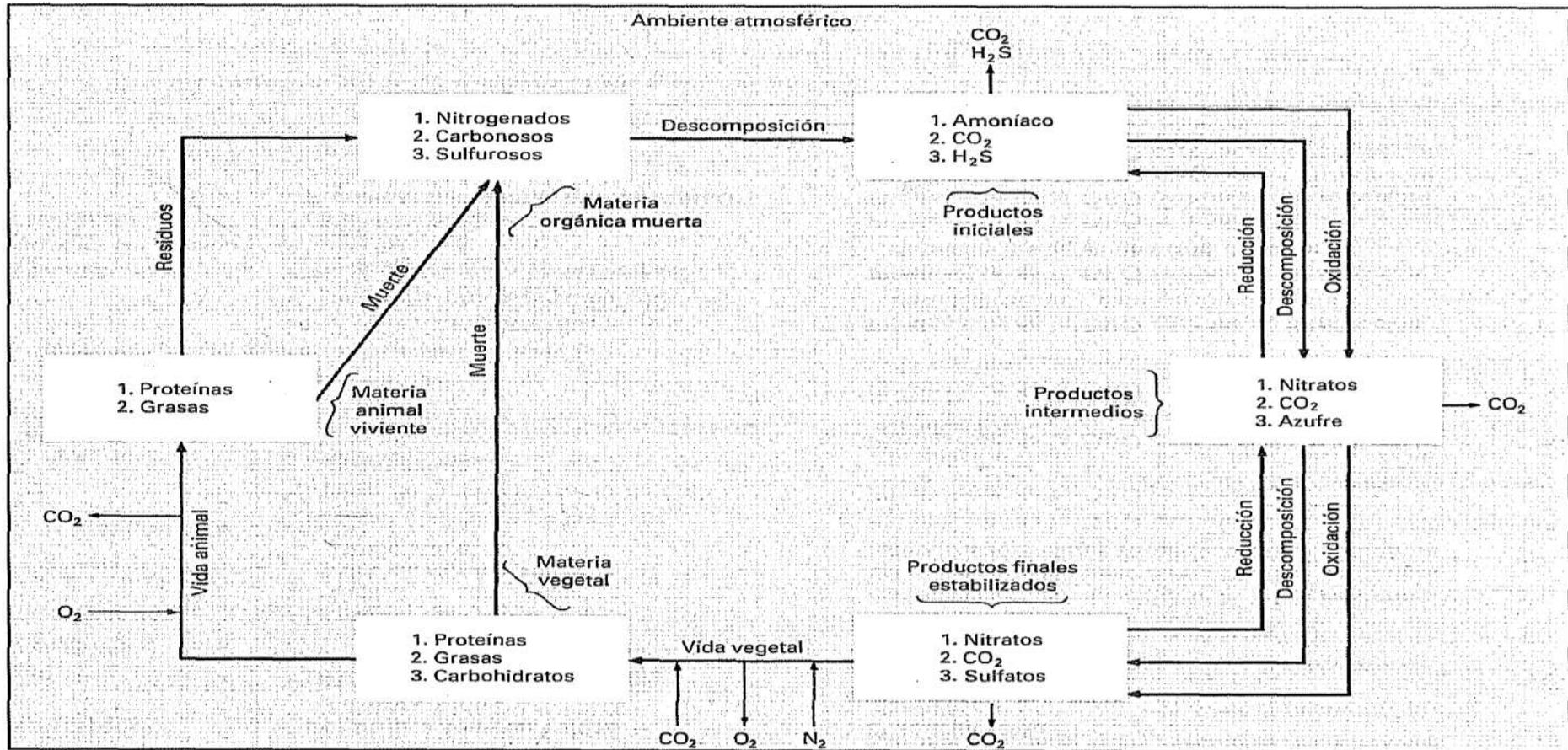
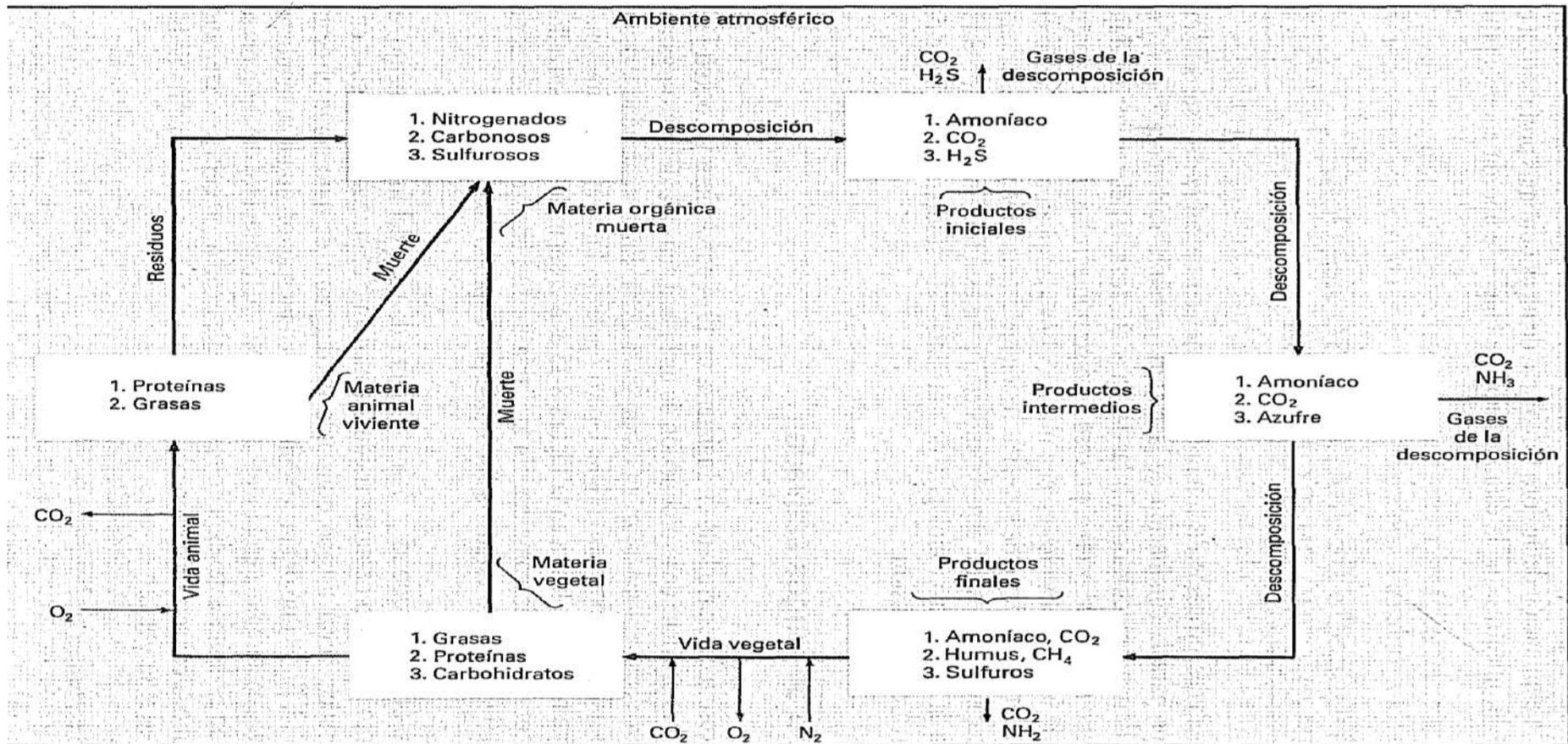


Gráfico 2-2: El ciclo aerobio en la naturaleza

Fuente: METCALF & EDDY, 2003, p. 434

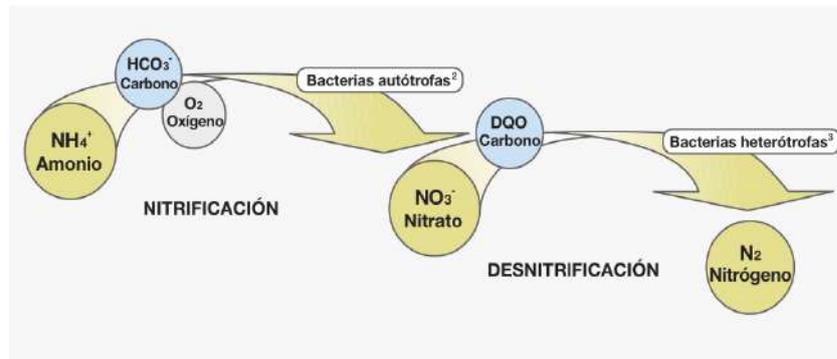


**Gráfico 3-2:** El ciclo anaerobio en la naturaleza

Fuente: METCALF & EDDY, 2003, p. 435

- **Desnitrificación**

Es un proceso microbiológico que consta de dos etapas en la cual el resultado final de dicho proceso es nitrógeno molecular ( $N_2$ ) siendo este gas inerte el mayor componente de la atmosfera terrestre. Como primera etapa actúan bacterias autótrofas las cuales oxidan el amonio ( $NH_3$ ) con disposición de oxígeno y carbono inorgánico; esta etapa es conocida como nitrificación, luego en la siguiente etapa estos nitratos son reducidos con bacterias heterótrofas para obtener el nitrógeno molecular en ausencia de oxígeno y en disposición de carbono orgánico siendo esta segunda etapa el proceso de desnitrificación propiamente dicho (Claros 2017).



**Gráfico 4-2:** Proceso de desnitrificación

Fuente: Claros 2017

- **Proceso facultativo**

Dentro de los procesos biológicos los microorganismos facultativos son aquellos que tienen la capacidad de trabajar en presencia o ausencia de oxígeno. Por lo general, para poner en marcha un proceso facultativo es necesario unir a ambos tipos de microorganismos; aerobios y anaerobios, encontrándose adyacentes a la superficie o en los fangos más profundos, respectivamente de aguas en tratamiento. (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, 2013, p, 1)

- **DBO carbonosa**

La demanda bioquímica de oxígeno o la DBO, es un parámetro importante en lo que se refiere a biodegradación de materia orgánica en tejido celular en aguas no potables, además de tasar el oxígeno requerido para formalizar el carbono orgánico y la presteza con la cual la materia orgánica es metabolizada por bacterias que generalmente se encuentran en aguas residuales, aquellas aguas residuales de la industria que por efecto de los mismos procesos industriales poseen una carga contaminante alta sucede inhibición, retardo de crecimiento y afecta la reproducción de las bacterias, en estos casos es importante el inducir siembras bacterianas, para

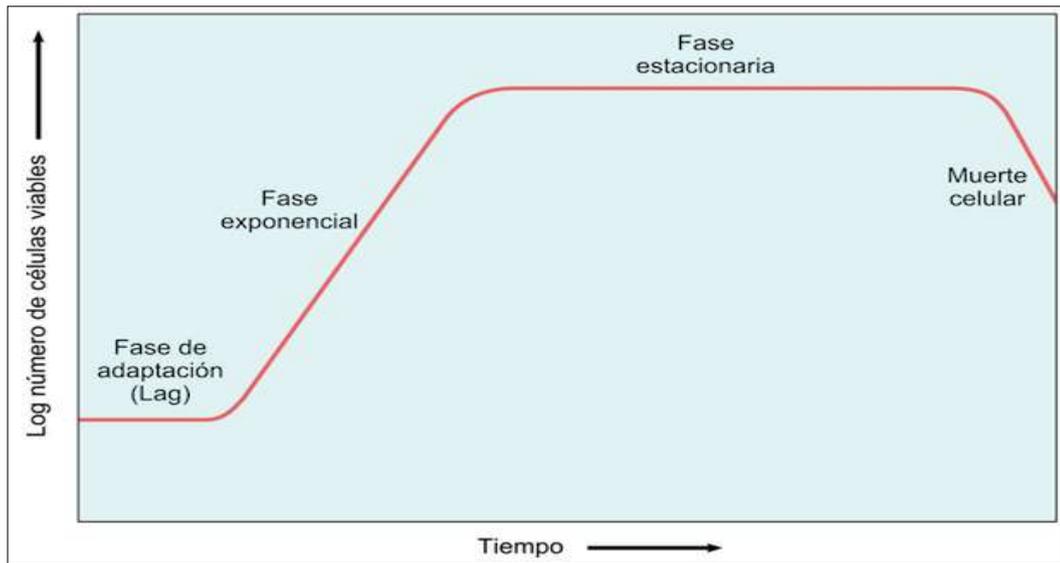
cumplir con el fin de asimilar la materia orgánica. (Snoeyink, V.L. & D. Jenkins. Water Chemistry, 2008, pp, 1-3)

- **Sustrato**

Los microorganismos heterótrofos metabolizan la materia orgánica del agua residual mediante procesos anaerobios siendo esta materia orgánica el sustrato de los microorganismos, es decir dichos microorganismos operan sobre la materia orgánica permitiendo que sea aprovechada como fuente energética y carbónica. Los microorganismos reducen las grandes moléculas de materia orgánica mediante segregación de enzimas extracelulares, en la cual estas moléculas reducidas son fuente energética y de nutrición para los microorganismos. Este sustrato presente en las aguas residuales posee proteínas, polisacáridos, lípidos, grasas y azúcares donde los microorganismos especializados desdoblan el azúcar mediante sacrólisis o proteínas mediante proteólisis. (Parra H., 2015, pp, 1-4)

## **2.2 Crecimiento bacteriano**

Se considera como crecimiento bacteriano al aumento del número de células y por tanto de masa celular, siendo esto; eventos importantes que predetermina la división celular, la misma que da origen a dos células hijas mediante reproducción asexual, a partir de una célula madre por medio de un proceso llamado bipartición que consiste en doblar el ADN y consecuentemente se realiza la citocinesis, que es la división citoplasmática. Considerando todo lo antes dicho a continuación se muestra la reproducción bacteriana, cabe recalcar que se representa la reproducción de una población bacteriana a partir de una sola bacteria en un tiempo de 1800 segundos, representando en la siguiente grafica en el eje “y” “a microorganismo unicelulares y en el eje “x” el tiempo. (Benintende, S., & Sanchez, 2012, pp,1-2)



**Gráfico 5-2:** Proliferación bacteriana

**Fuente:** Benintende, S., & Sanchez, 2012, p, 2

### 2.2.1 *Tiempo de duplicación bacteriano*

Es el tiempo que demora en duplicar la población de bacterias, tomando en cuenta intervalos notables de tiempo. El estudio del incremento poblacional se representa por la expresión matemática:

$$X = X_0 * e^{\mu(t-t_0)} \quad (1)$$

Donde:

X = masa de microorganismo en tiempo t

X<sub>0</sub> = masa microorgánica en un tiempo t<sub>0</sub>

μ = constante de velocidad de crecimiento

t – t<sub>0</sub> = incremento de tiempo al inicio y al final.

El crecimiento exponencial anteriormente descrito es un proceso limitado, por lo cual el crecimiento y reproducción de las bacterias llega a disminuir, por factores como agotamiento de los nutrientes, desechos de metabolismo bacteriano y hasta influye el volumen en el cual están contenidas las bacterias. En la construcción de la curva de crecimiento bacteriano se toma en cuenta el logaritmo de células factibles en el eje de las ordenadas y el tiempo en el eje de las abscisas. (Benintende, S., & Sanchez, 2012, p, 3; Fernández, 2017, p, 8)

## **2.2.2 Fases en la curva de crecimiento bacteriano**

En la siguiente curva a describir se toma en cuenta el crecimiento bacteriano tomando en cuenta el número de bacterias, en la cual, se pueden reconocer cuatro fases definidas que explican dicho evento.

### **2.2.2.1 Fase de latencia**

Tiempo de adaptación que consiste en introducir el inoculo al medio fresco de cultivo. Aquí los valores de pH y temperatura deben ser los óptimos para que los microorganismos se aclimaten a el agua residual de pelambre de la empresa TENERÍA DÍAZ.

El crecimiento no empieza sino después de esta fase de latencia la cual pende de las condiciones del medio y puede ser un tiempo breve o suficiente, esta fase es esencial para que los microorganismos realicen actividad metabólica, producción de enzimas e incremento de su proporción individual. (Pedrique & De Castro, 2008, p, 7)

### **2.2.2.2 Fase exponencial**

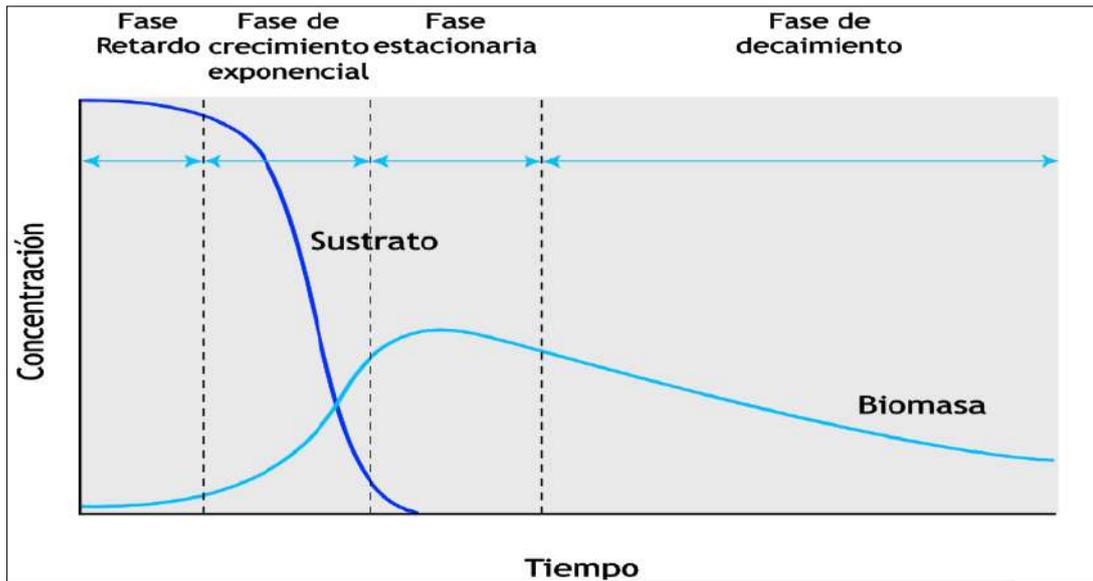
En esta fase empieza la división celular y depende de la capacidad de procesar nutrientes y su tiempo generacional. El aumento celular por unidad de tiempo es constante, es decir, en un tiempo generacional determinado el número de bacterias se duplica, la rapidez de crecimiento es máxima cuando las condiciones del entorno son las adecuadas como el sustrato, la temperatura y especialmente el pH. (Pedrique & De Castro, 2008, p, 7; Universidad Misiones, 2012, p, 7)

### **2.2.2.3 Fase estacionaria**

En volúmenes de control cerrados el aumento celular no es indefinido, el número de bacterias en esta fase permanece constante y se debe a la limitación de nutrientes y al reemplazo de células nuevas por células viejas, dando lugar a interrupción del crecimiento, además a la acumulación de productos tóxicos producto de las actividades metabólicas bacterianas. (Pedrique & De Castro, 2008, p, 7)

### **2.2.2.4 Fase de muerte exponencial**

En esta fase las bacterias cesan el crecimiento debido a la putrefacción de la biomasa, y pese a que las bacterias continúan con sus funciones de metabolismo disminuye considerablemente el número de bacterias viables además del agotamiento de carbono y reservas energéticas también se puede considerar la lisis celular y la depredación. (López, Buitrón, García, & Cervantes, 2017, p, 21)



**Gráfico 6-2:** Curva de crecimiento bacteriano

Fuente: López et al., 2017, p, 21

### 2.2.3 Cinética bacteriana

- **Utilización de sustrato**

El sustrato es la principal fuente nutritiva para las bacterias, siendo el mismo un factor limitante afectando al crecimiento bacteriano directamente, pues si este cesa; también lo hará el crecimiento. En la mayoría de los casos se dispone de una fuente de sustrato limitada, por lo tanto, con la expresión de Monod se logra determinar la tasa de crecimiento bacteriano, siendo esta directamente proporcional a la concentración de sustrato. (METCALF & EDDY, 2003, p, 422)

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S} \quad (2)$$

Donde:

$\mu$  = tasa de crecimiento bacteriano específico ( $t^{-1}$ )

$\mu_m$  = tasa de crecimiento máxima bacteriano específico ( $t^{-1}$ )

$S$  = concentración de sustrato; limitante de crecimiento bacteriano (masa/unid de vol.)

$K_s$  = concentración media del sustrato a la mitad del máximo crecimiento bacteriano (masa/unid de vol.)

- **Función de saturación**

$$r_s = kM_sX \quad (3)$$

Donde:

$r_s$  = tasa de consumo de sustrato (g DQO/m<sup>3</sup>.h)

$k$  = tasa máxima consumo de sustrato (g DQO/g SSV. h)

$M_s$  = función de saturación de sustrato soluble  $S_s$ . (g DQO/g DQO)

$X$  = concentración biomásica (g SSV/ m<sup>3</sup>)

En la ilustración de la ecuación (3) se aprecia que la tasa de consumo de sustrato es directamente proporcional a la tasa máxima de consumo de sustrato, así como a su función de saturación de sustrato soluble y de su concentración de biomasa. (López et al., 2017, p, 29)

Y la función de saturación es el cociente entre concentración de sustrato y la velocidad de reacción.

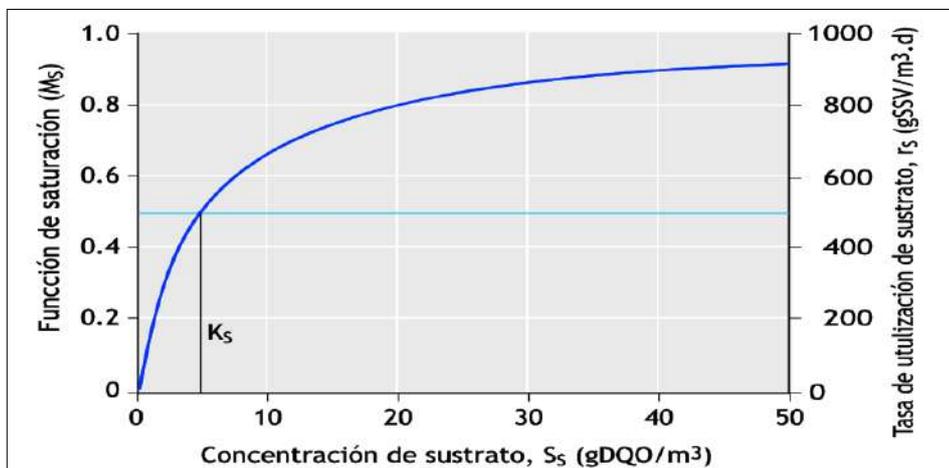
$$M_s = \frac{S_s}{K_s + S_s} \quad (4)$$

Donde:

$S_s$  = concentración de sustrato (g DQO/m<sup>3</sup>)

$K_s$  = constante de saturación media de sustrato (g DQO/m<sup>3</sup>)

La concentración de sustrato útil en una disolución cerca de la biomasa hace que varíe en un intervalo de 0 – 1 lo que se conoce como función de saturación. (López et al., 2017, p, 29)



**Gráfico 7-2:** Función de saturación

Fuente: López et al., 2017, p, 29

- **Función de inhibición**

En disposición de compuestos inhibidores, la función de saturación reduce la tasa de consumo de sustrato, representado por la siguiente ecuación.

$$r_s = kI_I X \quad (5)$$

Donde:

$I_I$  = función de inhibición para la composición inhibidora

La siguiente ecuación para representar la función de inhibición utilizada comúnmente es:

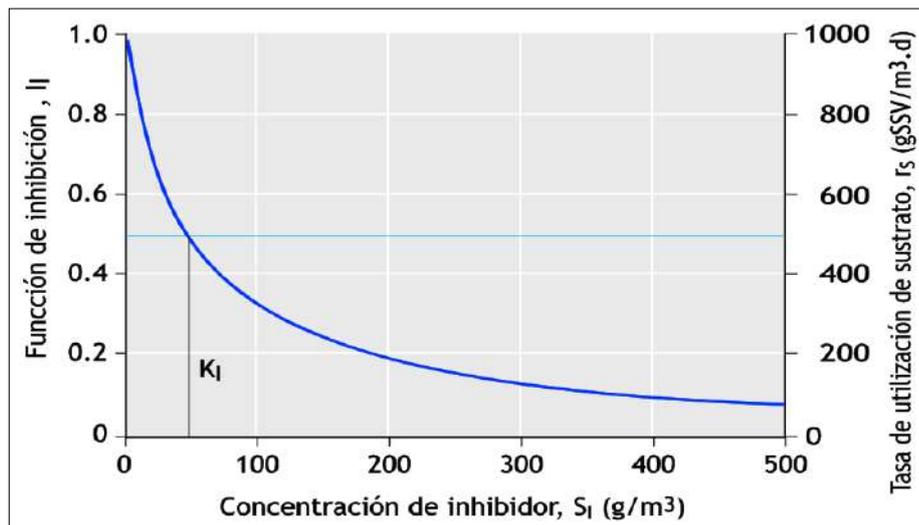
$$I_I = \frac{S_I}{K_I + S_I} \quad (6)$$

Donde:

$K_I$  = constante media inhibidora para la composición de inhibición ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$S_I$  = concentración de la composición inhibidora ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

El valor medio de saturado está en intervalo de 0 – 10 veces del resultado de variación en concentración inhibidora. (López et al., 2017, p, 30)



**Gráfico 8-2:** Función de inhibición

Fuente: López et al., 2017, p, 30

#### 2.2.4 Tasa de crecimiento

Teóricamente, una efectiva utilidad se da cuando la tasa de consumo de sustrato es igual a la tasa del crecimiento bacteriano.

$$\mu_{max} = Yk \quad (7)$$

Donde:

$\mu_{max}$  = tasa de crecimiento máximo de biomasa (g SSV/ g SSV.d)

Y = rendimiento verdadero

La utilización de sustrato, determina el crecimiento de biomasa y el abatimiento de la velocidad de consumo sustrato depende de la concentración biomásica.

$$r_g = Y r_s - bX \quad (8)$$

Donde:

$r_g$  = tasa de crecimiento de biomasa (g SSV/ m<sup>3</sup>.d)

b = tasa de abatimiento de biomasa (g SSV/ g SSV.d)

El cociente entre la tasa de crecimiento biomásico y la concentración biomásica es la tasa específica de crecimiento biomásica.

$$\mu = \frac{r_g}{X} \quad (9)$$

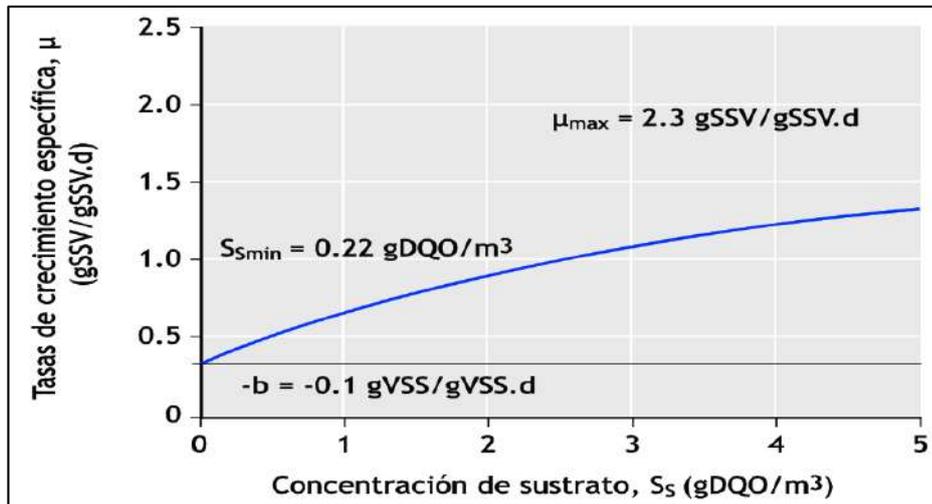
Donde:

$\mu$  = tasa específica de crecimiento biomásico (g SSV/ g SSV.d)

También se representa dicha tasa específica de crecimiento biomásico con la siguiente expresión:

$$\mu = \mu_{max} \left( \frac{S_s}{K_s + S_s} \right) - b \quad (10)$$

A continuación, en la siguiente grafica se representa el resultado de la concentración de sustrato en la tasa de crecimiento específico biomásico. (López et al., 2017, p, 30)



**Gráfico 9-2:** Concentración del sustrato en la tasa de crecimiento de biomásico

Fuente: López et al., 2017, p, 31

#### 2.2.4.1 Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales son indispensables para el correcto desarrollo, crecimiento, metabolismo y función de las bacterias dentro de un volumen de agua residual. Condiciones que son descritas a continuación conforme a los parámetros esenciales para el eficaz desarrollo de biomasa bacteriana

- **Oxígeno**

La demanda de oxígeno depende de las actividades metabólicas realizadas por las bacterias, existe una simple relación que sostiene que según el oxígeno que requiera una bacteria equivaldrá al metabolismo que realice la misma para la obtención de energía.

Según los requerimientos de oxígeno se tiende a clasificar a las bacterias como aerobias obligadas, microaerófilos, anaerobias obligadas y anaerobias facultativas.

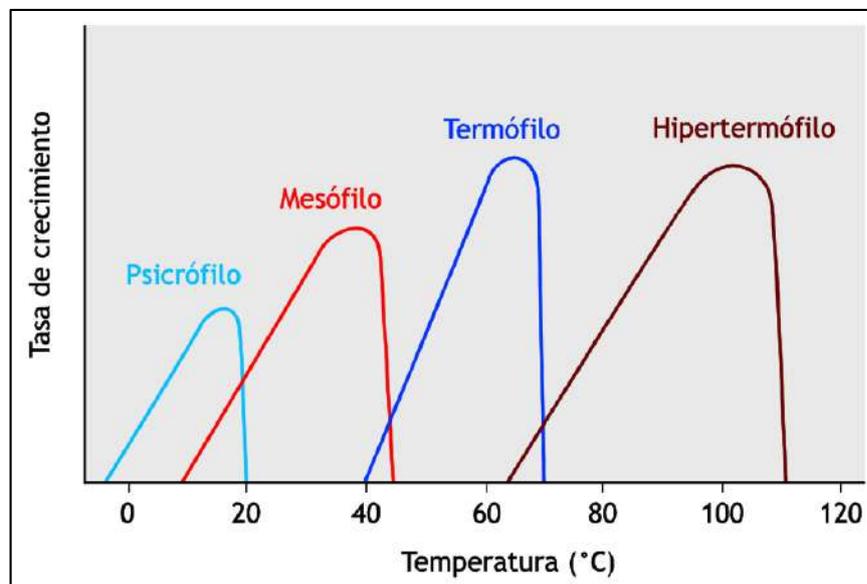
Las bacterias aerobias obligadas exigen oxígeno molecular ( $O_2$ ) para su desarrollo, las bacterias microaerófilos requieren bajas presiones de oxígeno para desarrollarse cuya presión oxigenada va entre 3 y 5%, por el contrario, presiones de oxígeno superiores a 20% inhibe el desarrollo normal de estas bacterias. Las bacterias anaerobias obligadas se desarrollan normalmente en ausencia total de oxígeno, en este tipo de bacterias se consideran a las bacterias anaerobias aerotolerantes las mismas que toleran exposiciones cortas al oxígeno, las bacterias anaerobias facultativas pueden desarrollarse en ambientes con y sin oxígeno un claro ejemplo de estas bacterias son las Enterobacterias mismas que serán de utilidad en el desarrollo de esta investigación. (Varela & Grotiuz, 2008, p, 52)

- **Potencial oxido – reducción**

Es un factor importante dentro del cultivo bacteriano el cual debe reunir condiciones necesarias para el desarrollo de las bacterias como un pH de entre 7 – 9 y un potencial de óxido reducción entre +0,2 a + 0,4 V las bacterias anaerobias necesitan potenciales de óxido – reducción bajos por ejemplo de -0,2 V para su normal desarrollo. (Varela & Grotiuz, 2008, p, 52)

- **Temperatura**

Factor influyente determinante de que las bacterias proliferen y mantengan vitalidad. Los microorganismos psicrófilos se desarrollan entre – 4 y 29°C siendo los 15°C el apogeo de mayor reproducción de las mismas, el progreso de microorganismos mesófilos está entre 10 y 45°C con un inmejorable crecimiento encontrándose a 30°C, los microorganismos termófilos se desarrollan entre 26 y 79°C teniendo un excelente rendimiento de crecimiento a los 56°C.



**Gráfico 10-2:** Temperatura óptima para proliferación según tipos de microorganismo

Fuente: López et al., 2017, p, 19

### 2.3 Procesos de Producción en la Tenería Díaz Cía. Ltda.

Desde los inicios de las civilizaciones siempre se ha buscado optimizar los recursos procedentes de actividades de cultivos o de la crianza de animales para el aprovechamiento máximo del recurso. Es así que la industria del cuero es resultado de la optimización de crianza de ganado vacunos, en su mayoría domésticos, logrando evolucionar este sector productivo desde métodos empíricos hasta lograr métodos más sofisticados y tecnológicos destacando uno de los sectores

productivos más antiguos de los asentamientos humanos. Por lo cual independientemente de los métodos utilizados en la curtición de cuero siempre se han llevado a cabo procesos básicos que han sido cimientos que forjan día a día esta actividad de producción a nivel mundial.

En la empresa TENERÍA DÍAZ los procesos de producción para la obtención de pieles curtidas son divididos en dos partes: la parte húmeda y seca. La parte húmeda se divide en cuatro etapas sistemáticas que son Ribera, Curtido, Post curtido y Acabado. En la parte húmeda es donde se llevan a cabo la mayor parte de las etapas del proceso de obtención de pieles. Cabe recalcar que TENERÍA DÍAZ en la parte seca adopta sus propias fórmulas de acabado para su posterior comercialización en la misma planta de producción.

En este mismo escrito se hará hincapié en el proceso de remojo, pelambre y lavado ya que sus aguas residuales serán de investigación para el diseño de la planta de agua residual, puesto que en TENERÍA DÍAZ los procesos productivos separa los dos tipos de corrientes residuales de las etapas del proceso productivo así: BÁSICA (remojo, pelambre y lavado) Y ÁCIDA (curtido y re curtido) para evitar la mezcla que puede generar gases (gas sulfhídrico).

### **2.3.1 Ribera**

Proceso llevado a cabo para la preparación de pieles vacunos antes del proceso de curtición, en Tenería Díaz se lleva a cabo esta operación en dos bombos con capacidad de 4200 Kg y 3100 Kg respectivamente, que incluyen seis etapas que son: recepción y salado de pieles o preparación, remojo, pelambre, lavado, descarnado y dividido.

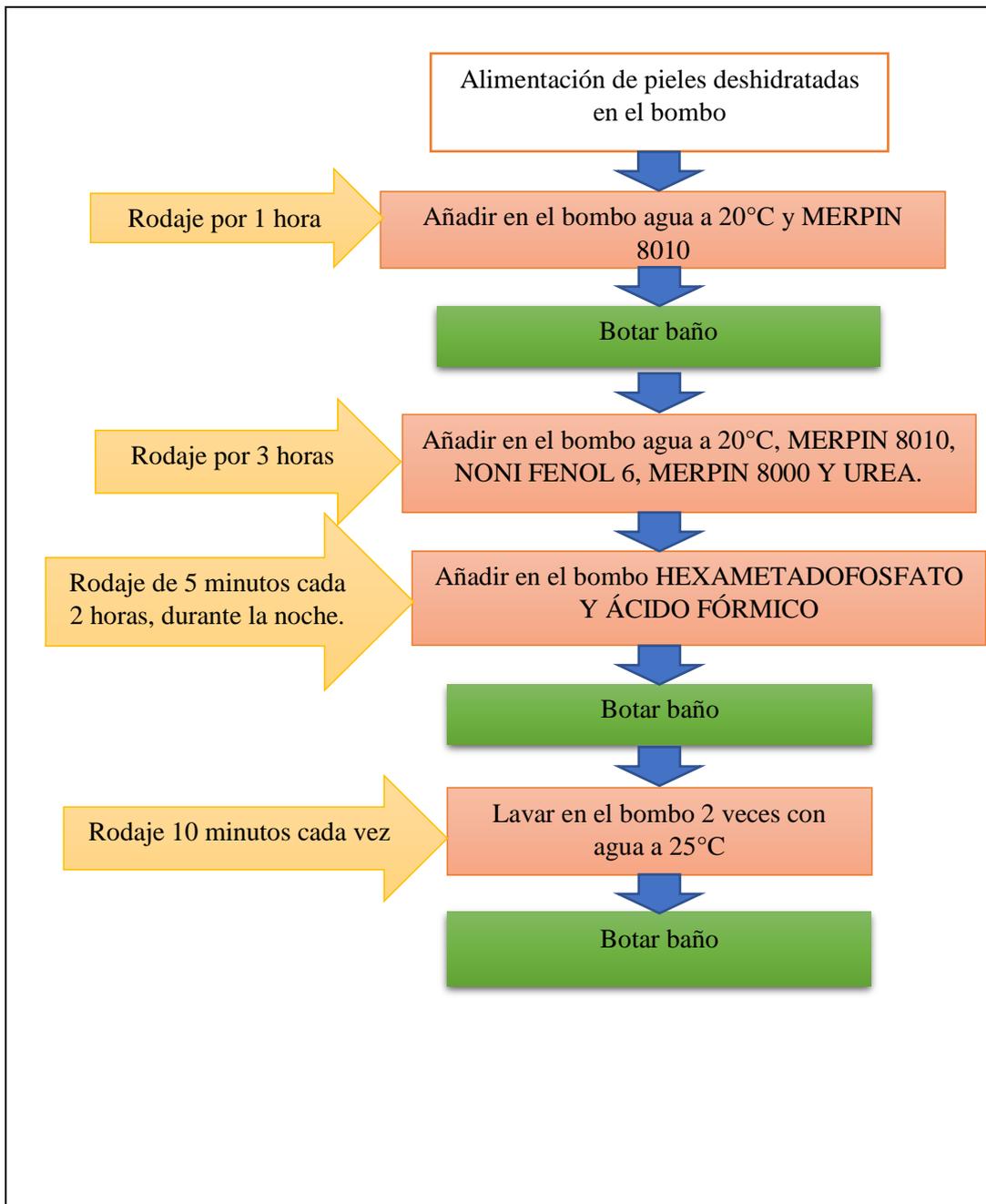
- **Recepción y Salado de Pieles**

En esta etapa del proceso de ribera las pieles son receptadas frescas transportadas del Camal Municipal de la ciudad de Ambato, o de ganaderías; etapa en la cual se verifica que las pieles no contengan marcas por quemaduras de marcación de propiedad o en su defecto que no posean organismos considerados plagas como garrapatas, en caso de tener alguna de estas falencias son rechazadas y no entran al proceso de obtención de cuero. Posteriormente las pieles receptadas son llevadas a un proceso de conservación mediante la colocación de sal en grano en la hipodermis de la piel habiendo retirado anteriormente excesos de carne o tejido adiposo, luego de cinco días la piel se encuentra totalmente deshidratada por efecto de la sal.

- **Remojo**

En esta etapa del proceso de obtención del cuero, las pieles deshidratadas con un aspecto físico y táctil rígido ingresan a los bombos. Dependiendo de la cantidad de demanda de pedido o de producción, ingresan las pieles deshidratadas al bombo de 4100 Kg entre 130 y 150 pieles, y en el bombo de 3200 Kg ingresan entre 90 y 120 pieles deshidratadas.

El objetivo de esta etapa es rehidratar las pieles además de limpiar las impurezas como restos de sangre, materia fecal, restos orgánicos y polvo de terreno, para esta actividad se requiere cantidades considerables de recursos hídricos y energéticos. Además de productos químicos que aportan en la desinfección y desbacterización de las pieles, como producto de esta etapa se obtiene agua residual que debe ser tratada por su contenido de productos químicos y materia orgánica procedente de las pieles. (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2011, p, 128).

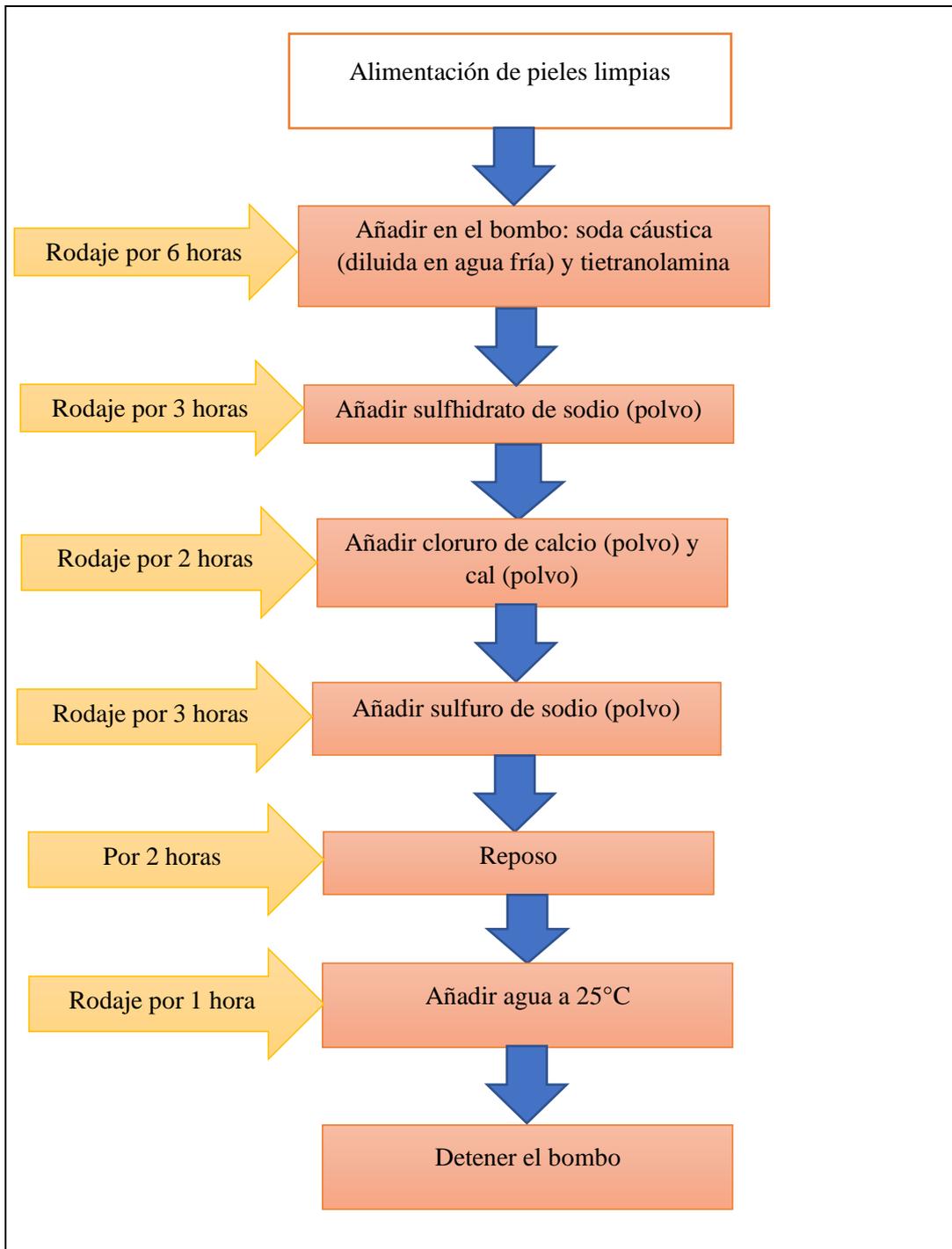


**Figura 1-2:** Proceso de Remojo en TENERÍA DÍAZ

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

- **Pelambre**

Al llegar a esta etapa las pieles después de haber pasado por el proceso de remojo deben estar bien hidratadas y libres de toda clase de impurezas como rastros de sangre, materia fecal o polvo de terreno y sal.



**Figura 2-2:** Proceso de Pelambre en TENERÍA DÍAZ

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

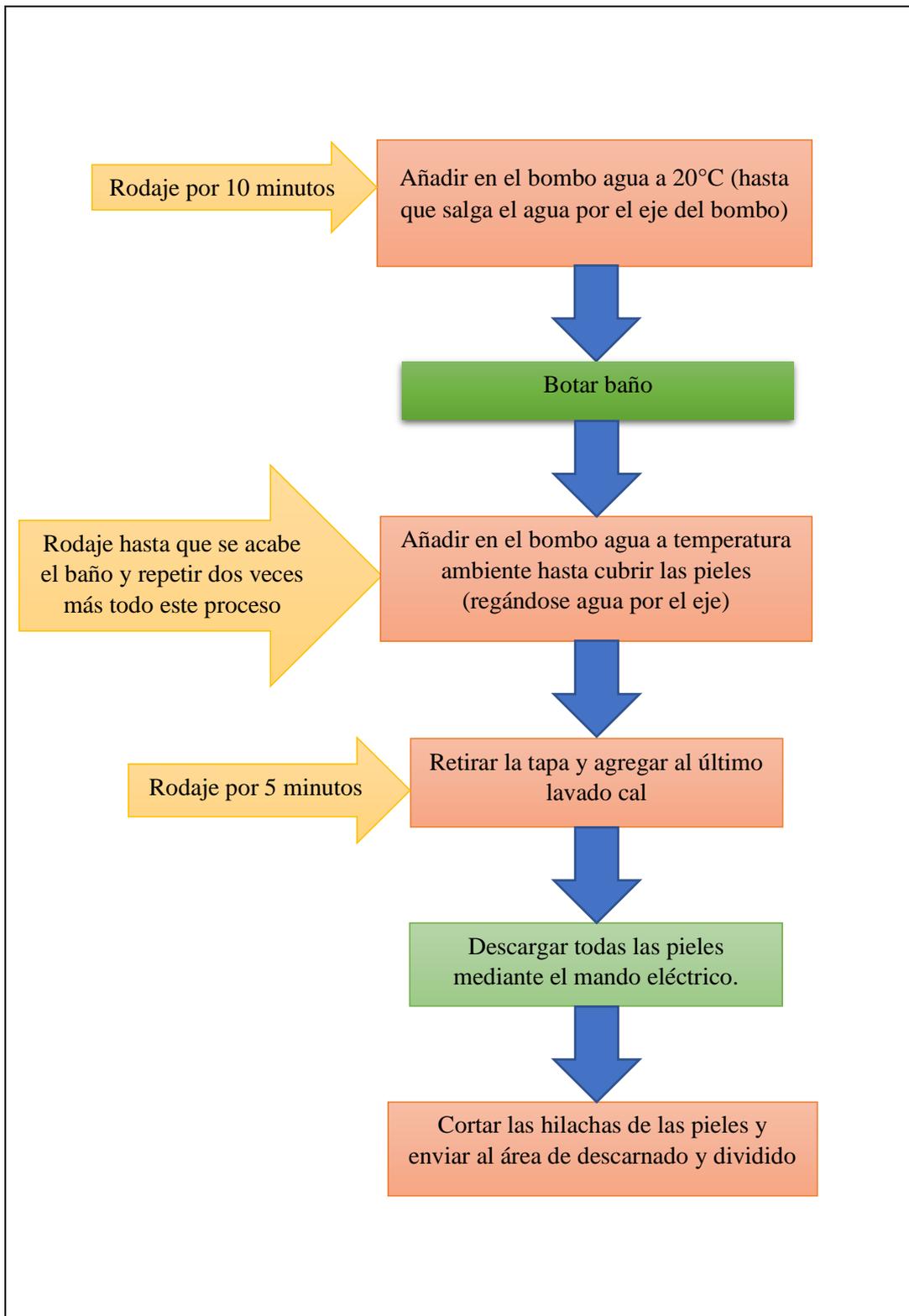
El tiempo total del pelambre según las especificaciones de procesos de producción de TENERÍA DÍAZ es de 16 a 18 horas desde el inicio de la agregación de productos químicos.

Como objetivo de estas operaciones es eliminar el pelo, epidermis y efecto depilante en las pieles además de desdoblar las fibras a fibrillas lo cual facilitara el proceso de curtición, en esta etapa de pelambre es donde más cantidad de agua es utilizada a más de sus aguas residuales poseer alta carga orgánica y un elevado pH estimado entre 11 y 13 por efectos del uso de cal y sulfuro de sodio. (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2011, p, 128)

El pelambre químico tiene alta eficacia por lo cual es el más utilizado al momento de eliminar el pelo y la epidermis de las pieles, como efecto del rose entre pieles o por el movimiento del bombo. Es importante identificar el efecto de los productos químicos que hacen posible esta operación haciendo hincapié en aquellos que producen los resultados esperados en procesos de pelambre, independientemente de la fórmula empleada en la industria será importante la utilización de Sulfuro de Sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), eficiente en el pelado por ser reductor y manifestar alto pH a la solución provocando abultamiento y firmeza en las pieles. El uso de Sulfhidrato de Sodio ( $\text{NaHS}$ ) transmite un pH bajo a la solución por lo cual es importante elevar su pH con el Hidróxido de Calcio ( $\text{CaOH}_2$ ) logrando así un buen efecto depilante. El Hidróxido de Calcio ( $\text{CaOH}_2$ ) se utiliza como coadyuvante con los reactivos depilantes provocando descenso de disolubilidad (1,4 g/L) creando una zona adecuada de pH (11 – 12) para efectos depilantes. (Fuquene Yate, 2011, p, 14)

- **Lavado**

El lavado de pieles luego del proceso de pelambre forma parte de un proceso bien elaborado antes de la curtición de pieles, TENERÍA DÍAZ lleva a cabo esta operación al siguiente día de la elaboración del pelambre, en este proceso ya no se necesita de productos químicos, pero se adiciona una pequeña cantidad de cal para lograr una depilación de pieles total. Cabe recalcar que en esta etapa de lavado se emplean grandes cantidades de agua con el objetivo de obtener pieles limpias y libres de pelo, conteniendo al igual que el agua de pelambre un pH elevado y alta carga orgánica.



**Figura 2-2:** Proceso de lavado de pieles posterior al pelambre

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

- **Descarnado**

El descarnado de las pieles en TENERÍA DÍAZ es llevado a cabo en maquinaria, operación que es hecha por dos operarios los mismo que son responsables de que la piel quede sin tejido subcutáneo y exceso de grasa con el objetivo de que las sales de cromo tengan mejor penetración en la etapa de curtido. Además de generación de agua residual que es generada por la limpieza de la maquina la cual es desembocada por los canales de agua residual de pelambre.

Para este proceso es eminente el uso de energía eléctrica para el funcionamiento de la maquina descarnadora además de que se genera grandes cantidades de materia orgánica con alto grado de humedad producto de la acción de las cuchillas en forma de hélice de la maquinaria lo cual se obtiene pieles de grosor uniforme apta para la curtición. (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2011, p, 129)

- **Dividido**

Esta etapa es la última del proceso de ribera y consiste en dividir la piel ya descarnada obteniendo la vaqueta o flor (parte de la piel donde estaba el pelaje) y la gamuza o serraje (parte de la piel donde se encontraba restos de carnazas y tejido adiposo), el adecuado manejo de la maquina divididora involucra eficiencia de electricidad e insumos a utilizar en el proceso curtidor, esta etapa es imprescindible ya que de aquí saldrá el cuero acabado para los diferentes usos del cuero como calzado, ropaje, etc. (Cuero, 2015, p, 80)

### **2.3.2 Curtido**

En la empresa TENERÍA DÍAZ se curten las pieles con sales de cromo aun cuando existen otros métodos menos contaminantes como los agentes vegetales; siendo las sales de cromo las más utilizadas representando 85% - 90% de uso en la curtición mundial. Los procesos llevados a cabo luego de la etapa de ribera para posterior curtido son tres: desencalado y purga, piquelado, y curtición propiamente dicha.

El objetivo de la curtición es hacer las fibras de colágeno más resistentes mediante la utilización de las sales de cromo trivalente ( $Cr^{3+}$ ) transformando la piel en cuero, el cual además proporciona al cuero un color verdoso – azulado conocido en el sector productivo de cuero como “WET BLUE” el cual es utilizado principalmente en actividades de tafiletería. (Ambiente, 2000, p, 63)

- **Desencalado y purga**

En esta etapa el objetivo es excluir la cal y sulfuro de las pieles, reducir el pH entre 8 y 8,5 producto del proceso de pelambre, con la utilización de dolamin ( $(NH_4)_2SO_4$ ) y con sulfito ácido de sodio ( $NaHSO_3$ ) además de ácido orgánico como lo es el ácido fórmico ( $CH_2O_2$ ) que actúa como tampón. La adición de estos reactivos químicos detiene el hinchamiento en las pieles

mediante baños de agua por lo cual se utiliza grandes cantidades de agua (Bio Activo, 2015, p, 54), en la empresa TENERÍA DÍAZ esta agua corresponde al canal de agua residual de curtido.

El objetivo de la purga es mejorar la contextura de las pieles ayudando a eliminar remanentes de raíces de pelaje suprimiendo proteínas no colágenas tomando en cuenta solo las proteínas colágenas a través de la utilización de enzimas proteolíticas especialmente proteasas que destruye las proteínas y aquellas lipasas especializadas en hidrolizar grasa, la obtención de proteasas es pancreática de bacterias u hongos que al actuar dichas enzimas produce tripsina; la cual es capaz de actuar con el amonio del anterior proceso de descalcado constituyendo soluciones con basicidad débil ideal para la acción de tripsina. (Churata, 2003, p, 16)

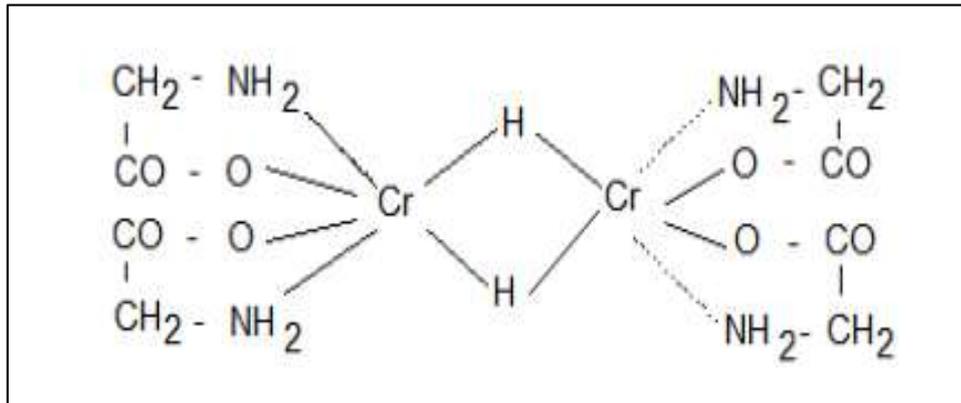
- **Piquelado**

El objetivo del piquelado es acidular las pieles evitando el hinchamiento de las mismas, con el uso de sal, en esta etapa las pieles deben tener un pH óptimo para el proceso de curtición logrando dicho pH con uso de ácido fórmico, las fibras de colágeno interactúan con el ácido y las pieles al final se presentan fibrosas, física y químicamente aptas para la curtición. Ventajosamente en esta etapa se completa el descalcado y se suspenden efectos enzimáticos procedentes del proceso de purga. (Churata, 2003, p, 17)

- **Curtido**

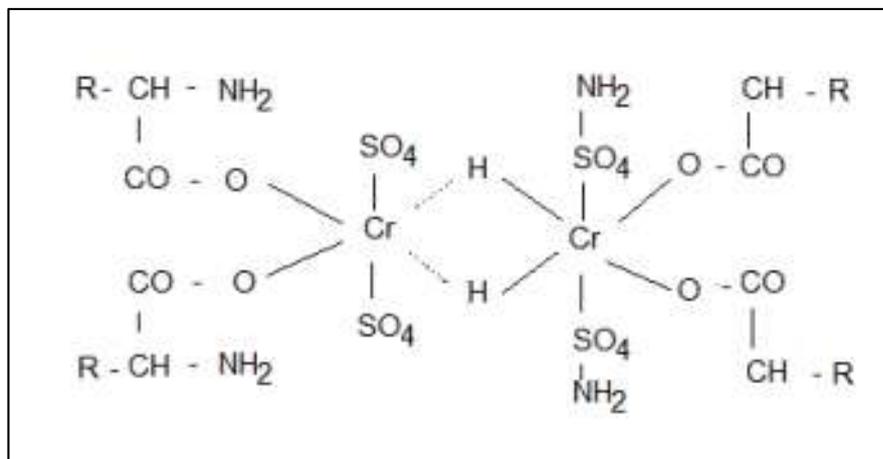
El curtido de pieles se logra a base de sales minerales cromadas entre las más utilizadas el  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  Sulfato de Cromo (III) y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  Óxido de Cromo (III) sentando las fibras colágenas, una vez estabilizadas adquieren las pieles propiedades capaces de soportar  $80^\circ\text{C}$  careciendo de gelatinización y putrefacción de las pieles curtidas. (Rosas 2013)

Químicamente en el curtido de pieles existe formación de sales complejas, el cromo irrumpe de primera mano en las fibras colágenas interactuando con los grupos carboxilos ( $-\text{COOH}$ ) y mediato con los grupos aminos ( $-\text{NH}_2$ ) a través de aniones coordinados, dando paso a la formación de dicha sal (grafico 11-2). Los aniones de coordinación tales como  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCOO}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^-$  también llegan a formar parte del compuesto complejo resultante después de la curtición (grafico 12-2). (Portada Mamani, 2016, p, 41)



**Gráfico 11-2:** Sal compleja formada por acción de cromo.

Fuente: Portada Mamani, 2016



**Gráfico 12-2:** Complejo formado resultado de la curtición.

Fuente: Portada Mamani, 2016

### 2.3.3 *Post curtido*

En TENERÍA DÍAZ los procesos de post curtido se realizan con el objetivo de obtener un cuero listo para el acabado que sea más flexible, resistente y de buena calidad. Dentro de esta etapa de post curtido se llevan a cabo las operaciones de escurrido, rebajado y re curtido.

- **Escurreido**

En esta etapa de post curtido los cueros ya curtidos reposan sobre pallets de madera a manera de apilonamiento cuidando siempre que la falda del cuero se encuentre por los lados, en los cuales se reduce notablemente la humedad de los cueros. Después de un lapso de 2 a 3 días de reposo los cueros son cortados a la mitad manualmente con un cuchillo por operarios obteniendo las

conocidas bandas teniéndose por entendido que dos bandas conforman un cuero. (Acosta Morales & Asociados Soluciones Empresariales S.A, 2013, p, 23)

- **Rebajado**

En la empresa TENERÍA DÍAZ el rebajado de las bandas wet – blue se lo realiza tecnológicamente a través de la maquina rebajadora la cual proporciona un cuero rebajado de acuerdo al calibre para lo cual sea su uso final posterior al acabado del cuero, los calibres de bandas van de 0.8 a 1.0 mm para vestuario y un calibre de 1.8 a 2.5 mm para calzado. Como resultado de este proceso se obtiene gran cantidad de serrín de cromo el cual es llevado a procesos externos a la empresa TENERÍA DÍAZ para obtención de abonos orgánicos.

- **Re curtido**

En esta operación de re curtido las pieles son dadas propiedades de resistencia física, resistencia al agua y flexibilidad a través de productos químicos. En primer lugar, las bandas son neutralizadas lo cual quiere decir que se elimina el exceso de ácidos libres que se han formado además de disminuir el pH con la utilización de neutralizantes como el formiato de sodio (HCOONa) que es la sal sódica de ácido metanoico. El re curtido propiamente dicho se realiza con productos re curtientes vegetales, sintéticos, sales de cromo básicas o resinas como urea – formol y melamina – formol otorgando al cuero las propiedades concretas.

Esta misma etapa es aprovechada para el tinturado y engrasado, en la cual se distingue el teñido atravesado que da el color a través del grosor de la banda, el teñido de superficie que se da en la superficie de la banda, al final del tinturado es importante el control de pH que normalmente es de 3 – 3.5 cuando el re curtido ha sido realizado a base de sales de cromo. Finalmente, las bandas son engrasadas con el objetivo de obtener cuero flexible y resistente a rozamientos normalmente en cueros destinados a vestimenta (NAPA) haciendo que las fibras se separen reduciendo rotura por estiramiento con grasas orgánicas disolubles. (Esparza & Gamboa, 2001, p, 50; Gomez, 2016, p, 38; Vanegas, 2007, p, 53)

#### **2.3.4 Acabado**

En esta etapa final del cuero las bandas re curtidas son otorgadas propiedades finales y posteriormente parte del cuero acabado es comercializado en la misma TENERÍA DÍAZ, en dicha empresa esta etapa es conocida como área seca puesto que en los procesos para terminación del cuero ya no interviene el uso de agua directamente sobre las bandas. En el acabado final las bandas son secadas al vacío, suavizadas, estiradas, pintadas, medidas y empacadas.

- **Secado**

En la empresa TENERÍA DÍAZ el secado de las bandas se realiza tecnológicamente a través de la maquina secadora al vacío, esta maquinaria no permite que las bandas se encojan debido a que al ser colocadas en las mesas de la maquina disminuye la presión atmosférica (0,9869 atm – 0,0049 atm) casi a cero atm, evitando la ebullición interna de las moléculas de agua contenidas en las bandas permitiendo el secado entre 309,15 K y 313,15 K. cabe recalcar que en la empresa una vez superado este proceso las bandas son secadas a cabo de algunos días a temperatura ambiente protegiéndolas de la lluvia, polvo y exceso de viento.

- **Suavizado**

El suavizado de las pieles se realiza en la zaranda por un lapso de 4 a 8 horas logrando mitigar la rigidez de las bandas, relajando las fibras de las bandas permitiendo una mejor absorción de micro ligantes, ligantes, ceras, lacas, pigmentos, etc., en maquinaria como la pistola y en el roller.

- **Estirado de bandas**

En TENERÍA DÍAZ las bandas son estiradas en la estaca; como es conocida la máquina, responsable que las bandas posean textura, planicie y comprobando la resistencia de las bandas, las cuales quedan aptas para ser dadas color de fondo, pigmentadas, lacadas, etc.

- **Pintado, medido y empaçado**

En esta etapa del proceso final las bandas pasan a ser pigmentadas para obtener un producto de calidad en el cual será necesario dar a las bandas 2 o hasta 4 pasadas por el sistema de pistolas a soplete o en su defecto en el roller, en los cuales se hará uso de productos químicos especializados en el terminado del cuero como fijadores en polvo, fondos de cera, ligantes de anclaje, efectos y lacas hasta obtener el producto esperado. Y dependiendo de su pedido de producción las bandas pasan a ser prensadas o planchadas. Para posteriormente pasar a ser medidas, cabe mencionar que en la empresa TENERÍA DÍAZ las bandas son medidas tecnológicamente en donde el sistema de medición es el decímetro y finalmente son empaquetadas una sobre otra banda en empaques de 10 a 15 bandas para su posterior comercialización o almacenamiento.

## CAPITULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de estudio

El diseño para el tratamiento de agua residual de pelambre en la empresa TENERÍA DÍAZ CIA. LTDA. Es un proyecto técnico experimental debido a que para el desarrollo del mismo se llevará a cabo una fase experimental piloto para verificar la eficiencia de microorganismos biológicos en la degradación de materia orgánica contenida en el agua residual, y posteriormente se podrá realizar un diseño a concierne para toda la empresa TENERÍA DÍAZ.

Este proyecto técnico consta de tres etapas:

- ✓ Toma de las muestras del agua residual producida en la Tenería Díaz CIA Ltda. Para posterior tratamiento de la misma.
- ✓ Cálculos de ingeniería propuestos para un tratamiento biológico.
- ✓ Validación de la propuesta técnica.

#### 3.1.1 Métodos y Técnicas

##### 3.1.1.1 Métodos

Con el fin de lograr que esta investigación adquiriera los suficientes recursos para su desarrollo se tomará en cuenta diferentes métodos investigativos en lo que concierne a un proyecto técnico, describiéndose dichos métodos a continuación para una mejor comprensión.

- **Método Deductivo**

Método que permite iniciar con hipótesis ciertas dando como resultado conclusiones validas, lo cual nos permitirá llegar a deducir conclusiones de conocimiento que ya se conocía, es necesario conocer tres aspectos importantes dentro de este método para una mejor comprensión 1. Axiomatización refiriéndose a certezas que no necesitan pruebas, 2. Postulados apuntando a teorías de creación ante el desarrollo investigativo y 3. Demostración referida a la parte técnica de la investigación mediante cálculos de ingeniería necesarios para el diseño de la planta de tratamiento. (Atasu 1976, p, 185)

- **Método Inductivo**

Este método está ligado directamente con la experimentación y secuencialmente es necesario mencionar aspectos importantes como la observación, verificación y teoría. Mediante el cual a sido posible verificar y constatar ciertos datos de importancia general en la descarga de agua residual de pelambre y aquellos parámetros a evaluar y a dar solución mediante la investigación, técnicas o mecanismos adecuados para dichos parámetros. (Atasu 1976, p, 188)

- **Método Experimental**

Es la manipulación directa de las variables que han de ser tomadas en cuenta a lo largo de la investigación, permitiendo hacer cambios directos en variables independientes y tomando efecto aquellas variables dependientes que se vayan dando al momento de la experimentación en la planta piloto de tratamiento de agua residual. Al ser variables que se pueden controlar se puede describir el acontecimiento ocurrido (Alonso 2012, p 5)

### 3.1.2 Técnicas

A continuación, se detalla procedimientos con parámetros relacionados a la investigación de tratamiento de agua residual, como su conservación y metodología para la determinación de parámetros que exige la norma técnica. Dichos parámetros llegan a determinación mediante técnicas estandarizadas en el análisis de agua potable y agua residual APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION.

**Tabla 1-3:** Técnicas estándar en la determinación de parámetros físico – químicos.

Parámetro	Unidad	Técnica
Potencial Hidrógeno – pH		STANDARDMETHODS 4500 – H B
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días - DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> / L	STANDARDMETHODS 5210 – B
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg / L	STANDARDMETHODS 5220 – D mod
Solidos Suspendidos Totales	mg / L	STANDARDMETHODS 2540 – D
Fenoles	mg / L	STANDARD METHODS 5530 – C mod
Sulfuros de Hidrógeno	mg / L	STANDARD METHODS 4500 S F

Fuente: (UNACH 2015)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

- Toma de muestras

Las tomas de muestras para su respectivo análisis serán tomadas in - situ directamente de la descarga en la cámara depósito de aguas residual de pelambre, proceso de obtención del cuero en la Tenería Díaz CIA Ltda. Lo cual se llevará a cabo según lo indicado en la norma técnica NTE INEN 2169:1998 en lo correspondiente a recomendaciones para toma de muestras y conservación de muestra para su respectivo tratamiento biológico.

Para representatividad y mayor alcance del análisis se tomará muestras representativas directamente de la última cámara de descarga (cámara que desemboca directamente a la alcantarilla publica). La cual la Tenería Díaz CIA Ltda. Cuenta con 4 cámaras de descarga de agua residual las cuales poseen únicamente tratamientos preliminares, es decir retenimiento de materias solidas volubles. Además de tomar directamente de los bombos que realizan la operación de pelambre.

**Tabla 2-3:** Material, equipo y procedimiento para recolección de muestras de agua residual en la empresa TENERÍA DÍAZ.

EPP	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de seguridad</li> <li>• Anteojos protectores</li> <li>• Mascarilla antigás</li> <li>• Guantes de nitrilo</li> <li>• Calzado industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipientes plásticos (35 L).</li> <li>• Tapas de tornillo.</li> <li>• Bandas de silicona.</li> <li>• Embudo</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Accesibilidad:</b> para el muestreo del agua residual debe encontrarse en un punto accesible lo cual facilitara la toma de muestra y el transporte de la misma ya que implicara el transporte y uso de equipos y materiales para tal tarea.</li> <li>• <b>Representatividad:</b> debe ser lo más representativo posible lo que quiere decir que el cuerpo de agua residual debe estar lo más mezclado posible en el lugar que se realizara la toma de muestra, lo cual poseerá relaciones equivalentes de velocidad y turbulencia del cuerpo de agua; logrando en lo posible la homogeneidad de la muestra.</li> <li>• <b>Seguridad:</b> disminuir al máximo los riesgos de accidentes o lesiones por lo cual es importante utilizar los equipos de seguridad y equipos de protección personal, en ríos siempre hay que estar conscientes de crecientes deslizamientos o arrastre de materia sólida.</li> </ul>	

**Fuente:** (NTE INEN 2176:2013 2013)

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

### 3.1.3 Parámetros a ser considerados en el análisis final.

- **Potencial Hidrogeno (pH)**

En esta investigación es de principal interés el control de pH desde el inicio hasta el final de la misma, puesto que al ser una investigación de carácter biológico es de vital importancia que las cepas bacterianas adquieran su potencial desarrollo en rangos de pH óptimos. Este parámetro será evaluado diariamente con papel indicador de pH. Sin embargo, a continuación, se describe la determinación de pH a nivel de laboratorio mismo que será ejecutado al término de esta investigación.

**Tabla 3-3:** Determinación del pH de acuerdo a la NTE INEN 820:2013.

Método de Ensayo	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Equipos<ul style="list-style-type: none"><li>• Potenciómetro con electrodos de vidrio</li><li>• Vaso de precipitación</li><li>• Balanza analítica</li></ul></li><li>2. Preparación de la muestra<ul style="list-style-type: none"><li>• Disolución de 1g de muestra en 100 ml de agua destilada</li></ul></li><li>3. Procedimiento<ul style="list-style-type: none"><li>• Se efectúa por duplicado en la muestra homogenizada.</li><li>• Introducir el potenciómetro calibrado sin tocar las paredes del vaso de precipitación</li><li>• Se toma la lectura directamente de la escala de pH</li><li>• Determinar la media aritmética de los ensayos</li></ul></li></ol>
------------------	--

Fuente: (NTE INEN 820:2013 2013)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 4-3:** Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de acuerdo a la NTE INEN 1202:2013.

	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Equipos<ul style="list-style-type: none"><li>• Frasco Winkler de 300 cm<sup>3</sup></li><li>• Incubadora</li><li>• Oxímetro para determinar oxígeno disuelto</li></ul></li><li>2. Reactivos<ul style="list-style-type: none"><li>• Solución amortiguadora de fosfato</li></ul></li></ol>
--	---

Método de Ensayo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfato de magnesio</li> <li>• Cloruro de calcio</li> <li>• Cloruro férrico</li> </ul> <p>3. Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del agua de dilución: conservar en un tiempo idóneo el agua destilada en frascos tapados logrando la saturación de la misma con oxígeno molecular disuelto. Para posterior añadir 1 cm<sup>3</sup> de solución amortiguadora de fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico por cada litro de agua.</li> <li>• Inoculación: se inocula el agua de dilución con agua de estudio</li> <li>• Preparación de la muestra: ajustar a temperatura de 20°C y el pH sea con ácido sulfúrico o hidróxido de sodio.</li> <li>• Técnica de dilución: de volumen – volumen 0,1 a 1,0 en 100 para agua industrial, 1 a 5 en 100 para aguas negras, 5 a 25 en 100 para efluentes tratados.</li> <li>• Determinación de oxígeno molecular disuelto: se omite en aguas negras y efluentes sedimentados, en los que se sabe que el OD es nulo.</li> <li>• Incubación: 5 días a 20°C evitando la exposición a la luz en frascos ámbar.</li> </ul>
------------------	---

**Fuente:** (NTE INEN 1202:2013 2013)

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

**Tabla 5-3:** Determinación de la Demanda Química de Oxígeno de acuerdo a la NTE INEN 1203:2013.

	<p>1. Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlen Meyer con cuello esmerilado de 500 cm<sup>3</sup></li> <li>• Refrigerante de 300 mm</li> <li>• Plancha de calentamiento</li> </ul> <p>2. Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución valorada de dicromato de potasio</li> <li>• Reactivo de ácido sulfúrico</li> <li>• Solución indicadora de ferroín</li> </ul>
--	--

Método de Ensayo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución patrón de ftalato ácido de potasio</li> </ul> <p>3. Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en Erlenmeyer para reflujo, de 500 cm<sup>3</sup>, pedazos de piedra pómez; 50 cm<sup>3</sup> de muestra o una alícuota diluida a 50 cm<sup>3</sup>, 1g de HgSO<sub>4</sub> y lentamente con agitación añadir 5 cm<sup>3</sup> del reactivo de ácido sulfúrico. Enfriar mientras se mezcla para evitar posibles pérdidas de sustancias volátiles en la muestra. Agregar 25 cm<sup>3</sup> de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,25 N y mezclar nuevamente.</li> <li>• Conectar el matraz de reflujo al condensador, liberar agua de enfriamiento y añadir lentamente 70 cm<sup>3</sup> de reactivo de ácido sulfúrico a través del condensador.</li> <li>• Mantener el reflujo por 2 h. Enfriar y luego lavar el refrigerante</li> <li>• Diluir la mezcla al doble con agua destilada, enfriar a temperatura ambiente.</li> <li>• Titular el exceso de dicromato de potasio con la solución de sulfato ferroso y amonio usando 2 a 3 gotas de indicador ferroín. Como punto final de la titulación el cambio de color azul verdoso o café – rojizo.</li> </ul>
------------------	---

Fuente: (NTE INEN 1203:2013 2013)

Realizado por: Alexander Chacha, 2020

**Tabla 6-3:** Determinación de Sólidos Totales de acuerdo a ensayos generales.

Método de Ensayo	<p>1. Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probeta de 100 ml</li> <li>• Capsula de porcelana</li> <li>• Pinza metálica</li> <li>• Filtro de 1,2 µm</li> <li>• Desecador</li> <li>• Estufa</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul> <p>2. Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secar las 2 capsulas a peso constante en la estufa a 105°C por 2 horas y dejar enfriar en el desecador.</li> </ul>
------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para sólidos suspendidos filtrar el agua residual por el filtro de 1,2 µm y llevar el filtro en una capsula a secado por 2 h en la estufa.</li> <li>• Para sólidos disueltos poner en una capsula el agua pasada por el filtro y dejar evaporar en la estufa a 180°C por dos horas. Es importante que el agua no ebulle, sino que se lleve a cabo una evaporación lenta.</li> <li>• Los valores de sólidos suspendidos y sólidos disueltos son determinados por diferencia con el peso de la capsula con las partículas y con el peso anteriormente de la capsula vacía.</li> <li>• La determinación del valor de los sólidos totales es la diferencia entre los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos. Cabe mencionar que el valor de los sólidos totales también se puede determinar directamente añadiendo agua residual en una capsula seca y limpia, llevándola a la estufa a 100°C y posterior a la evaporación elevar a 105°C por 4h.</li> </ul>
--	--

**Fuente:** (IDEAM 2007)

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

**Tabla 7-3:** Determinación de fenoles según la norma técnica NMX-AA-050-SCFI-2001.

Método de Ensayo	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Equipo de destilación</li> <li>• Potenciómetro</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Embudos de separación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Disolución de ácido fosfórico</li> <li>• Hidróxido de sodio</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Cloruro de sodio</li> <li>• Cloroformo</li> <li>• Fenol</li> </ul>
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar una alícuota de 500 ml de agua residual, llevar a un pH de 4 disolución de ácido fosfórico.</li> <li>• Destilar 450 ml de la muestra y cuando deje de ebulir añadir 50 ml de agua caliente y continuar destilando hasta obtener 500 ml.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se obtiene un destilado turbio, añadir disolución de ácido fosfórico para acidificar la muestra y si continua turbia llevar a proceso de extracción.</li> <li>• Tomar 500 ml de muestra original añadir 4 gotas de naranja de metilo y acidificar con ácido sulfúrico 1N, pasar al embudo de separación de 1L añadiendo 150g de cloruro de sodio. Agitar con 5 fracciones de cloroformo, la primera con 40 ml y las restantes con 25 ml.</li> <li>• Pasar a otro embudo de separación la fase de cloroformo y agitar 3 fracciones de hidróxido de sodio, la primera con 4 ml y con 3 ml en las restantes.</li> <li>• Evaporar el cloroformo presente en la fase alcalina a baño maría, cuando enfríe diluir a 500 ml con agua y proceder nuevamente a la destilación.</li> <li>• Colocar 500 ml de destilado o una porción que no contenga más de 50 µg de fenol diluida hasta 500 ml.</li> <li>• El cálculo de µg/ ml de fenol es el cociente de µg de fenol en la muestra la cual es determinado en la curva de calibración entre los ml de muestra inicial.</li> </ul>
---

**Fuente:** (NMX-AA-050-SCFI-2001 2001)

**Realizado por:** Alexander Chacha, 2020

**Tabla 8-3:** Determinación de sulfuros según la norma técnica NMX-AA- 84-1982.

Método de Ensayo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reactivos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acetato de zinc 2N</li> <li>• Solución de hidróxido de sodio, NaOH 6N</li> </ul> </li> <li>2. Materiales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas de vidrio con tapón esmerilado</li> </ul> </li> <li>3. Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>• En una botella de volumen 100 cm<sup>3</sup> añadir 3 gotas de solución de acetato de zinc 2N, llenar con la muestra de agua residual y agregar solución de hidróxido de sodio NaOH 6N tapando la botella mezclar por rotación.</li> <li>• Llegar a pH 9 con NaOH y dejar sedimentar durante media hora.</li> <li>• Llenar nuevamente la botella con agua, suspender el precipitado y drenar la muestra.</li> <li>• Si existe interferencias sedimentar y decantar.</li> <li>• Determinar la concentración de sulfuros colorimétricamente, multiplicando por la relación del volumen final a la inicial.</li> </ul> </li> </ol>
------------------	---

**Fuente:** (NMX-AA-84-1982 2009)

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

### 3.1.4 Índice de biodegradabilidad

Para (Sánchez y García 2018) la influencia de este factor refleja la eficiencia de un proceso llevado a cabo para el tratamiento de agua residual y es determinado por el cociente entre DBO<sub>5</sub> Y DQO. Para lo cual dichos parámetros han sido proporcionados por la empresa TENERÍA DÍAZ en su reciente análisis de agua residual de la fase de pelambre que se considera dentro de las instalaciones de la fábrica como punto de descarga final de utilización de agua en condiciones normales de operación y cuyo deposito es descargado al sistema de alcantarillado.

PROTOCOLO: 361062/2019-1.0					RU-49		
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN					Revisión: 12		
					Página 2 de 3		
RESULTADOS OBTENIDOS							
PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	43226	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				A1			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	12,06 <sup>(a)</sup>	± 0,15 U pH	6 - 9	NO CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	l/s	NO APLICA	-	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	2937,11	± 44,19 mg/l	250,0	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	7627,6	± 16,3 mg/l	500,0	NO CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	450,0	± 3,9 mg/l	220,0	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	<0,10	± 0,03 mg/l	2,0	CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	39,9	± 4,4 mg/l	70,0	CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5530 A y 5530 C	PA - 33.00	mg/l	1,300	± 0,003 mg/l	0,2	NO CUMPLE
SULFATOS	EPA 375.4 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , 1978	PA - 17.00	mg/l	274,7	± 1,96 mg/l	400,0	CUMPLE
SULFUROS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-S <sup>2-</sup> A y 4500-S <sup>2-</sup> D	PA - 58.00	mg/l	288,4 <sup>(a)</sup>	± 0,02 mg/l	1,0	NO CUMPLE
CROMO HEXAVALENTE	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/l	<0,050	± 0,01 mg/l	0,5	CUMPLE

**Gráfico 1-3:** Toma de muestra y análisis de agua residual correspondiente al primer semestre de 2019.

Fuente: TENERÍA DÍAZ CIA. Ltda. Toma de muestra y análisis de agua, 2019

**Tabla 9-3:** Intervalos de biodegradabilidad.

	<i>Poco biodegradable</i>	<i>Biodegradable</i>	<i>Muy biodegradable</i>
$\frac{DBO_5}{DQO}$	< 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4

Fuente: (Matínez-Soza 2010)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 10-3:** Valores de DBO5 Y DQO.

Parámetro	Unidades	Resultado	Limite permisible
DBO <sub>5</sub>	mg / L	2937,11	250
DQO	mg / L	7527,5	500

Fuente: TENERÍA DÍAZ CIA. Ltda. Toma de muestra y análisis de agua residual, 2019

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

$$\text{Índice}_{BIODGD} = \frac{DBO_5}{DQO} \quad (11)$$

$$\text{Índice}_{BIODGD} = \frac{2937,11}{7527,5}$$

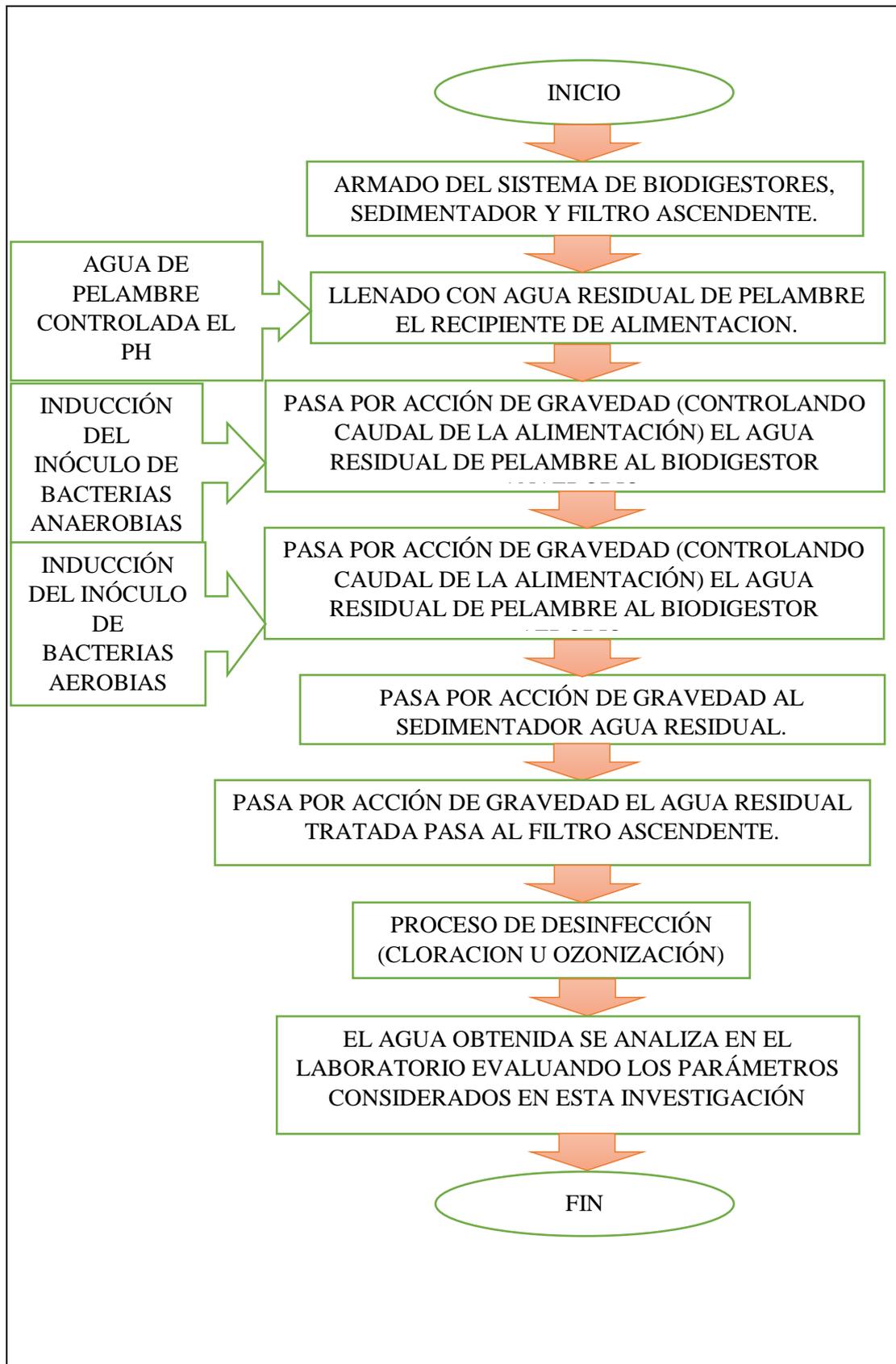
$$\text{Índice}_{BIODGD} = 0,39$$

De acuerdo al resultado obtenido del índice de biodegradabilidad se puede proceder con un tratamiento biológico o físico – químico siendo el mejor de los casos un tratamiento combinado el cual termina siendo objeto de esta investigación ya que además de la acción de microorganismos, es imprescindible el uso de productos químicos.

### 3.2 Pruebas de tratabilidad biológica aplicadas

Las pruebas de tratabilidad biológica son llevadas a cabo en una planta piloto de tratamiento de agua residual misma que fue extraída del punto final de descarga de agua residual de la empresa TENERÍA DÍAZ. Para lo cual es indispensable que la producción de dicha empresa esté en su normal funcionamiento la cual, mediante información y datos de la empresa durante la producción de pieles curtidas y específicamente los procesos de ribera se dan semanalmente. Como se había enunciado anteriormente en este documento, la empresa TENERÍA DÍAZ tiene a disposición dos bombos para efectos de ribera los cuales son conocidos como bombo 1 y bombo 2 teniendo una capacidad de 4200 Kg y 3100 Kg respectivamente.

A continuación, se describe el esquema utilizado como planta piloto en el tratamiento biológico del agua residual.



**Figura 1-3:** Esquema general de la planta piloto para llevar a cabo el tratamiento de agua residual de pelambre.

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### 3.2.1 Experimentación biológica ejecutada.

Armado del sistema de alimentación, biodigestores, sedimentador y filtro ascendente. Para la estructuración de la planta piloto de tratamiento se necesitó los siguientes materiales:

**Tabla 11-3:** Materiales empleados en la planta piloto.

Recipientes						
Tipo	Cantidad	Material	Volumen (L)			
Balde	4	PVC	18,93			
Bidón	1	PET	20,00			
Accesorios						
Nombre	Cantidad	Material	Diámetro (in)	Espesor de pared (mm)	Presión nominal (MPa)	Tipo de rosca
Acoples	8	PP	½	3,4	1	NPT
Codos	6	PP	½	3,4	1	NPT
Válvula de bola compacta	5	PVC	½	4,33	1	NPT
Uniones	3	PP	½	3,4	1	NPT
Válvula esférica estándar	1	Bronce con acabado cromado	½	4,33	1	NPT
Tubería cuatritubo	1	PP	½	3,4	1	NPT
Teflón	3	PTFE	--	--	--	--
Tapón	1	Caucho	¾	--	--	--

Fuente: (Plastigama 2019; 2016; Fvandina 2018)

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

**Tabla 12-3:** Equipos y reactivos empleados en la planta piloto.

Equipo				
Nombre	Deposito (galones)	Peso (Kg)	Máxima presión (bar)	Voltaje (V)
Campbell Hausfeld Compresor de aire sin aceite.	2	9,5	7,58	110
Reactivos				
Nombre	Cantidad	Uso real en la experimentación		
Cloruro férrico	1000 ml	90 ml		
Sulfato de manganeso	1 Kg	8 g		
PAC	250 ml	0,1 ml		
Floculante aniónico	200 ml	0,1 ml		
Hipoclorito de Ca	10 g	1 g		

Fuente: (campbellhausfeld 2020)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### 3.2.1.1 Alimentación

El recipiente de alimentación es un balde con un volumen de 18,93 L el cual, en su parte inferior dispone de un acople para ser conectado con una válvula esférica estándar para un mejor control del caudal de alimentación hacia el biorreactor anaerobio. Este recipiente será llenado manualmente con agua residual del proceso de ribera que incluye el proceso de pelambre, misma agua residual que el pH es reducido con cloruro férrico, debido a que en la escala de medición fue de 14 y es necesario un pH entre 7 – 10 para la siembra del inóculo de bacterias. Este es el primer nivel en que el agua residual de pelambre entra a la fase experimental para su respectivo tratamiento, posteriormente ingresa a este mismo recipiente de alimentación más agua de pelambre a neutralizar, funciona a base de muestras de recolección in situ por lo cual al término de la fase experimental este recipiente de alimentación tendrá en su haber cinco cargas con muestras de agua residual de pelambre, para la obtención final de agua tratada mediante procesos biológicos.



**Figura 2-3:** Recipiente de alimentación de agua residual

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

Al recipiente de alimentación se le añade manualmente 18 L de agua residual y se ajustara su pH con cloruro férrico a través de pruebas con el mismo volumen de 1 L de agua residual y haciendo uso de una probeta graduada de 100 ml se dosifica el cloruro férrico, la lectura del pH se toma con tiras para medir pH.

**Tabla 13-3:** Pruebas de dosificación de cloruro férrico para disminuir el pH.

L de agua residual	ml de FeCl <sub>3</sub>	Lectura de pH
1,00	1,13	13
1,00	2,00	12,50
1,00	3,50	11
1,00	4,50	10

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### 3.2.1.2 Procesos Anaerobios

Este evento anaerobio se da en un balde de 18,93 L que está unido mediante tubería PVC por la parte superior al recipiente de alimentación, este recipiente es conocido como reactor biodigestor anaerobio. Estructuralmente dicho biodigestor consta de dos acoples, el primer acople está en la parte media del reactor unido a una válvula de bola compacta que comunica con el segundo biodigestor a través de tubería PVC, y el segundo acople está en la parte inferior, unido a una válvula de bola compacta cuya función es dar paso a la salida de los productos formados conocidos como biol durante la estancia del agua residual en el reactor anaerobio.



**Figura 3-3:** Reactor anaerobio

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

En el biorreactor anaerobio el agua residual permanecerá por 15 días con el inoculo de bacterias. Los 15 días que el agua residual permanece en el biorreactor es para que cumpla en efecto las fases de la curva de crecimiento bacteriano, siendo su objetivo primordial oxidar la carga orgánica contenida en el agua residual mediante procesos degradativos, de fermentación y dentro de esta degradación fases hidrolíticas, acetogénicas y metanogénicas. Estos procesos se dan en carencia total o parcial de oxígeno, el inoculo de bacterias son de la clasificación bacterias facultativas al ser de origen entero bacteriano, es decir, servirán en el reactor anaerobio como en el reactor aerobio. Es de suma importancia el control del pH, puesto que las bacterias tienden a disminuir el pH de su medio de inoculación y su normal desarrollo se da entre 7 – 10.

**Tabla 14-3:** Preparación del inóculo de bacterias anaerobias.

Materia	Peso Kg
Excremento porcino	0,50
Cascaras secas de coco	0,25
Procedimiento	
Al agua residual de volumen 18 L agregada por gravedad desde el recipiente de alimentación al biodigestor anaerobio. Introducir directamente los residuos porcinos y las cascaras secas de coco para que las bacterias puedan tener una reproducción favorable y como medio habitable para las mismas, es importante una temperatura ambiente entre 20 y 25°C, tapar bien el recipiente con su misma tapa. Por un lapso de 15 días las bacterias darán lugar a sus procesos anaerobios y a la reducción de la carga orgánica del agua residual. Es importante el control del pH del agua residual cada 3 días.	

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

**Tabla 15-3:** Control de PH en el reactor anaerobio

Control de PH		
Día	Hora	Lectura de pH *
27-01-2020	10:00	10
29-01-2020	11:00	9,5
31-01-2020	10:30	9
03-02-2020	13:00	8,5
05-02-2020	12:00	8
07-02-2020	09:00	7,5
09-02-2020	10:45	7

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

**Nota:** (\*) La lectura se determina con tiras para medir pH.

### 3.2.1.3 *Procesos Aerobios*

Este evento aerobio se da en un balde de 18,93 L que está unido mediante tubería PVC por la parte superior al biodigestor anaerobio, este recipiente es conocido como biorreactor aerobio. Estructuralmente dicho biorreactor consta de un acople, dispuesto en la parte superior del recipiente, seguido de una unión y tubería PVC para comunicar con el sedimentador.



**Figura 4-3:** Reactor aerobio

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

Para este biodigestor aerobio su agua de alimentación es el agua que se ha tratado con el inóculo anaerobio. Al reactor aerobio se inducirá aire desde un compresor, se dosifica sulfato de manganeso como catalizador y una porción de melaza que sirve como nutriente para las bacterias aerobias. En este reactor el objetivo principal es oxidar los sulfuros presentes en el agua residual, mismos que son responsables de los malos olores en las curtiembres y contaminantes del agua. Por un lapso de 15 días se suministrará oxígeno desde un compresor además de la dosis adecuada de sulfato de manganeso para lograr dicha oxidación.

**Tabla 16-3:** Preparación del inóculo de bacterias aerobias.

Materia	Peso g
Excremento porcino	250
Melaza	250
Reactivos	
Sulfato de manganeso	10
Procedimiento	
Al agua residual de volumen 18 L agregada por gravedad desde el biodigestor anaerobio. Introducir directamente los residuos porcinos previamente diluidos en 500 ml de agua junto con la melaza siendo esta una fuente de nutrición para las bacterias aerobias y las cascaras secas de coco para que las bacterias puedan tener una reproducción favorable y como medio habitable para las mismas, es importante una temperatura ambiente entre 20 y 25°C, por un lapso de 15 días se suministra oxígeno desde un compresor con capacidad de 2 galones de aire comprimido y 8 g de sulfato de manganeso como catalizador para efectos de oxidación de sulfuros. En esta fase es importante el control del pH.	

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 17-3:** Dosificación de sulfato de manganeso para un volumen de 18 L, por un tiempo de 6 horas.

Hora	Cantidad (g)
09:00	1
09:05	1
09:10	1
09:15	1
09:20	1
09:25	1
09:30	1
09:35	1

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

A cabo de 6 horas de aireación en el biodigestor aeróbico disminuye considerablemente los olores característicos de sulfuros y estableciendo las dosificaciones proporcionadas se determinó una cantidad total de 8 g de sulfato de manganeso en un volumen de 18 L para el proceso de desulfuración del agua residual. En los posteriores 15 días fue importante el control del pH el cual no fue variable de gran importancia ya que el mismo se mantenía en 7 según la medición que indicaba las tiras para medir pH.

#### 3.2.1.4 Sedimentación

El proceso de sedimentación se lleva a cabo en un bidón de agua mineral de material PET el cual es comunicado con el biodigestor aerobio mediante tubería PVC, dicho sedimentador consta en su parte inferior de un tapón de caucho unido con tubería PVC a una válvula de bola compacta misma que sirve para efectos de salida de sedimentos producidos por los procesos biológicos en los biorreactores anaerobio y aerobio, por la parte superior del sedimentador esta un acople el cual mediante tubería PVC comunica el sedimentador con el filtro ascendente.



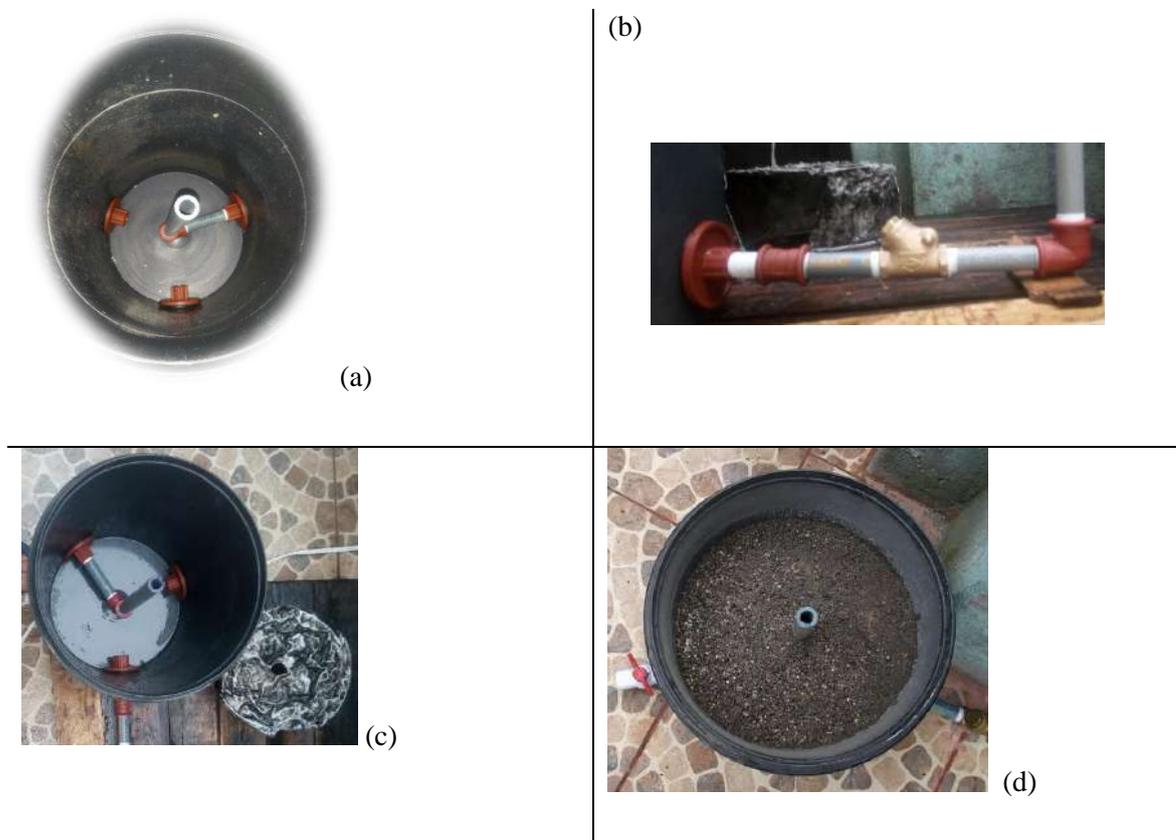
**Figura 5-3:** Sedimentador

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

El agua residual que sale del sedimentador pasa por gravedad directamente al filtro ascendente, los productos de esta operación son sedimentos en forma de lodo que se acumula en la parte inferior del recipiente y son sacados a través de la válvula compacta de bola cuando la mayoría de agua sin mucha cantidad de partículas suspendidas haya pasado al filtro ascendente. Cabe recalcar que los procesos biológicos producen pocos lodos por lo cual al término de la fase experimental no se evacuó poca cantidad de lodos.

### 3.2.1.5 Filtro Ascendente

El filtro ascendente es elaborado en un balde con capacidad de 18,93 L que por su parte inferior se comunica con la parte superior del sedimentador a través de tubería PVC. Estructuralmente el filtro consta de 3 acoples en su parte inferior. Un acople está unido por tubería PVC a una válvula check, misma que se une con el sedimentador por su parte superior a través de tubería PVC. El segundo acople ubicado en la parte inferior se une directamente con una válvula compacta de bola para efecto de salida de lodo e impurezas por la parte inferior. El tercer acople se une internamente con tubería PVC, misma tubería que da paso a la entrada del agua filtrada y externamente se une directamente con una válvula compacta de bola para la salida de agua tratada y filtrada. El filtro ascendente consta de dos fondos, en el fondo inferior retiene sedimentos, impurezas y en primera instancia es por donde empezara a ascender el agua tratada proveniente del sedimentador, además de proteger la tubería y accesorios del material pétreo ubicado superiormente, el fondo superior es donde se coloca los materiales que filtra la materia suspendida para el agua tratada dichos materiales que componen el filtro son 3 materiales pétreos dispuestos de inferior a superior y son ripio, piedrecillas de arena y arena propiamente dicha.



**Figura 6-3:** (a) filtro ascendente internamente, (b) unión con válvula check, (c) izq. fondo inferior del filtro, der. fondo superior, (d) filtro ascendente con el material pétreo.

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

Progresivamente, el agua que alimenta el filtro, procedente del sedimentador ira ascendiendo primero llegando al fondo inferior hasta llegar a la parte más alta del filtro. El reflujó de agua en el volumen del filtro es bloqueado gracias a la válvula check la cual permitirá el paso del agua hacia el filtro mas no el regreso del agua hacia el sedimentador. En un lapso de 2 días se puede observar claramente que el agua aparece progresivamente en la parte superior del filtro ascendente.



**Figura 7-3:** Primer aparecímiento de agua filtrada en un lapso de 2 días

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

Finamente el agua filtrada es llevada a un proceso de cloración para efectos de desinfección obteniendo así el agua tratada y lista para llevar a cabo los análisis en el laboratorio para los resultados finales comparando los resultados obtenidos con los resultados de parámetros llevados a tratamiento.

Según (MSPAS 2006) la dosificación de cloro es de 2 mg/L; cuando se utiliza cloro granulado (hipoclorito de calcio 65%), recomendando la siguiente ecuación; que se adapta para el caso de esta investigación.

$$\text{Peso de cloro} = \frac{\text{Volumen de agua} * \text{Dosis de cloro}}{\text{Concentración del cloro granulado} * 10} \quad (12)$$

$$\text{Peso de cloro} = \frac{18 \text{ L} * 2 \text{ mg/L}}{65 * 10}$$

$$\text{Peso de cloro} = 0,06 \text{ g de cloro granulado}$$

### 3.3 Cálculos de ingeniería

Como se menciona en la línea base de esta investigación la empresa TENERÍA DÍAZ dispone de una planta de sedimentación de sólidos con retención de grasas. Esta planta de sedimentación dispuesta por debajo del nivel del suelo dispone de tres cámaras de retención y una última cámara en la cual el agua no tratada desemboca a la alcantarilla pública, con este recuento se identifica que las aguas procesadas de ribera de la empresa TENERÍA DÍAZ ya disponen de una canal de salida y sistemas de rejillas en cada cámara, dejando libre de cualquier tipo de materia sólida a las aguas residuales.

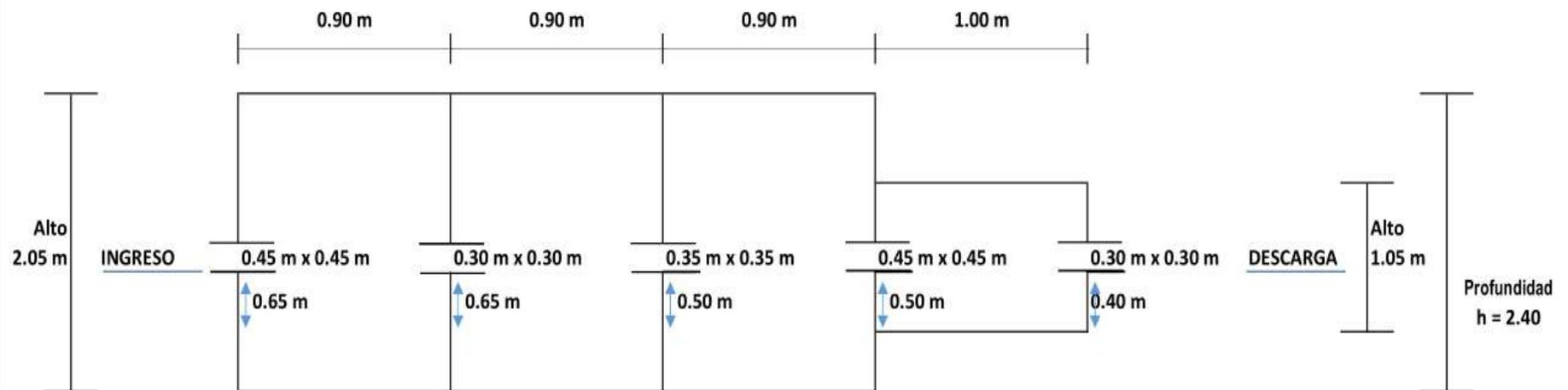
Los cálculos de ingeniería se realizan a partir de la penúltima cámara del sistema de sedimentación logrando así el tratamiento de un agua netamente residual y considerando la toma directa del caudal generado directamente en los bombos de procesos de pelambre.

**Tabla 18-3:** Medición del caudal de procesos de pelambre.

Fecha	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
11-12-2019	30	5,74	5,23
	30	6,10	4,92
14-01-2020	30	5,80	5,17
	30	5,98	5,02
31-01-2020	30	6,13	4,89
	30	6,03	4,98
11-02-2020	30	5,95	5,04
	30	5,91	5,08
03-03-2020	30	6,11	4,91
	30	6,07	4,94
Promedio de caudal: 5,018 L/s			

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### PLANTA SEDIMENTACION DE SOLIDOS CON RETENCION DE GRASAS



**Gráfico 2-3:** Esquema general a escala de la planta de sedimentación de solidos con retención de grasas

Fuente: TENERÍA DÍAZ CIA Ltda.

### 3.3.1 Diseño del biorreactor anaerobio.

La producción de agua residual de pelambre en la empresa TENERÍA DÍAZ no es continua, el proceso de pelambre se lleva a cabo generalmente una vez a la semana en 2 bombos para procesos de pelambre, sumando la capacidad de los dos bombos se determina un volumen de 7 m<sup>3</sup> de agua residual. Por lo cual según (ROTOPLAS 2018) catálogos de tanques plásticos, hay disponibilidad con capacidad para 10 m<sup>3</sup> que sería el idóneo para esta etapa del tratamiento.

- **Caudal de diseño**

$$Q_d = Q_g + Q_g * f_s \quad (13)$$

Donde:

$$Q_d = \text{caudal de diseño } m^3/día$$

$$Q_g = \text{caudal generado en proceso de ribera } m^3/día$$

$$f_s = \text{factor de seguridad (30\%)}$$

$$Q_d = 7 \frac{m^3}{día} + 7 \frac{m^3}{día} * 0,3$$

$$Q_d = 9,1 \frac{m^3}{día}$$

- **Volumen a funcionar en el biorreactor**

Las ecuaciones son adaptadas de (Pazmiño 2012):

$$V_f = V_t * 0,75 \quad (14)$$

Donde:

$$V_f = \text{volumen funcional (L)}$$

$$V_t = \text{volumen total del tanque (L)}$$

$$V_f = 10000 \text{ L} * 0,75$$

$$V_f = 7500 \text{ L}$$

- **Volumen a inocular al inicio**

$$V_{inc} = V_f * 0,15 \quad (15)$$

Donde:

$V_{inc} = \text{volumen de inoculación (L)}$

$$V_{inc} = 7500 * 0,15$$

$$V_{inc} = 1125 L$$

De este volumen de inóculo la mitad corresponderá a cascaras secas de frutos duros y la otra mitad corresponde a materia fecal seca porcina.

- **Volumen de sustrato inicial**

$$V_{si} = V_f - V_{inc} \quad (16)$$

Donde:

$V_{si} = \text{volumen de sustrato inicial (L)}$

$$V_{si} = (7500 - 1125) L$$

$$V_{si} = 6375 L$$

- **Carga inicial**

La carga inicial se estima para un caudal de agua residual que ingresara al biodigestor habiendo procesos de pelambre constantemente, realizando un balance de materia para un valor más preciso.

**Tabla 19-3:** Componentes para el balance de carga inicial.

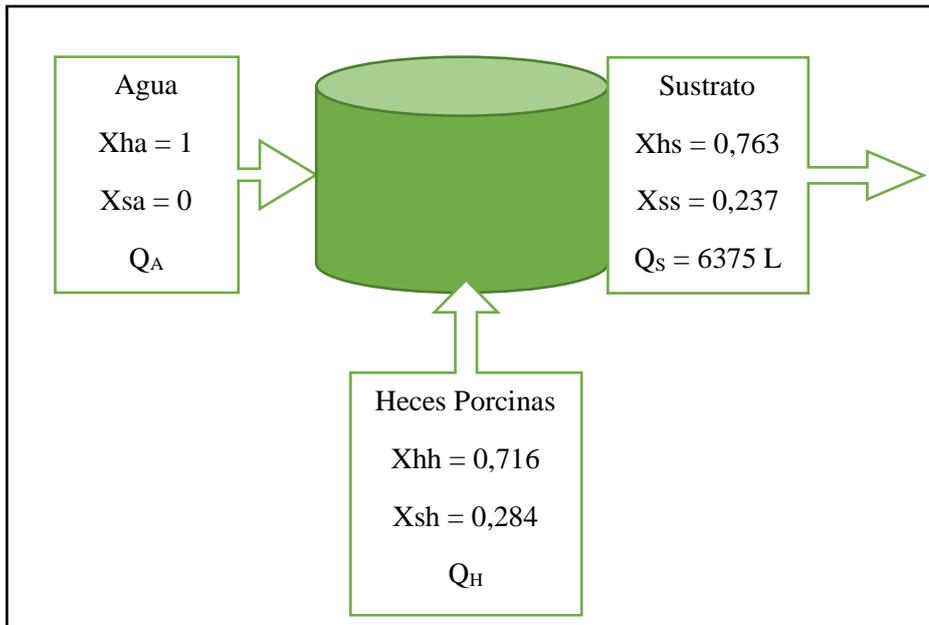
Componente	Variable	Unidad	Estimación de variable
Agua	% Húmedo	--	X <sub>ha</sub> =1
	% Seco	--	X <sub>sa</sub> =0
	Volumen al ingreso del biodigestor	L	Q <sub>A</sub>
Heces Porcinas	% Húmedo	--	X <sub>hh</sub> =0,716*
	% Seco	--	X <sub>sh</sub> =0,284
	Volumen al ingreso del biodigestor	Kg	Q <sub>H</sub>
Sustrato	% Húmedo	--	X <sub>hs</sub> =0,950
	% Seco	--	X <sub>ss</sub> =0,050
	Volumen de sustrato	L	V <sub>si</sub> = Q <sub>s</sub> = 6375

Fuente: (Pazmiño 2012)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

Nota:(\*) Valor de información técnica (Agroalimentaria 2018)

- **Relación agua – estiércol para sustrato de carga inicial a introducir al biorreactor anaerobio**



**Figura 8-3:** Representación del balance de materia para la carga inicial.

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

- **Balance de la porción seca.**

$$[X_{sa} * Q_A] + [X_{sh} * Q_H] = [X_{ss} * Q_S] \quad (17)$$

$$[0 * Q_A] + [0,284 * Q_H] = [0,050 * 6375]$$

$$Q_H = 1122,359 \text{ Kg}$$

- **Balance de la porción húmeda.**

$$[X_{ha} * Q_A] + [X_{hh} * Q_H] = [X_{hs} * Q_S] \quad (18)$$

$$[1 * Q_A] + [0,716 * 1122,359] = [0,950 * 6375]$$

$$Q_A = 5252,641 \text{ L}$$

- **Relación Agua/ estiércol**

$$Q_A/Q_H = 4,680 \text{ L/Kg}$$

### 3.3.2 *Cálculos de la potencia de la bomba para transporte de agua residual de pelambre al biorreactor anaerobio*

El agua residual de pelambre habiendo pasado las etapas de sedimentación. La cámara final que se encuentra bajo el nivel del suelo, su agua residual será llevada al biodigestor anaerobio mediante una bomba.

Evitando la generación de las perdidas por fricción se considera una velocidad de 2 m/s.

Y un tiempo límite de 30 minutos para el llenado del tanque con 7 m<sup>3</sup> de agua residual de pelambre.

- **Diámetro de la tubería**

Caudal de la última cámara de la planta de sedimentación a circular por la bomba.

$$Q = \frac{7 \text{ m}^3}{1800 \text{ s}} = 0,00382 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} \quad (19)$$

Donde:

$Q$  = caudal de salida en la ultima cámara de descarga (m<sup>3</sup>/s)

$\Phi$  = diametro de la tubería (m)

$v$  = velocidad para evitar perdidas por fricción ( $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ )

$$\Phi = \sqrt{\frac{0,00382 \text{ m}^3/\text{s} * 4}{2 \text{ m/s} * \pi}}$$

$$\Phi = 0,0493 \text{ m} = 2 \text{ in}$$

- **Numero de Reynolds**

$$N_{Re} = \frac{v \cdot \Phi \cdot \rho}{\mu} \quad (20)$$

Donde:

$N_{Re}$  = número de Reynolds

$\rho$  = densidad del agua a 15°C ( $\frac{Kg}{m^3}$ )

$\mu$  = viscosidad dinámica a 15°C ( $\frac{Kg}{m.s}$ )

$$N_{Re} = \frac{2 \text{ m/s} * 0,0493 \text{ m} * 999.19 \text{ Kg/m}^3}{0,001139 \text{ Kg/m.s}}$$

$$N_{Re} = 86497,045$$

- **Factor de fricción de fanning**

**Tabla 20-3:** Rugosidad absoluta de materiales.

Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01
Tubos estirados de acero	0,0024
Tubos de latón o cobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024

Fuente: (Baixardoc 2019)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 211-3:** Dimensiones de los tubos de polietileno según norma INTN.

Diámetro nominal (in)	Diámetro externo (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interno (mm)
2	63	5,7	51,6
4	125	11,4	102,2

Fuente: (ESSAP 2011)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\Phi_{\text{interno}}} \quad (21)$$

Donde:

$\epsilon_r$  = rugosidad relativa

$\varepsilon = \text{rugosidad absoluta (mm)}$

$\Phi_{\text{interno}} = \text{diámetro interno (mm)}$

$$\varepsilon_r = \frac{0,0015}{51,6}$$

$$\varepsilon_r = 2,907 * 10^{-5}$$

$$f = 0,25 \left[ \log_{10} \left( \frac{\varepsilon_r}{3,7} + \frac{5,74}{N_{Re}^{0,9}} \right) \right]^{-2} \quad (22)$$

$$f = 0,25 \left[ \log_{10} \left( \frac{2,907 * 10^{-5}}{3,7} + \frac{5,74}{86497,045^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

$$f = 0,018$$

- **Pérdidas primarias**

$$h_A = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad (23)$$

Donde:

$h_A = \text{pérdidas primarias (m)}$

$L = \text{longitud de la tubería hasta el biodigestor anaerobio (5m)}$

$D = \text{diámetro de la tubería (m)}$

$$h_A = 0,018 \left( \frac{5m}{0,0493 m} \right) \left( \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$h_A = 0,37 \text{ m}$$

- **Pérdidas secundarias**

**Tabla 22-3:** Constantes de accesorios requeridos

Accesorio	Cantidad	Constante (K)
Reducción brusca	1	0,35
Ampliación brusca	1	0,20
Codos de 90°	3	0,90

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

$$h_{A (rb)} = K \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad (24)$$

Donde:

$h_{A (rb)}$  = pérdidas secundarias por reducción brusca

$$h_{A (rb)} = 0,35 \left( \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$h_{A (rb)} = 0,071 \text{ m}$$

$$h_{A (ab)} = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

$h_{A (ab)}$  = pérdidas secundarias por ampliación brusca

$$h_{A (ab)} = 0,20 \left( \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$h_{A (ab)} = 0,040 \text{ m}$$

$$h_{A (acc)} = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

$h_{A (acc)}$  = pérdidas secundarias por accesorios (m)

$$h_{A (acc)} = 2,70 \left( \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$h_{a (acc)} = 0,55 \text{ m}$$

- **Pérdidas por fricción**

$$\sum hf = h_A + h_{A (rb)} + h_{A (ab)} + h_{a (acc)} \quad (25)$$

Donde:

$$\sum h_f = \text{pérdidas por fricción}$$

$$\sum h_f = 0,37 \text{ m} + 0,071 \text{ m} + 0,040 \text{ m} + 0,55 \text{ m}$$

$$\sum h_f = 1,031 \text{ m}$$

- **Altura de carga de la bomba**

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} + \frac{\Delta V^2}{2g} + \Delta Z + \sum h_f \quad (26)$$

Donde:

$H =$  altura de carga de la bomba (m)

$\Delta P =$  incremento de la presión (Pa)

$\Delta V =$  incremento de la velocidad (m/s)

$\Delta Z =$  incremento de la altura (m)

$\sum h_f =$  pérdidas por fricción (m)

$\rho =$  densidad del líquido (Kg/m<sup>3</sup>)

$g =$  aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

$$H = 0 + \frac{(0 - 2 \text{ m/s})^2}{2 (9,81 \text{ m/s}^2)} + (3 \text{ m} - (-1,5\text{m})) + 1,031 \text{ m}$$

$$H = 5,735 \text{ m}$$

- **Peso específico**

$$\delta = \rho * g \quad (27)$$

Donde:

$\delta =$  peso específico (Kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

$$\delta = 999,19 \text{ Kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\delta = 9802,05 \text{ Kg/m}^2\text{s}^2$$

- **Potencia de la bomba**

$$P_{bomba} = H \delta Q \quad (28)$$

Donde:

$P_{bomba}$  = potencia de la bomba (W)

$$P_{bomba} = 5,735m * 9802,05 \frac{Kg}{m^2s^2} * 0,00382 m^3/s$$

$$P_{bomba} = 495 W = 0,66 HP$$

- **Potencia real**

$$P_{real} = \frac{P_{bomba}}{\eta} \quad (29)$$

Donde:

$P_{real}$  = potencia real de la bomba (HP)

$\eta$  = rendimiento de la bomba (75%)

$$P_{real} = \frac{0,66 HP}{0,75}$$

$$P_{real} = 0,88 HP$$

Adaptando una bomba centrifuga de 1 HP para efectos de alimentación al biodigestor anaeróbico con agua residual de proceso de pelambre.

### 3.3.3 Diseño para el biorreactor aeróbico.

Para efectos de oxidación de los sulfuros en el agua de pelambre y para asegurar la supervivencia de las bacterias aeróbicas; es necesario la aireación para lo cual es importante conocer la potencia del compresor para obtener los resultados esperados haciendo una consideración estándar de eficiencia de compresión del 80%.

En la investigación de (Salas 2005) indica que para la oxidación de sulfuros se utiliza de 0,4 Kg de Sulfato de manganeso y 60 m<sup>3</sup> de aire por 1 m<sup>3</sup> de agua residual en la industria de curtiembre.

Las ecuaciones son adaptadas a esta investigación de (Cueto 2011)

- **Presión hidrostática**

$$P_h = \rho g h_t \quad (30)$$

Donde:

$P_h =$  presión hidrostática (Pa)

$\rho =$  densidad del agua residual ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$g =$  aceleración gravitacional ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$h_t =$  altura del tanque de aireación (m)

$$P_h = 998,29 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 2 \text{ m}$$

$$P_h = 19586,45 \text{ Pa}$$

- **Presión total**

$$P_T = P_h + P_{atm} \quad (31)$$

Donde:

$P_T =$  presión total (Pa)

$P_{atm} =$  presión atmosférica del cantón Ambato (101550,6 Pa)

$$P_T = 19586,45 \text{ Pa} + 101550,6 \text{ Pa}$$

$$P_T = 121137,05 \text{ Pa} = 17,6 \text{ psi}$$

- **Incremento de la temperatura**

$$\Delta T = \frac{T_1}{\eta} \left[ \left( \frac{P_T}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right] \quad (32)$$

Donde:

$\Delta T =$  incremento de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_1 =$  temperatura ambiente (293,15 K)

$\eta =$  eficiencia del compresor (80%)

$$\Delta T = \frac{293,15 \text{ K}}{0,80} \left[ \left( \frac{17,4 \text{ psi}}{14,7 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- **Temperatura a la salida del compresor**

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (33)$$

Donde:

$T_2 =$  temperatura de salida aire comprimido

$$T_2 = 20\text{ }^\circ\text{C} + 18\text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 38\text{ }^\circ\text{C} = 311,15\text{ K}$$

- **Potencia de entrada del compresor**

Con la experimentación realizada en la planta piloto se suministró aire por un lapso de 6 horas por lo cual se adapta al volumen de agua a tratar proveniente del biodigestor anaerobio en el tanque de aireación que según cálculos realizados anteriormente es de 6375 L.

$$Q_A = 60 \frac{V_{BA}}{T_{PP}} \quad (34)$$

Donde:

$Q_A =$  caudal de aire

$V_{BA} =$  volumen de agua proveniente del biodigestor anaerobio

$T_{PP} =$  tiempo empleado para la oxidación de sulfuros en la planta piloto

$$Q_A = 60 \frac{6.375\text{ m}^3}{6\text{ h}}$$

$$Q_A = 63,75\text{ m}^3/\text{h} = 37,52\text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\dot{m} = Q_A = \frac{63,75\text{ m}^3\text{ aire}}{\text{h}} * \frac{1,2041\text{ Kg aire}}{1\text{ m}^3\text{ aire}} * \frac{1\text{ h}}{3600\text{ s}} = 0,021\text{ Kg/s}$$

Balance de energía para determinar la potencia de entrada del compresor, considerando una pérdida de calor del compresor de 16 KJ/Kg según (Cengel & Boles, 2014, p 236)

$$\dot{E}_{ent} - \dot{E}_{sal} = \frac{dE_{sistema}}{dt} \quad (35)$$

Donde:

$\dot{E}_{ent} - \dot{E}_{sal} =$  tasa de transferencia de energía neta por calor, trabajo y masa

$\frac{dE_{sistema}}{dt} =$  tasa de cambio de energías interna, cinética y potencial. = 0

$$\dot{E}_{entrada} = \dot{E}_{salida}$$

$$\dot{W}_{entrada} + \dot{m}h_1 = \dot{Q}_{salida} - \dot{m}h_2$$

$$\dot{W}_{entrada} = \dot{m}q_{salida} + \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (36)$$

Donde:

$\dot{W}_{entrada}$  = potencia necesaria del compresor (KW)

$\dot{m}$  = flujo másico del aire (Kg/s)

$q_{salida}$  = pérdida de calor (KJ/Kg)

$h_n$  = entalpía dependiendo de la temperatura (KJ/Kg)

$h_1$  a 293,15 K } 293,32 KJ/Kg

$h_2$  a 311,15 K } 311,40 KJ/Kg

$$\dot{W}_{entrada} = 0,021 \frac{Kg}{s} * 16 \frac{KJ}{Kg} + 0,021 \frac{Kg}{s} \left( 311,40 \frac{KJ}{Kg} - 293,15 \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$\dot{W}_{entrada} = 0,72 \text{ KW} = 0,96 \text{ HP}$$

La potencia necesaria del compresor es de 1 HP.

### 3.3.4 Diseño del sedimentador

- **Volumen del sedimentador**

$$V_S = V_{AP} + V_{AP} * 0,3 \quad (37)$$

Donde:

$V_S$  = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

$V_{AP}$  = volumen de agua proveniente del bioreactor aerobio (m<sup>3</sup>)

0,3 = factor de seguridad 30%

$$V_S = 5 \text{ m}^3 + 5 \text{ m}^3 * 0,3$$

$$V_S = 5,2 \text{ m}^3$$

- **Volumen cilíndrico del sedimentador**

En la unidad sedimentadora de la experiencia realizada en la planta piloto se evacuo 0,5 L de lodo por los 18,93 L de capacidad del recipiente, es decir, por cada 5000 L de agua proveniente del biorreactor aerobio se evacuará 132 L de lodo de la unidad de sedimentación.

$$V_S = V_{CS} + V_C \quad (38)$$

Donde:

$V_{CS} = \text{volumen cilíndrico del sedimentador (m}^3\text{)}$

$V_C = \text{volumen conocilindro (m}^3\text{)}$

$$5,2 \text{ m}^3 = V_{CS} + 0,132 \text{ m}^3$$

$$V_{CS} = 5,068 \text{ m}^3$$

- **Radio del cilindro sedimentador**

$$r_{CS} = \sqrt{\frac{V_{CS}}{\pi * H_{CS}}} \quad (39)$$

Donde:

$r_{CS} = \text{radio del cilindro del sedimentador (m)}$

$H_{CS} = \text{altura del cilindro en el sedimentador (2m)}$

$$r_{CS} = \sqrt{\frac{5,068 \text{ m}^3}{\pi * 2 \text{ m}}}$$

$$r_{CS} = 0,9 \text{ m}$$

- **Altura cónico-inferior del sedimentador**

$$h_C = \frac{3 * V_C}{\pi * (r_{CS}^2 + r_{SC}^2 + (r_{CS} * r_{SC}))} \quad (40)$$

Donde:

$h_C = \text{altura cónica (m)}$

$r_{SC} = \text{radio salida cónica (0,05 m)}$

$$h_C = \frac{3 * 0,132 \text{ m}^3}{\pi * (0,9^2 \text{ m} + 0,05^2 \text{ m} + (0,9 \text{ m} * 0,05 \text{ m}))}$$

$$h_C = 0,2 \text{ m}$$

### 3.3.5 Diseño del filtro ascendente

**Tabla 23-3:** Guía de diseño para filtros gruesos con flujo ascendente.

Criterio	Unidad	Valor recomendado
Periodo de diseño	años	10 – 15
Periodo de operación	h/d	24
Velocidad de filtración	m/h	0,1 – 0,2
Número de unidades FGAS	---	2 – 3
Lecho filtrante FGAS	m	1,15 – 2,35
Altura útil	m	2,0
Lecho de soporte total	m	0,30 – 1,25
Altura sobrenadante de agua	m	0,10 – 0,20
Carga de agua para lavado a contraflujo	m	2,5 – 3,0
Área de filtración por unidad	m <sup>2</sup>	15 – 25

Fuente: (OPS/CEPIS/06.174 2005)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

- **Área del filtro**

$$A_{FA} = \frac{V_r}{H_f} \quad (41)$$

$A_{FA}$  = área del filtro ( $m^2$ )

$V_r$  = volumen de agua residual de pelambre ( $7 m^3$ )

$H_f$  = altura del filtro ( $2 m$ )

$$A_{FA} = \frac{7 m^3}{2 m}$$

$$A_{FA} = 3,5 m^2$$

- **Caudal de llenado del filtro**

$$Q_F = v_f A_{FA} \quad (42)$$

$Q_F$  = caudal necesario para filtrar el agua ( $m^3/h$ )

$v_f$  = velocidad de filtración según guía de especificaciones ( $0,3 m/h$ )

$$Q_F = 0,1 \frac{m}{h} * 3,5 m^2$$

$$Q_F = 0,35 m^3/h$$

- **Altura total del filtro**

$$H_T = H_U + 0,30 \quad (43)$$

Donde:

$H_T =$  altura total del filtro ascendente (m)

$H_U =$  altura recomienda según guía de especificaciones (2 m)

$$H_T = 2 m + 0,30$$

$$H_T = 2,30 m$$

En cuanto a estos cálculos se puede adaptar un filtro similar a la experiencia realizada en la planta piloto adaptando diferentes materiales en cuanto a espesor y consistencia desde la parte inferior del filtro hasta la parte superior

- Falso fondo: 0,30 m
- Grava gruesa: 0,70 m
- Grava fina: 0,50 m
- Arena: 0,30 m
- Espacio para el agua filtrada para su desfogue: 0,50 m

### 3.3.6 Dimensionamiento de lecho de secado para lodos

Las ecuaciones son adaptadas para esta investigación según OPS/CEPIS/05.163, 2018.

- **Carga de solidos suspendidos totales**

$$C_{ST} = Q_d S_T \quad (44)$$

Donde:

$C_{ST} =$  carga de sólidos suspendidos totales ( $Kg/día$ )

$S_T =$  sólidos suspendidos totales ( $Kg/m^3$ )

$$C_{ST} = 9,1 \frac{m^3}{día} * 0,45 \frac{Kg}{m^3}$$

$$C_{ST} = 4,095 Kg/día$$

- **Masa de lodo**

$$M_{lodo} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C_{ST}) + (0,5 * 0,3 * C_{ST}) \quad (45)$$

Donde:

$M_{lodo}$  = masa sólida que conforma el lodo ( $Kg/día$ )

$$M_{lodo} = \left(0,5 * 0,7 * 0,5 * 4,095 \frac{Kg}{día}\right) + \left(0,5 * 0,3 * 4,095 \frac{Kg}{día}\right)$$

$$M_{lodo} = 1,33 \text{ Kg}/día$$

- **Volumen de lodos digeridos**

$$V_{l-dig} = \frac{M_{lodo}}{\rho_{lodo} \left(\frac{\% \text{ sólidos en lodo}}{100}\right)} \quad (46)$$

Donde:

$V_{l-dig}$  = volumen de lodos digeridos a diario ( $L/día$ )

$\rho_{lodo}$  = densidad de lodo ( $1,04 \text{ Kg}/L$ )\*

% sólidos en lodo = % sólido contenido en lodo (varia entre 8 – 12 %)\*

\* = valores en base a OPS/CEPIS/05.163, 2018

$$V_{l-dig} = \frac{1,33 \text{ Kg}/día}{1,04 \text{ Kg}/L * (12/100)}$$

$$V_{l-dig} = 10,7 \text{ L}/día$$

- **Volumen de lodos a extraer**

**Tabla 242-3:** Tiempo para digestión de lodos con variación de temperatura.

Tiempo de lodos en digestión (días)	Temperatura (°C)
30	> 25
40	20
55	15

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163 2018)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

$$V_E = \frac{V_{l-dig} T_{dig}}{1000} \quad (47)$$

Donde:

$V_E = \text{volumen de extracción de lodo (m}^3\text{)}$

$T_{dig} = \text{tiempo de digestión del lodo extraído (día)}$

$$V_E = \frac{10,7 \text{ L/día} * 40 \text{ día}}{1000}$$

$$V_E = 0,428 \text{ m}^3$$

**Tabla 25-3:** Consideraciones para el lecho de secado de lodos.

Especificación	Valor (m)
Altura del lecho	0,30 – 0,40
Longitud del lecho	3 – 6

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163 2018)

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

- **Área de lecho para secado de lodo**

$$A_L = \frac{V_E}{h_{LS}} \quad (48)$$

Donde:

$A_L = \text{área del lecho para el secado del lodo (m}^2\text{)}$

$h_{LS} = \text{altura para del lecho (0,30m)}$

$$A_L = \frac{0,428 \text{ m}^3}{0,30 \text{ m}}$$

$$A_L = 1,43 \text{ m}^2$$

- **Ancho para el lecho de secado**

$$B_L = \frac{A_L}{L_L} \quad (49)$$

Donde:

$B_L = \text{ancho para el lecho de secado de lodos (m)}$

$L_L = \text{longitud para el lecho de secado de lodos (m)}$

$$B_L = \frac{1,43 \text{ m}^2}{4 \text{ m}}$$

$$B_L = 0,40 \text{ m}$$

- **Volumen del lecho de secado para lodos**

$$V_{LECHO} = L_L B_L h_{LS} \quad (50)$$

Donde:

$V_{LECHO}$  = volumen del lecho de secado para lodos ( $m^3$ )

$$V_{LECHO} = 4 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 0,30 \text{ m}$$

$$V_{LECHO} = 0,50 \text{ m}^3$$

### 3.4 Compendio de Resultados obtenidos

**Tabla 26-3:** Características generales del biodigestor anaerobio.

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Volumen funcional del biodigestor.</b>	L	7500
<b>Volumen a inocular al inicio</b>	L	1125
<b>Volumen del sustrato inicial.</b>	L	6375
<b>Volumen de agua al ingreso del biodigestor.</b>	L	5252,641
<b>Volumen de excrementos porcinos.</b>	Kg	1122,359
<b>Relación agua – estiércol.</b>	L/Kg	4,680
<b>Recipiente de PE para uso como biodigestor anaerobio.</b>	L	10000

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 273-3:** Sistema de bombeo hacia el biodigestor anaerobio.

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
<b>Caudal en la tubería</b>	$m^3/s$	0,012
<b>Diámetro de la tubería</b>	in	4
<b>Perdidas por fricción</b>	m	0,821

<b>Altura de carga de la bomba</b>	m	4,205
<b>Potencia de la bomba</b>	HP	1

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 28-3:** Sistema de aireación.

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Tanque para aireación de PE</b>	L	10000
<b>Presión total</b>	psi	17,4
<b>Temperatura del aire a la entrada del compresor.</b>	K	293,15
<b>Temperatura del aire a la salida del compresor.</b>	K	311,15
<b>Caudal de aire</b>	m <sup>3</sup> /h	63,75
<b>Flujo masico de aire</b>	Kg/s	0,021
<b>Perdidas de calor del compresor</b>	KJ/Kg	16
<b>Potencia del compresor</b>	HP	1

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 29-3:** Especificaciones para el tanque sedimentador

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Volumen del sedimentador</b>	m <sup>3</sup>	5,2
<b>Volumen cilíndrico del sedimentador</b>	m <sup>3</sup>	5,068
<b>Volumen cono - cilíndrico</b>	m <sup>3</sup>	0,132
<b>Radio del cilindro del sedimentador</b>	m	0,9
<b>Radio de salida inferior del sedimentador</b>	m	0,05
<b>Altura del cilindro del sedimentador</b>	m	2

<b>Altura cónica del sedimentador</b>	m	0,2
---------------------------------------	---	-----

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 30-3:** Especificaciones para el filtro ascendente.

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Área del filtro</b>	m <sup>2</sup>	3,5
<b>Caudal de llenado del filtro</b>	m <sup>3</sup> /h	0,35
<b>Altura total del filtro</b>	m	2,30
<b>Falso fondo</b>	m	0,30
<b>Grava gruesa</b>	m	0,70
<b>Grava fina</b>	m	0,50
<b>Arena</b>	m	0,30
<b>Espacio para el agua de filtrado y para su desfogue</b>	m	0,50

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 31-3:** Especificaciones para el lecho de secado

<b>Criterio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Carga de solidos suspendidos totales.</b>	Kg/día	4,095
<b>Masa de lodo</b>	Kg/día	1,33
<b>Volumen de lodo digeridos.</b>	L/día	10,7
<b>Volumen de lodo a extraer.</b>	m <sup>3</sup>	0,428
<b>Área del lecho para secado del lodo.</b>	m <sup>2</sup>	1,43
<b>Ancho para el lecho de secado.</b>	m	0,40
<b>Volumen del lecho de secado.</b>	m <sup>3</sup>	0,50

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### **3.4.1 *Materia y reactivos necesarios para llevar a cabo el tratamiento de agua residual procedente de ribera***

- **Cloruro férrico:** es un haluro de hidrogeno que industrialmente se utiliza en tratamiento de aguas residuales como coagulante, para esta investigación fue de vital importancia para llegar a su objetivo primordial que es la coagulación y para la reducción de unidades de pH, debido a que las aguas residuales procedentes del proceso de ribera poseen unidades de pH elevadas que van de 10 hasta 13,5 u pH.
- **Inoculo de bacterias anaerobias:** las bacterias anaerobias son imprescindibles para cumplir con el objetivo de la reducción de la carga orgánica de las aguas residuales del proceso de ribera, dichas bacterias se desarrollan y cumplen con sus funciones específicas en un rango de pH y temperatura específicas para lograr mejores resultados en cuanto al objetivo indicado.
- **Sulfato de manganeso:** esta sal oxi-sal neutra es uno de los reactivos importantes para cumplir con la oxidación de sulfuros, mismos que por acción del sulfato de manganeso serán modificados a iones sulfatos. Teniendo en cuenta que las aguas residuales procedentes del proceso de ribera poseen una alta carga de sulfuros de hidrogeno por efecto de utilización de compuestos sulfurados en el proceso de pelambre.
- **Hipoclorito de calcio 65%:** este compuesto es importante para la fase final del proceso de tratamiento de agua residual, este compuesto será suministrado al termino de haber salido el agua tratada del filtro ascendente para eliminar bacterias, algas, hongos y microorganismos.

### **3.5 *Requerimiento de tecnología, equipos, maquinaria y análisis costo beneficio.***

El requerimiento de equipos tecnológicos es imprescindible para poner en marcha un proceso técnico, es así que en la siguiente tabla se tomara en cuenta aquellos materiales y equipos necesarios que serán de utilidad en el diseño de la PTAR.

Además de enlistar aquellos productos químicos que serán indispensables para el tratamiento del agua y su gasto mensual para requerimientos de funcionalidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de procesos de ribera.

**Tabla 32-3:** Requerimiento de equipos y materiales para tratamiento de agua de ribera.

<b>Material/Equipo</b>	<b>Materia de fabricación.</b>	<b>Unidad de medición.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Precio unitario USD</b>	<b>Precio total USD</b>
<b>Biodigestor Anaerobio</b>					
<b>Tubería plástica de 4 in.</b>	PVC	m	2	35,00/ 6m	70,00
<b>Codos 4 in.</b>	PVC	--	4	5,00	20,00
<b>Unión universal 3 o 4 in.</b>	PVC	--	2	9,00	18,00
<b>Bomba</b>	--	HP	1	180,00	180,00
<b>Acoples de tanque 3 o 4 in.</b>	PVC		2	16,00	32,00
<b>Tanque biodigestor de 10000 L</b>	PE	L	1	3000,00	3000,00
				Subtotal	3320,00
<b>Biodigestor Aeróbico</b>					
<b>Acople de tanque 3 o 4 in.</b>	PVC	--	1	16,00	16,00
<b>Manguera para compresor.</b>	Caucho sintético	m	1	20,00/ 7m	20,00
<b>Compresor</b>	--	--	1	350,00	350,00
<b>Bomba</b>	--	HP	1	180,00	180,00
<b>Válvula check 3 in.</b>	PVC	--	1	50,00	50,00
<b>Tanque para aireación.</b>	PE	L	1	3000,00	3000,00
				Subtotal	3616,00
<b>Tanque Sedimentador</b>					
<b>Acero</b>	Inoxidable	--	6	1/200	1200
<b>Neplo Galvanizado</b>	Galvanizado	--	1	1/25	25
<b>Válvula de bola</b>	Acero inoxidable	in	2	1	10,00

				Subtotal	1235,00
<b>Filtro Ascendente</b>					
<b>Limpieza y desbroce.</b>	--	m <sup>2</sup>	4	15,00	60,00
<b>Excavación manual.</b>	--	m <sup>2</sup>	4	15,00	60,00
<b>Hormigón Simple f'c= 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>	--	m <sup>3</sup>	6,9	200,00	1380,00
<b>Enlucido vertical.</b>	--	m <sup>2</sup>	44	10,00	440,00
<b>Espesor de grava gruesa.</b>	--	m <sup>3</sup>	1,7	35,00	60,00
<b>Espesor de grava fina.</b>	--	m <sup>3</sup>	0,88	40,00	35,00
<b>Espesor de arena.</b>	--	m <sup>3</sup>	0,32	25,00	8,00
<b>Tubería y accesorios</b>	PVC y PP	--	--	60,00	60,00
				Subtotal	2103,00
<b>Lecho Para Secado de Lodos</b>					
<b>Hormigón Simple f'c= 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>	--	m <sup>3</sup>	1,83	200,00	366,00
<b>Tuberías y accesorios</b>	PVC y PP	--	--	100,00	100,00
				Subtotal	466,00
				Subtotal de implementos	10740,00
				Inesperados (5%)	480,00
				Asesoría Técnica	3000,00
				Mano de Obra	960,00
				<b>Total</b>	<b>15180,00</b>

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

**Tabla 33-3:** Productos químicos de principal uso.

Producto	Dosificación en cada descarga	Costo unitario del producto	Costo por descarga	Costo mensual
Cloruro férrico	15 L	0,75 USD/ Kg	11,25 USD	45 USD
Sulfato de manganeso	2 Kg	0.75 USD/Kg	1,50 USD	6 USD
Hipoclorito de calcio 65%	15 g	1 USD/Kg	0,15 USD	0,60 USD
			Total	51,60 USD

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

## CAPITULO IV

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Resultados de análisis obtenidos del agua residual de pelambre después de los tratamientos biológicos aplicados.

Los datos iniciales de la caracterización del agua residual de los procesos de ribera de la empresa TENERÍA DÍAZ fueron proporcionados por la misma empresa como parte de apoyo por parte de la misma a esta investigación experimental. Estos datos son evaluados semestralmente por pedido de la empresa TENERÍA DÍAZ, los cuales son ejecutados por y bajo la supervisión de un laboratorio calificado, de esta información proporcionada por la empresa los parámetros que no cumplieran con las especificaciones del Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, fueron en esta investigación el principal objetivo de orientar su valor de parámetro al límite máximo permisible. Obteniendo los siguientes valores de parámetros del agua tratada en la planta piloto.

**Tabla 14-4:** Resultados obtenidos

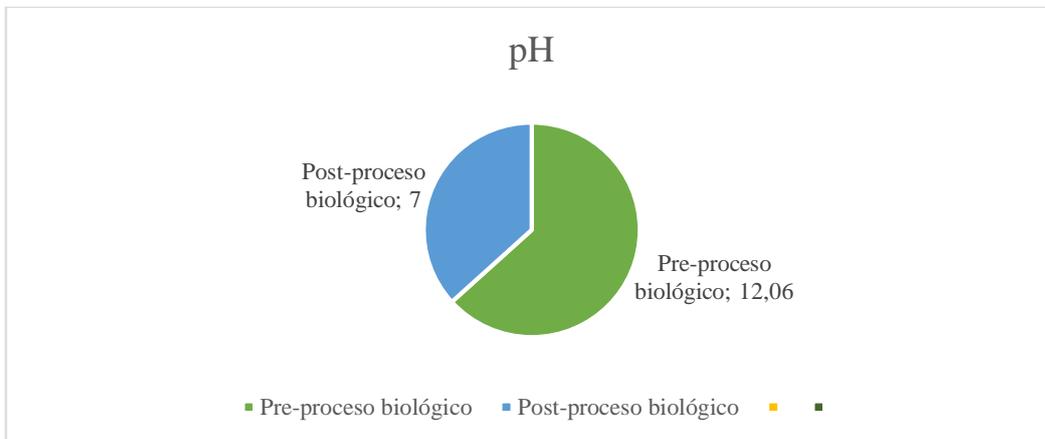
Parámetro	Unidad	Agua residual sin tratar	Agua residual tratada	Límite máximo permisible
POTENCIAL HIDROGENO	--	12,06	7,6	6 – 9
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	mg/L	2037,11	250,0	250,0
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mg/L	7527,50	263,0	500,0
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	450,0	220,0	220,0
FENOLES	mg/L	1,30	0,2	0,2
SULFUROS DE HIDROGENO	mg/L	288,40	0,054	1,0

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

#### 4.1.1 Representación gráfica de parámetros tratados antes y después del tratamiento biológico.

##### 4.1.1.1 Potencial hidrogeno

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 1-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica una reducción de 5,06 u pH.

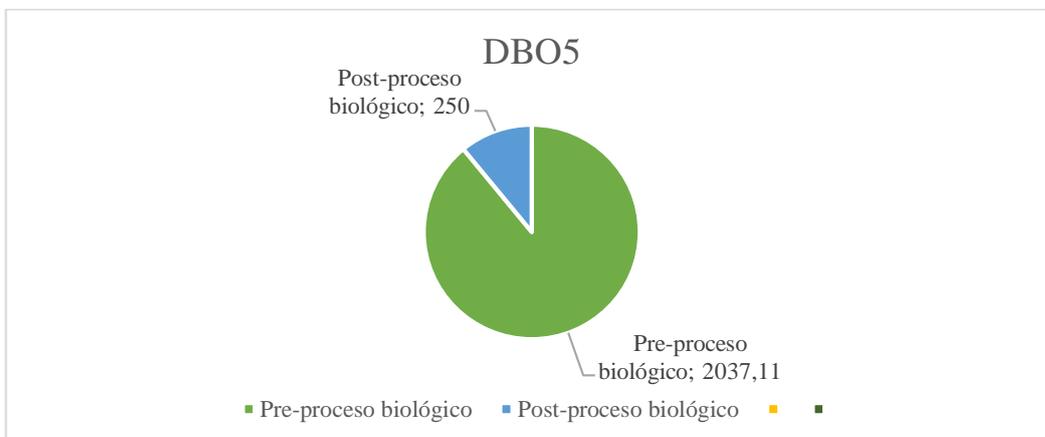


**Gráfico 1-4:** Reducción de pH

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

##### 4.1.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 2-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica un porcentaje de remoción 92%.

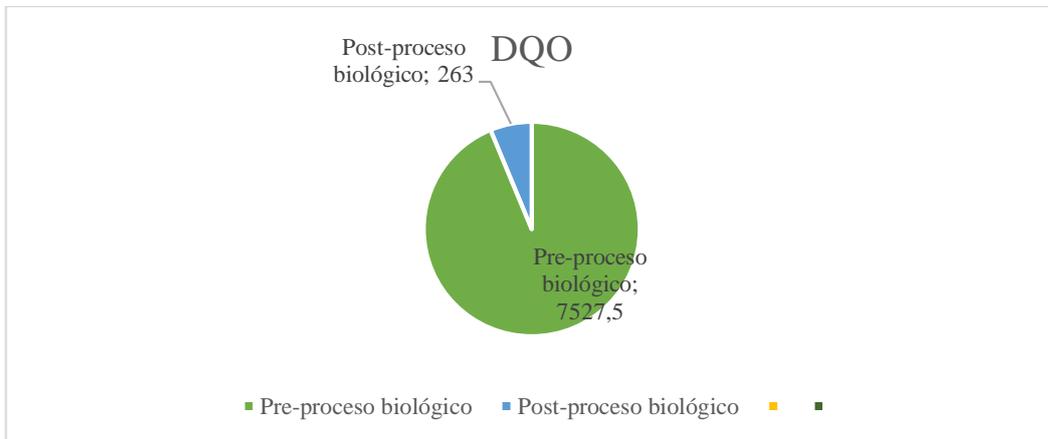


**Gráfico 2-4:** Remoción de la DBO

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

#### 4.1.1.3 Demanda química de oxígeno

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 3-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica un porcentaje de remoción de 96.5%.

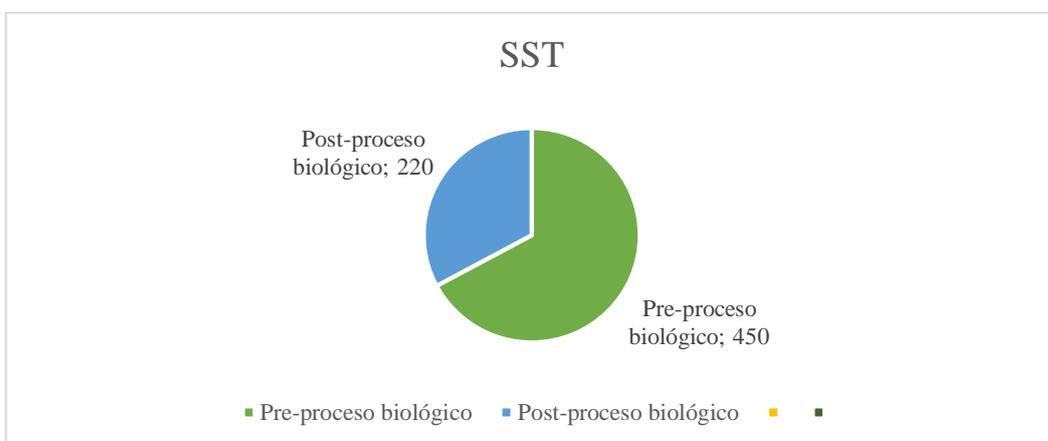


**Gráfico 3-4:** Reducción de DQO

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

#### 4.1.1.4 Sólidos suspendidos totales

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 4-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica un porcentaje de reducción de 95%.

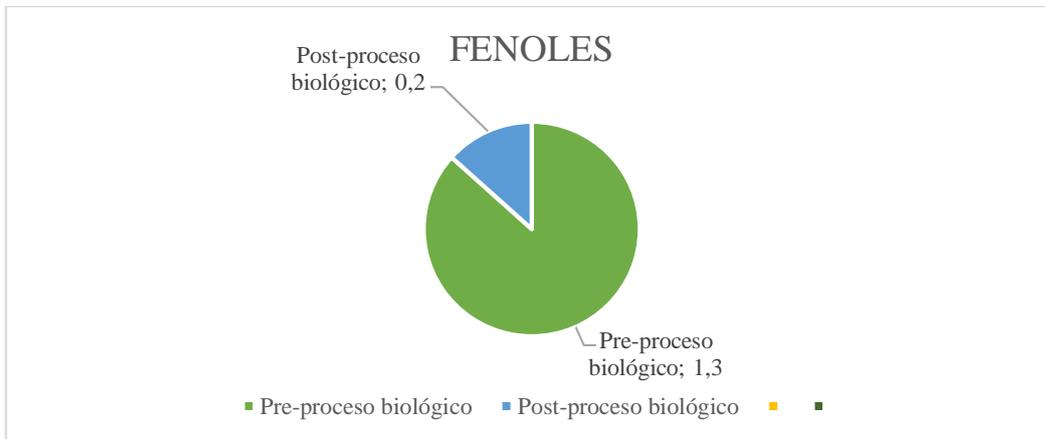


**Gráfico 4-4:** Reducción de los sólidos suspendidos totales

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

#### 4.1.1.5 Fenoles

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 5-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica un porcentaje de reducción de 85%.

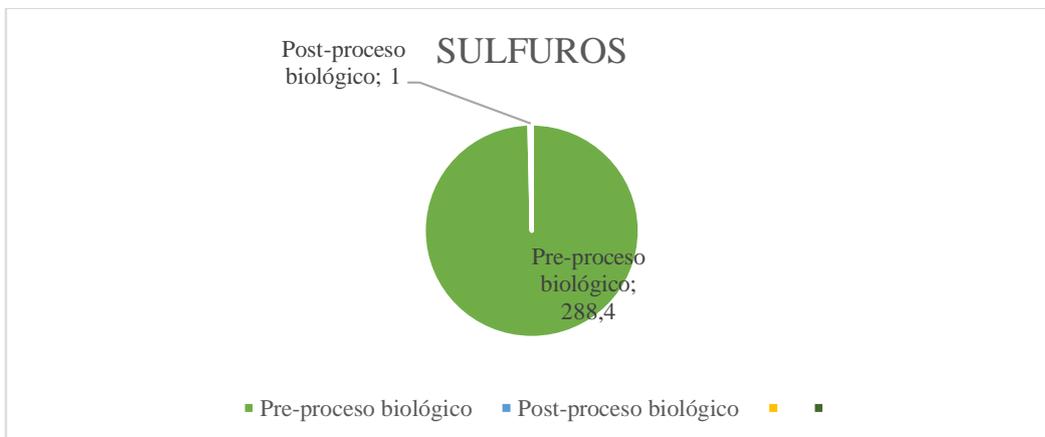


**Gráfico 5-4:** Reducción de los fenoles

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

#### 4.1.1.6 Sulfuros de hidrogeno

En cuanto a este parámetro como indica la gráfica 6-4, en base a los resultados finales de tratamiento indica un porcentaje de reducción de 99,9%.



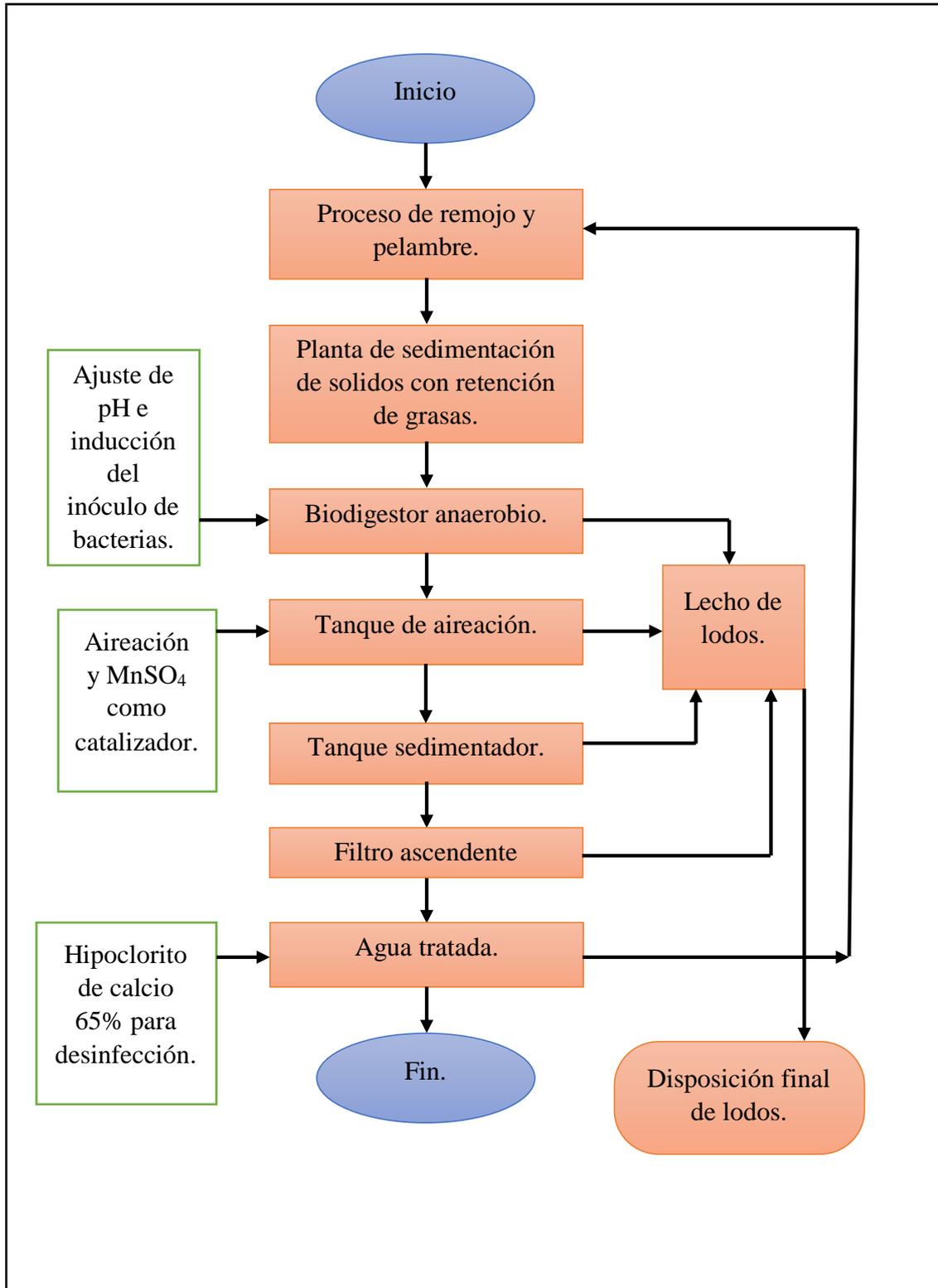
**Gráfico 6-4:** Reducción de los sulfuros de hidrogeno

**Realizado por:** Chacha Alexander, 2020

## 4.2 Operaciones para tratamiento de agua residual de pelambre

En la empresa TENERÍA DÍAZ por su estructura e implementación de las diferentes maquinarias y artilugios indispensables para el procesos de curtición de pieles, en la parte húmeda de la empresa que corresponde a ribera y curtido sus aguas residuales son separadas por razones de mitigar la contaminación ambiental; para esta investigación, como se había mencionado anteriormente en la justificación de esta investigación, se tomó en cuenta las aguas residuales del proceso de pelambre debido a que estas aguas residuales llegan directamente a la planta de sedimentación de solidos con retención de grasas, la cual se encuentra implementada como parte estructural y por razones de fácil acceso a estas aguas residuales. Por lo cual, se ha destacado los siguientes pasos para llegar al mejor tratamiento de estas aguas residuales.

- Las aguas residuales procedentes del proceso de remojo y pelambre se unen por el mismo canal en la cámara final de la planta de sedimentación de solidos con retención de grasas, la cual será bombeada hacia el biodigestor anaerobio para los procesos anaeróbicos.
- El agua residual contenida en el recipiente biodigestor por lo general contiene un pH alto entre 13 y 13,5 u pH. Es importante disminuir las u pH para lograr una eficaz acción de las bacterias anaerobias para lo cual es imprescindible el uso de productos químicos en el caso de esta presente investigación el uso de cloruro férrico, el cual junto al inculo de bacterias anaerobias procedentes de las excretas porcinas y en las proporciones calculadas anteriormente cumplirá con el objetivo principal que es la reducción de la carga orgánica contenida en el agua residual de los procesos de ribera.
- Después de un tiempo establecido, el agua residual del biodigestor anaerobio consecuentemente es transportada a el tanque aireador donde el agua residual con una alta carga de iones sulfuro serán oxidados a iones sulfatos con aire y como catalizador el uso de sulfato de manganeso. Además, se introducirá un inculo pequeño de bacterias aerobias procedentes de excretas porcinas mismas que poseen bacterias facultativas, es decir, bacterias anaerobias y aerobias, bacterias aerobias que continuaran con la reducción de la carga orgánica.
- El agua residual procedente del taque aireador pasará a un filtro ascendente donde por acción de grava y arena retendrá a las partículas sólidas suspendidas contenidas en el agua residual.
- El agua del proceso final que es el filtro aerobio, será llevada a desinfección haciendo uso de hipoclorito de calcio 65%, obteniendo finalmente un agua tratada lista para ser desembocada a la alcantarilla publica o según requiera el caso ser reutilizada en los mismos procesos de producción de cuero terminado.
- Los lodos obtenidos en los diferentes procesos del tratamiento serán dispuestos en los lechos de secado para su posterior disposición.



**Figura 1-4:** Diagrama de flujo de tratamiento de aguas residuales de pelambre.

Realizado por: Chacha Alexander, 2020

### 4.3 Análisis

El agua residual de la empresa TENERÍA DÍAZ correspondiente al proceso de ribera desemboca en la planta sedimentación de sólidos con retención de grasas la cual lleva funcionando en dicha empresa desde los inicios en sus actividades de producción de cueros terminados, dicha agua residual después de pasar por este sistema preliminar se une al caudal del alcantarillado, y de acuerdo a la normativa establecida en cuanto a descargas de aguas residuales a la alcantarilla del Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Incumplen ciertos parámetros que han sido objeto de estudio en esta investigación. De aquí nace la necesidad del diseño de una PTAR que se ajuste a los caudales generados en la empresa, y por supuesto se ha demostrado un método como una solución a la mitigación de los impactos ambientales producidos por el agua residual.

A través del método experimental biológico desarrollado en esta investigación y con el uso de ciertos productos químicos descritos en la tabla 12-3, se llevó a cabo este proceso con resultados satisfactorios al final de la experimentación. De acuerdo a los resultados emitidos del laboratorio certificado, los resultados son notoriamente positivos de acuerdo a los valores de los parámetros al inicio de la investigación y en comparación con los valores de acuerdo a la norma establecida antes mencionada. Los parámetros de investigación como el pH antes del tratamiento experimental biológico tenían un valor de 12,06 U pH cuando el límite normativo es entre 6 – 9 pH y postratamiento biológico se obtuvo un valor de 7,5 U pH. La Demanda Bioquímica de Oxígeno antes del tratamiento experimental biológico proporcionaba un valor de 2937,11 mg/L cuando su límite permisible es de 250 mg/L y postratamiento biológico se obtuvo un valor de 250 mg/L. La Demanda Química de Oxígeno antes del tratamiento experimental biológico proporcionaba un valor de 7527,5 mg/L cuando su límite permisible de acuerdo a la normativa es de 500 mg/L y posteriormente con la experimentación biológica se obtuvo un valor de 263 mg/L. Los Sólidos Suspendidos Totales anterior al tratamiento experimental biológico tenía un valor de 450 mg/L y su límite normativo es de 220 mg/L, con el tratamiento biológico se obtuvo un valor de 220 mg/L. Los fenoles antes del tratamiento biológico tenían un valor entre los 1,3 mg/L y su límite permisible es de 0,2 mg/L, este parámetro se exonera al obtener valores de DQO favorables y superiores a los estipulados por la normativa. Los sulfuros antes del tratamiento experimental biológico su valor era de 288,4 mg/L y su límite permisible según la normativa es de 1 mg/L, y el resultado del análisis posterior al tratamiento biológico es de 0,054 mg/L. en cuanto a los porcentajes de remoción se especifica debidamente en los gráficos 2 – 3 al 7 – 3 donde se ilustra gráficamente los porcentajes de remoción a través del tratamiento biológico para los parámetros objetivos de esta investigación fueron 42% para pH, 88% para DBO, 92% para DQO, 96,5% para SST, 85% y 99,9% para sulfuros.

Este tratamiento experimental biológico muestra una muy buena eficacia, al ser un proceso continuo y principalmente como tratamiento secundario. Es viable al tratamiento de agua residual de los procesos de ribera, el interés de la empresa TENERÍA DÍAZ por mitigar la contaminación del agua es la implementación de una PTAR para los procesos de ribera. El costo de implementación para la PTAR en infraestructura es de 15180,00 USD y de 51,60 USD en cuanto al uso de productos químicos, en cuanto a los productos químicos, se realizó un cálculo de gastos mensuales. Cabe recalcar que los precios de equipos, accesorios, implementos y productos químicos corresponden a cotizaciones y precios del año 2019 es decir, están sujetos a cambios independientemente de los acontecimientos suscitados en el mercado y en la nación.

## CONCLUSIONES

- Los parámetros evaluados al inicio de la investigación experimental fueron proporcionados por la empresa TENERÍA DÍAZ, como compromiso en su apoyo para el desarrollo de este trabajo de titulación, lo cual fue un punto de inicio vital debido a que se pudo con más certeza inducirse al tratamiento biológico de sus aguas residuales del proceso de pelambre y conocer con seguridad los valores de los parámetros que no cumplían con los estándares establecidos por la normativa de las leyes ambientales.
- Luego del tratamiento del agua residual de pelambre, mediante procesos microbiológicos combinados se obtuvo resultados favorables, debido a que se redujo considerablemente la carga orgánica y se oxidó los sulfuros. Obteniendo los siguientes resultados al final del proceso: pH 7,5, DBO<sub>5</sub> 250 mg/L, DQO 263 mg/L, SST 220 mg/L y Sulfuros de 0,054 mg/L.
- Se realizó los cálculos de ingeniería como parte del diseño de la PTAR para la empresa TENERÍA DÍAZ de acuerdo a los resultados obtenidos en la planta piloto; como propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento biológico. En el tratamiento experimental se utilizó productos químicos en ciertas etapas del proceso. Y los parámetros como pH, DBO, DQO, SST y en Sulfuros se logró una remoción de hasta el 99,9%, obteniendo un agua tratada apta para reutilización o para su descarga al alcantarillado con los estándares establecidos por la normativa ambiental. Lo cual hace de este sistema de tratamiento de agua residual de pelambre viable y de bajo consumo de productos químicos.
- En la fase experimental de este sistema de tratamiento biológico combinado se pudo verificar la factibilidad de esta propuesta debido a que para sus operaciones a lo largo del proceso necesita conocimientos básicos en la adición periódica de cepas y control de volúmenes lo cual hace de un proceso sencillo de operar, además se utiliza productos químicos accesibles.
- En comparación con los procesos de tratamiento físico – químicos es más rentable en cuanto a la operación del sistema de tratamiento biológico combinado propuesto, por lo tanto, se justificaría la inversión en la infraestructura de la PTAR.

## RECOMENDACIONES

- La implementación de una PTAR en la empresa TENERÍA DÍAZ, debido a que sus efluentes residuales desembocan directamente en las alcantarillas del sector, aumentando los problemas ambientales que posee la provincia. Logrando mitigar contaminación de ríos.
- Se recomienda la siembra del inóculo de bacterias cada 8 días para asegurar el funcionamiento de la planta en óptimas condiciones.
- Se requiere la capacitación de una persona que esté pendiente de la operación de la planta para el control del pH, volumen del agua residual y la purga de los lodos generados en los biorreactores.
- En cuanto a infraestructura se recomienda lavar el filtro con la misma agua tratada en un lapso de 8 o 10 meses debido a que la acumulación de partículas no sedimentables y lodo, impide que el paso del agua en sentido ascendente sea más tardado.

## GLOSARIO

**Afluente:** El líquido que fundamentalmente llega a un sitio específico (Salas 2005. p 23).

**Bacterias anaerobias:** Bacterias que proliferan en ausencia de oxígeno y potencial hidrógeno bajo (López et al., 2017, p, 33).

**Biorreactor industrial:** Volumen de recipiente que alberga vida micro orgánica para procesos reaccionantes con los mismos (Sánchez & García 2018. p 7).

**Caudal:** Volumen de un fluido que atraviesa un determinado punto en 1 unidad tiempo (s), que normalmente se mide en m<sup>3</sup> o L (OPS/CEPIS/05.163 2018. p 5).

**Curtido de pieles bovinas:** Proceso mediante el cual la epidermis y cutis de la piel bovina se conserva con el paso del tiempo manteniendo sus características de flexibilidad (Churata 2003. p 8)

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda bioquímica de oxígeno a cinco días, cuantifica el oxígeno empleado por microorganismos para sentar la materia orgánica (Matínez-Soza 2010. p 22).

**DQO:** La Demanda química de oxígeno, cuantifica el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica en un volumen determinado en muestras de agua (Matínez-Soza 2010. p 22).

**Efluente:** El líquido que fundamentalmente sale de un sitio específico (Salas 2005. p 23).

**PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales, donde mediante procesos tecnológicos se obtiene agua para reutilización o para desembocar al alcantarillado cumpliendo estándares de normativas ambientales (Esparza & Gamboa 2001. p 19).

**Sedimentación:** Sutracción por efecto gravitatorio de partículas susendidas en el agua, las cuales deberán tener un peso específico superior al del agua (Pedrique & De Castro 2008. p 28).

## BIBLIOGRAFÍA

**ACOSTA MORALES & ASOCIADOS SOLUCIONES EMPRESARIALES S.A.** *Borrador del Estudio De Impacto Ambiental Ex Post Y Plan De Manejo Ambiental Detenería San José.* [en línea], 2013, (Ecuador). [Consulta: 30 marzo 2020]. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2013/12/estudio-de-impacto-ambiental-detenerc3ada-san-josc3a91.pdf>.

**AGROALIMENTARIA, C. de T.** *Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante.* [en línea], 2018.: s.n. Disponible en: [https://www.aragon.es/documents/20127/674325/IT\\_268-18.pdf/23bb772e-8894-b8f4-525d-0a6e7131db78](https://www.aragon.es/documents/20127/674325/IT_268-18.pdf/23bb772e-8894-b8f4-525d-0a6e7131db78).

**ALONSO, A. et al.** Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de la investigación educativa* [en línea], 2013, pp. 167-193. Disponible en: <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>.

**ARCOS, M.E. & FERNANDEZ, G.** *Procesos Biologicos De Tratamiento Para La Estabilización De Residuos Liquidos. Centro Nacional De Prevencion De Desastres* [en línea], 1983, s.n. no. 8, pp. 101. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/153-PROCESOSBIOLGICOSDETRATAMIENTOPARALAESTABILIZACINDERESIDUOSLQUIDOSTXICOS.PDF>.

**ARNÁIZ, C. et al.** Tratamiento biológico de aguas residuales (Revista Tecnología del Agua, Marzo de 2000) 1. Eliminación de carbono orgánico. *Revista Tecnología del Agua* [en línea], 2010, s.n. pp. 7. Disponible en: [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Tratamiento\\_biologico\\_edar.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Tratamiento_biologico_edar.pdf).

**ATASU, M.** Hereditary index finger polydactyly: phenotypic, radiological, dermatoglyphic, and genetic findings in a large family. 1976. *Journal of Medical Genetics*, vol. 13, no. 6, pp. 469-476. ISSN 00222593. DOI 10.1136/jmg.13.6.469.

**BAIXARDOC.** *Rugosidad Absoluta de Materiales.* [en línea], 2019, S.I.: [Consulta: 30 abril 2020]. Disponible en: <https://baixardoc.com/documents/rugosidad-absoluta-de-materiales-5c4f66516413a>.

**BENINTENDE, S., & SANCHEZ, C.** *Cátedra Microbiología Agrícola 1.* [en línea], 2012, pp. 8. Disponible en:

[http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/microbiologia/unidad\\_3\\_crecimiento\\_bacteriano](http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/microbiologia/unidad_3_crecimiento_bacteriano).

**BIO ACTIVO, C.A.** *Estudio de impacto ambiental expost y plan de manejo de Tenería Inca*. [en línea], 2015, s.n., pp. 292. [Consulta: 8 abril 2020]. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/10/teneria-inca.pdf>

**CAMPBELLHAUSFELD.** Portable Air Compressor 2 Gallon - Campbell Hausfeld - FP209000AV. [en línea], 2020, s.n. [Consulta: 4 abril 2020]. Disponible en: [https://www.campbellhausfeld.com/air-compressor-2-gallon-hot-dog-oilless-36-cfm-33hp-120v-3a-fp209000av-1.html?category\\_id=66](https://www.campbellhausfeld.com/air-compressor-2-gallon-hot-dog-oilless-36-cfm-33hp-120v-3a-fp209000av-1.html?category_id=66).

**CARIPL.** *Oportunidades de prevención de la contaminación en el Sector del curtido en la región mediterránea*. [en línea], 2000, s.n. pp. 174. [Consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Oportunidades\\_de\\_preveni%C3%B3n\\_de\\_la\\_contaminaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_regi%C3%B3n\\_mediterr%C3%A1nea.html?id=Dn5zxgEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Oportunidades_de_preveni%C3%B3n_de_la_contaminaci%C3%B3n_de_la_regi%C3%B3n_mediterr%C3%A1nea.html?id=Dn5zxgEACAAJ&redir_esc=y)

**CENGEL, Y. & BOLES, M.** *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Ed. McGraw-Hill: Boston, 8va. edición, 2014. ISBN:978-0-07-352932-5. S.l.: s.n. ISBN 9786071507433.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA.** *Lagunas Facultativas* [en línea], 2013, pp. 3-4-5-9. Disponible en: <http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/facultativas.PDF>.

**CHURATA, M.A.** *Curtición de pieles* [en línea], 2003, s.n. pp. 1-32. [Consulta: 17 abril 2020]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14746543/curticion-de-pieles-universidad-nacional-jorge-basadre-grohmann>

**CLAROS, J.A.** Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal. 2017 *Science of the Total Environment*, vol. 601-602, pp. 1084-1096. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.04.177.

**CUERO, D.E.C.P.** *Ambiental Expost Y “ Produccion De Cuero ”*. [en línea], 2015, s.n. pp. 1-32. [Consulta: 12 mayo 2020]. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/09/es-i-a-produccion-de-cuero.pdf>

**CUETO, D.** *Diseño de un sistema de aireación para una planta de lodos activados en zona franca Mamonal*. [en línea], 2011, s.n. pp. 101. [Consulta: 3 mayo 2020]. Disponible en: <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/131>.

**ESPARZA, E. & GAMBOA, N.** Contaminación debida a la industria curtiembre [en línea], 2001, Lima, , vol. XV. pp. 101. [Consulta: 10 mayo 2020]. Disponible en:

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756>

**ESSAP.** *Rehabilitación de emergencia de sistema de distribución de agua potable*. [en línea], 2011, s.n. pp. 1-77. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.contrataciones.gov.py/licitaciones/planificacion/219111-obras-rehabilitacion-emergencia-sistema-distribucion-agua-potable.html>

**FERNÁNDEZ, O.** Cultivos de Bacterias. *Facultad de Ciencias Naturales y ciencias de la salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco* [en línea], 2017, pp. 385-388. Disponible en: <http://www.fcن.unp.edu.ar/sitio/microgeneral/wp-content/uploads/2017/02/04-CULTIVO-DE-BACTERIAS.pdf>.

**FUQUENE YATE, D.M.** Optimización del uso del agua en la etapa de pelambre en un proceso que permita la mejor calidad del cuero final y el menos impacto ambiental. [en línea], 2011, *Universidad Nacional de Colombia*, pp. 1-215. Disponible en: [http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W42\\_GEN\\_PHD\\_MSc\\_Optimizacion\\_del\\_uso\\_d\\_el\\_agua\\_-\\_Marcela.pdf](http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W42_GEN_PHD_MSc_Optimizacion_del_uso_d_el_agua_-_Marcela.pdf)

**GOMEZ, S.** *Características tecnológicas del cuero napa de ovino adulto, mediante los métodos de curtido wet- blue y wet*. [en línea], 2016, pp. 132. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2666>

**GOOGLE MAPS.** *Google Maps*. [en línea], 2020, [Consulta: 21 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@-1.2117555,-78.5956842,373m/data=!3m1!1e3>.

**IDEAM.** Sólidos Suspendidos Totales En Agua Secados a 103 – 105 °c. *Subdirección De Hidrología - Grupo Laboratorio De Calidad Ambiental* [en línea], 2007 vol. 1, pp. 1-4. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>.

**IZAMBA, G.P.R.** *Contenidos principales del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial Diagnóstico*.

**LÓPEZ, C. et al.** *Tratamiento biológico de aguas residuales*. 2017 S.l.: s.n. ISBN 9781780409139.

**MASABANDA, M. et al.** Análisis y localización de curtiembre en el cantón Ambato, como parte de patrimonio cultural en el Ecuador. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa* [en línea], 2017, vol. II, no. 4, pp. 43. [Consulta: 2 marzo 2020]. Disponible en: <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/Art5.pdf>.

**MATÍNEZ-SOZA, L.** *Estudio de la evolución de una ETAP para la adecuación legislativa*. [en

línea], 2010, pp. 13 - 37. [Consulta: 27 marzo 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/301210828.pdf>

**MENDEZ, E. & RODRIGUEZ, G.** Componentes y sistemas para el tratamiento biológico de las aguas residuales. *Ingeniería De Tratamiento De Aguas Residuales* [en línea], 2014, pp. 1-13. [Consulta: 18 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/lodosactivados5.pdf>.

**METCALF & EDDY.** *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización.* 2003. Mc Graw Hill: USA. ISBN 0070416907.

**MINISTERIO DE AMBIENTE ECUADOR.** La Industria De Los Cueros (a Base De Sales De Cromo, Con Agentes Vegetales). *Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador* [en línea], 2011, pp. 127-247. [Consulta: 3 abril 2020]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/proyecto-saicm/>.

**MSPAS, G.** *Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro.* [en línea], 2006, s.n. pp. 127-247. [Consulta: 23 abril 2020]. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0214/doc0214.pdf>

**NMX-AA-050-SCFI-2001** "Análisis De Agua - Determinación De Fenoles Totales En Aguas Naturales , Potables , Residuales Y Residuales Tratadas "

**NMX-AA-84-1982** "*Análisis de agua. Determinación de sulfuros*"

**NTE INEN 1202:2013** "*Agua. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)*"

**NTE INEN 1203:2013** "*Agua. Demanda Química de Oxígeno ( DQO )*"

**NTE INEN 2176:2013** "*Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*"

**NTE INEN 820:2013** "*Agentes Surfactantes. Determinación del pH*"

**OPS/CEPIS/05.163.** *Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización.* Journal of Indian Academy of Forensic Medicine [en línea], 2018, vol. 40, no. 3, pp. 1-4. ISSN 09740848. DOI 10.1111/j.1399-3046.2004.00217.x. [Consulta: 12 mayo 2020]. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053\\_Diseño\\_tanques\\_sépticos\\_Imhoff\\_1ag/Diseño\\_tanques\\_sépticos\\_Imhoff\\_lagunas\\_estabilización.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Diseño_tanques_sépticos_Imhoff_1ag/Diseño_tanques_sépticos_Imhoff_lagunas_estabilización.pdf).

**OPS/CEPIS/06.174.** *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas.* [en línea], 2005, pp. 1-28. [Consulta: 13 mayo 2020]. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Diseño\\_tratamiento\\_Filtracion\\_M](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Diseño_tratamiento_Filtracion_M)

E/Diseño\_tratamiento\_Filtración\_ME.pdf.

**PARRA H.** *Anaerobic digestion: biotechnological mechanisms in waste water treatments and their application in food industry. Producción + Limpia* [en línea], 2015, vol. 10, no. 2, pp. 142-159. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-04552015000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552015000200014).

**PAZMIÑO, I.** Diseño, construcción e implementación de un digestor anaerobio de flujo continuo para el tratamiento de estiércol bovino en la finca “Rancho Santa Esther” del sector “La Delicia” Parroquia Tulcán, Cantón Tulcán, Provincia del Carchi, Ecuador. [en línea], 2012, pp. 146. [Consulta: 14 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/6243/1/T-ESPE-047014.pdf>.

**PEDRIQUE, M. & DE CASTRO, N.** *Reproducción y crecimiento microbiano. Ucv* [en línea], 2008, pp. 7. [Consulta: 29 abril 2020]. Disponible en: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_farmacia/catedraMicro/08\\_Tema\\_6\\_crecimiento.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_6_crecimiento.pdf).

**PÉREZ, M., & MOTA, M.** Morfología y estructura bacteriana. *Revista de Actualización Clínica Investiga. European Journal of Social Sciences* [en línea], 2010, vol. 9, no. 1, pp. 48-60. ISSN 14502267. [Consulta: 20 abril 2020]. Disponible en: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf>.

**PLASTIGAMA.** *Válvulas para agua fría y caliente.* [en línea], 2016, s.n. [Consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en: <https://plastigamawavin.com/wp-content/uploads/2018/09/DIPT-VALVULA-AGUA-FRIA-Y-CALIENTE-2016.pdf>

**POOR, J.** Environmental Management in Tanneries. *Waste Minimisation Opportunities*, [en línea], 2010, vol. 1, no. 20, pp. 220. [Consulta: 29 marzo 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/251465875\\_Environmental\\_management\\_in\\_tanneries-Waste\\_minimisation\\_opportunities/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/251465875_Environmental_management_in_tanneries-Waste_minimisation_opportunities/citation/download)

**PORTADA MAMANI, A.** Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos físico-químico de la curtiembre de la facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno. *Tesis* [en línea], 2016, pp. 1-113. [Consulta: 8 abril 2020]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4061/Portada\\_Mamani\\_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4061/Portada_Mamani_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**RODRÍGUEZ, A. et. al.** *Tratamientos Avanzados De Aguas Residuales Industriales.* 2006. *Citme*, pp. 6,8, 13, 30, 34. ISSN 16579534.

**ROSAS, A.C.R. de C.** Recuperación de cromo ( III ) de efluentes de curtido para control

ambiental y optimización del proceso productivo. [en línea] (Trabajo de Titulación) Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. 2013. pp. 37-45. [Consulta: 3 abril 2020]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5123>

**ROTOPLAS.** *Manual - Usuario - Tanques Industriales Rotoplas, Ecuador.* [en línea], 2018, S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2020]. Disponible en: <http://rotoplas.com.ec/wp-content/uploads/2015/03/MANUAL-USUARIO-TANQUES-INDUSTRIALES-ROTOPLAS-ECUADOR1.pdf>

**SALAS, G.** Eliminación De Sulfuros Por Oxidación En El Tratamiento Del Agua Residual De Una Curtiembre. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, [en línea], 2005, vol. 8, no. 1, pp. 49-54. ISSN 1609-7599. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/ing\\_quimica/v08\\_n1/pdf/a08v8.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/ing_quimica/v08_n1/pdf/a08v8.pdf)

**SÁNCHEZ, G. & GARCÍA, K.** *Tratamiento De Aguas Residuales De Cargas W Astewater Treatment of Industrial Loads With Advanced Oxidation in Conventional Systems.* [en línea], 2018, vol. 27, no. 1, pp. 103-111. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <http://orcid.org/0000-0002-5015-7570>

**SNOEYINK, V.L. et al.** Caracterización De Aguas Residuales Por Dbo Y Dqo. *Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales* [en línea], pp. 1-7. [Consulta: 12 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydqo2.pdf>.

**UMBARILA-ORTEGA, M.F. et al.** Remoción de sulfuro empleando ozono como agente oxidante en aguas residuales de curtiembres. *Revista Facultad de Ingeniería*, [en línea], 2019, vol. 28, no. 51, pp. 25-38. ISSN 0121-1129. [Consulta: 5 mayo 2020]. Disponible en: DOI 10.19053/01211129.v28.n51.2019.9081.

**UNACH, S.** *Laboratorio de Servicios Ambientales – Sistema de Gestión de la Calidad – UNACH.* [en línea]. 2015 [Consulta: 26 marzo 2020]. Disponible en: <http://sgc.unach.edu.ec/laboratorio-de-servicios-ambientales-2/>.

**UNIVERSIDAD MISIONES, F. de C.E.Q.** *Crecimiento microbiano Cátedra: Microbiología General y de los Alimentos Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.* [ blog ]. [Consulta: 10 mayo 2020]. Disponible en: <http://aulavirtualexactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=L1R1b3JpYXN0b3VlLnVtYV82LI9DcmVjaW1pZW50b19NaWNyb2JpYW5vL0NyZW5pbWlbnRvX2NlbHVsYXJfMjAxNi5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=MICROALIMENT>

**VANEGAS, O.D.** Evolución ecológica de los productos químicos utilizados en la industria de...: EBSCOhost. *Producción Más Limpia* [en línea], 2007, vol. 2, no. 2, pp. 47-56. [Consulta: 1 abril

2020]. Disponible en:  
<http://web.a.ebscohost.com.dibpxy.uaa.mx/ehost/detail/detail?vid=0&sid=0ca5db89-0535-42e0-9274-2bb26794ca29%40sdc-v-sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3D#db=a9h&AN=31881935>.

**VARELA, G. & GROTIUZ, G.** Fisiología y metabolismo bacteriano Metabolismo productor de energía. *Temas De Bacteriología Y Virología Médica*, [en línea], 2008, s.n. pp. 43-57. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible en:  
<http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/FisiologiayMetabolismoBacteriano.pdf>

**VARGAS, T. & KUNO, A.** Morfología bacteriana. *Revista de Actualizacion Clinica*, (2014), vol. 49, no. 2, (s.n.) pp. 2594-2598.



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**

# ANEXOS

## ANEXO A: PROTOCOLO ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.



ALS Ecuador  
Rigoberto Heredia De6-157 y Huachi  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2341 4080

PROTOCOLO: 361062/2019-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 12
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: TENERIA DIAZ  
 DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERO PATRICIO DÍAZ / SEÑORA NELLY LÓPEZ  
 NOMBRE DEL PROYECTO: TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE AGUA  
 DIRECCIÓN DEL PROYECTO: ENTRADA A MACASTO / AMBATO  
 MUESTREO REALIZADO POR: CORPLABEC S.A. / INGENIERO CRISTHOFER TAPIA - TECNÓLOGO DAVID SOLANO  
 PROCEDIMIENTO MUESTREO: POE-04.00 "MUESTREO DE AGUAS", SM 1080 A, B y C (\*)  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: JULIO 01 DEL 2019 / 12:20 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002302 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
 LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI  
 FECHA DE ANÁLISIS: JUNIO 28 AL 16 DE JULIO DEL 2019  
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 16 DE JULIO DEL 2019

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA RESIDUAL				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
43226	A1	Descarga Final	29/06/2019	11:00	17M0787513 9665023 ± 5m	Ninguna Observación

### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

**Muestra Puntual**  
 Volumen de muestra tomado: 3750 ml  
 Cuerpo receptor: Alcantarillado  
 Tipo de descarga: Discontinua  
 TENERIA DIAZ en condiciones normales de operación.

Laboratorio de Ensayo ALS acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.  
 SM - Standard Methods. La versión utilizada para la realización de los análisis corresponde a la Ed. 22, 2012. La actualización a la Ed. 23, 2017, se encuentra en proceso.  
 EPA - Environmental Protection Agency  
 Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.  
 "Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".  
 Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS.  
 Sin la firma electrónica del Responsable Técnico, este informe no es válido.

Firmado digitalmente por MIGUEL ELIAS MALIZA VERDESOTO  
 Fecha: 2019-07-16 12:01:05.00



## ANEXO B: ANÁLISIS INICIALES AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.



ALS Ecuador  
Rigoberto Heredia Océ-157 y Itisachi  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2341 4080

PROTOCOLO: 361062/2019-1.0	RU-49
	Revisión: 12
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

### RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	43226	INCERTIDUMBRE (N=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(2)</sup>
				A1			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	12,06 <sup>(3)</sup>	± 0,15 U pH	5 - 9	NO CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	vs	NO APLICA	-	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	2937,11	± 44,19 mg/l	250,0	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	7527,5	± 15,3 mg/l	500,0	NO CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	450,0	± 5,9 mg/l	220,0	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	<0,10	± 0,03 mg/l	2,0	CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5620 B	PA - 43.00	mg/l	39,9	± 4,4 mg/l	70,0	CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5630 A y 5630 C	PA - 33.00	mg/l	1,300	± 0,003 mg/l	0,2	NO CUMPLE
SULFATOS	EPA 375.4 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , 1978	PA - 17.00	mg/l	274,7	± 1,95 mg/l	400,0	CUMPLE
SULFUROS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-S <sup>2-</sup> A y 4500-S <sup>2-</sup> D	PA - 58.00	mg/l	286,4 <sup>(4)</sup>	± 0,02 mg/l	1,0	NO CUMPLE
CROMO HEXAVALENTE	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/l	<0,050	± 0,01 mg/l	0,5	CUMPLE

### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

(1) Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 6: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

(2) Criterio de resultados.

(3) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Potencial de Hidrógeno In Situ de 4 a 10 U pH, Sulfuros de 0,3 a 5,0 mg/l.



**ANEXO D: PRIMER ANÁLISIS FINAL DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.**



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUENTES INDUSTRIALES

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

ANALISIS SOLICITADO POR :	SR. ALEXANDER CHACHA
EMPRESA DE TOMA TOMA DE MUESTRA :	TENERIA DIAZ CIA.LTDA
ESTUDIO:	PROYECTO TESIS
DIRECCION:	CIUDAD DE AMBATO
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020/08/26
PERIODO DE ANALISIS:	2020/08/14 A 2020/08/26
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA :	AGUA RESIDUAL MUY TURBIA, PRESENCIA DE SOLIDOS.
MUESTREADO POR :	CLIENTE
PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PTM-01 REV. 01
UBICACIÓN :	M1 15 DIAS



\* Parámetro No Acreditado por el SAE  
\* fuera del rango acreditado

INFORME N°: A20-213-01

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	NORMA DE REFERENCIA/ LIMITE ESTABLECIDO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2	CRITERIO DE ACEPTACION <sup>2</sup>
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	AM 097 TABLA 09 250	600	mg/l	+/- 18%	NO CUMPLE
2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	S.M. Ed. 22-2012; 5220 B PTA-03	AM 097 TABLA 09 500	680	mg/l	+/- 15%	NO CUMPLE
3	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	AM 097 TABLA 09 6 A 9	7.5	un pH	+/- 0,2UN	CUMPLE
4	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	TDS	S.M. Ed. 22-2012; 2540 C. PTA-07	AM 097 TABLA 09 NO INDICA	4924	mg/l	+/- 8%	NO APLICA
5	SULFUROS *	SH2	S.M. Ed. 22-2012; 4500 S2- E PTA-16	AM 097 TABLA 09 1	0,195	mg/l	+/- 17,1%	CUMPLE

A Ensayo subcontratado al laboratorio acreditado por SAE, certificado No. OAE LE2C 05-005 ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses  
 Z Comentario ó Criterio sobre resultados no acreditable por el SAE  
 DESCRIPCION NORMA DE COMPARACION  
 (3) Acuerdo Ministerial 097 A Reformas al Tratado Unificado de Leyes Ambientales 04-11-2015 , Tabla B Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Los parámetros no marcados con el símbolo \* han sido aplicados en las instalaciones de LABIOTEC, bajo condiciones ambientales que no afectan a los resultados del presente informe.  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a análisis.  
 Prohibimos su reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

*Alexander Chacha*  
 Dr. LEIAN GODOY  
 COORDINACION TECNICA LABIOTEC  
 26/08/2020



Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito - Ecuador  
 Teléfono: 2449988/ 0984252025/ 0987954377. E-mail: labiotec 2013@hotmail.com

**ANEXO E: SEGUNDO ANÁLISIS FINAL DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.**



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

ANÁLISIS SOLICITADO POR :	SR. ALEXANDER CHACHA
EMPRESA DE TOMA DE MUESTRA :	TENERIA DIAZ CIA.LTDA
ESTUDIO :	PROYECTO TESIS
DIRECCIÓN :	CIUDAD DE AMBATO
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020/08/26
PERIODO DE ANALISIS :	2020/08/14 A 2020/08/26
TIPO DE MUESTRA :	SIMPLE
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA :	AGUA RESIDUAL MUY TURBIA, PRESENCIA DE SOLIDOS.
MUESTREO POR :	CLIENTE
PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA :	PTM-01 REV. 01
UBICACIÓN :	M2-21 DIAS



\* Parámetro No Acreditado por el SAE fuera del rango acreditado

INFORME N° : A20-213-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	NORMA DE REFERENCIA/ LIMITE ESTABLECIDO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2	CRITERIO DE ACEPTACION*
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	AM 097 TABLA 09 250	352	mg/l	+/- 18%	NO CUMPLE
2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	S.M. Ed. 22-2012; 5220 B PTA-03	AM 097 TABLA 09 500	455	mg/l	+/- 15%	CUMPLE
3	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	AM 097 TABLA 09 6 A 9	8,0	un.pH	+/- 0,2UN	CUMPLE
4	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	TDS	S.M. Ed. 22-2012; 2540 C PTA-07	AM 097 TABLA 09 NO INDICA	3386	mg/l	+/- 8%	NO APLICA
5	SULFUROS **	SH2	S.M. Ed. 22-2012; 4500 S2- E PTA-16	AM 097 TABLA 09 1	0,125	mg/l	+/- 17,1%	CUMPLE

A Ensayo subcontratado al laboratorio acreditado por SAE, certificado No. OAE LE2C 05-005 ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses  
 Z Comentario o Criterio sobre resultados no acreditable por el SAE  
 DESCRIPCIÓN NORMA DE COMPARACIÓN  
 (3) Acuerdo Ministerial 097 A Reformas al Tratado Unificado de Leyes Ambientales 04-11-2015. Tabla 6 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Los parámetros no marcados con el símbolo \* han sido analizados en las instalaciones de LAB-BIO-TEC bajo condiciones ambientales que no afectan a los resultados del presente informe.  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo.  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

*Lilian Scotty*  
 Dra. LILIAN SCOTTY  
 COORDINACIÓN TÉCNICA LABBIO-TEC  
 26/08/2020

LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 R.U.C. 1792473047001

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito- Ecuador  
 Teléfono: 2449988 / 0984252025 / 0987954377. E-mail: labiotec 2013@hotmail.com

**ANEXO F: TERCER ANÁLISIS FINAL DEL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.**



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

ANALISIS SOLICITADO POR :	SR. ALEXANDER CHACHA
EMPRESA DE TOMA DE MUESTRA	TENERIA DIAZ CIA.LTDA
ESTUDIO:	PROYECTO TESIS
DIRECCION:	CIUDAD DE AMBATO
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020/08/26
PERIODO DE ANALISIS:	2020/08/14 A 2020/08/26
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA RESIDUAL MUY TURBIA, PRESENCIA DE SOLIDOS.
MUESTREADO POR :	CLIENTE
PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PTM-01 REV. 01
UBICACION :	M3 26 DIAS



\* Parametro No Acreditado por el SAE fuera del rango acreditado.

INFORME N°: A20-213-03

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	NORMA DE REFERENCIA/ LIMITE ESTABLECIDO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2	CRITERIO DE ACEPTACION <sup>2</sup>
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	AM 097 TABLA 09 250	251	mg/l	+/- 18%	NO CUMPLE
2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	S.M. Ed. 22-2012; 5220 B PTA-03	AM 097 TABLA 09 500	373	mg/l	+/- 15%	CUMPLE
3	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	AM 097 TABLA 09 6 A 9	7,8	un.pH	+/- 0,2UN	CUMPLE
4	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	TDS	S.M. Ed. 22-2012; 2540 C PTA-07	AM 097 TABLA 09 NO INDICA	2661	mg/l	+/- 8%	NO APLICA
5	SULFUROS *	SHZ	S.M. Ed. 22-2012; 4500 S2- E PTA-16	AM 097 TABLA 09 1	0,113	mg/l	+/- 17,1%	CUMPLE

1 Ensayo subcontratado al laboratorio acreditado por SAE, certificado No. OAE LE2C 05-005 ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses  
 2 Comentario ó Criterio sobre resultados no acreditable por el SAE  
 DESCRIPCION NORMA DE COMPARACION  
 (3) Acuerdo Ministerial 097 A Reformas al Trabajo Unificado de Leyes Ambientales 04-11-2015, Tabla B Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Los parámetros no marcados con el símbolo \* han sido analizados en las instalaciones de LABIOTEC, bajo condiciones ambientales que no afectan a los resultados del procedimiento.  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo.  
 Prohibida su reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

*Alexander Chacha*  
 Dra. LEJANI GODOY  
 COORDINACIÓN TÉCNICA LABIOTEC  
 26/08/2020

LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 R.U.C. 1702473017001

Dirección: De las Gardenias, E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito - Ecuador  
 Teléfono: 2449988 / 0984252025 / 0987954377. E-mail: labiotec.2013@hotmail.com

# ANEXO G: CUARTO ANÁLISIS FINAL DEL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	SR. ALEXANDER CHACHA
EMPRESA DE TOMA DE MUESTRA	TENERIA DIAZ CIA.LTDA
ESTUDIO:	PROYECTO TESIS
DIRECCION:	CIUDAD DE AMBATO
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2020/08/14
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020/08/26
PERIODO DE ANALISIS:	2020/08/14 A 2020/08/26
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA RESIDUAL MUY TURBIA, PRESENCIA DE SOLIDOS.
MUESTREO POR :	CLIENTE
PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PTM-01 REV. 01
UBICACION :	M4.35 DIAS



\* Parámetro No Acreditado por el SAE  
\* fuera del rango acreditado

INFORME N°: A20-213-04

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	NORMA DE REFERENCIA/ LIMITE ESTABLECIDO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2	CRITERIO DE ACEPTACION <sup>2</sup>
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04 AM 097 TABLA 09 250	250	mg/l	+/- 18%	CUMPLE
2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	S.M. Ed. 22-2012; 5220 B	PTA-03 AM 097 TABLA 09 500	263	mg/l	+/- 15%	CUMPLE
3	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01 AM 097 TABLA 09 6 A 9	7,6	un pH	+/- 0.2UN	CUMPLE
4	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	TDS	S.M. Ed. 22-2012; 2540 C	PTA-07 AM 097 TABLA 09 NO INDICA	2429	mg/l	+/- 8%	NO APLICA
5	SULFUROS**	SHZ	S.M. Ed. 22-2012; 4500 S2- E	PTA-16 AM 097 TABLA 09 1	0,054	mg/l	+/- 17,1%	CUMPLE

A Ensayo subcontratado al laboratorio acreditado por SAE, certificado No. OAE LE2C 05-005 ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses  
Z Comentario o Criterio sobre resultados no acreditable por el SAE  
DESCRIPCION NORMA DE COMPARACION  
(3) Acuerdo Ministerial 097 A Reformas al Tratado Unificado de Leyes Ambientales 04-11-2015, Tabla B Limites de descarga al sistema de alcantarillado público

Los parámetros no marcados con el símbolo \* han sido analizados en las instalaciones de LABIOTEC, bajo condiciones ambientales que no afectan a los resultados del presente informe.  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo.  
Prohibida su reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

*Liliana Godoy*  
Oca LILIAN GODOY  
COORDINACION TECNICA LABIOTEC  
26/08/2020



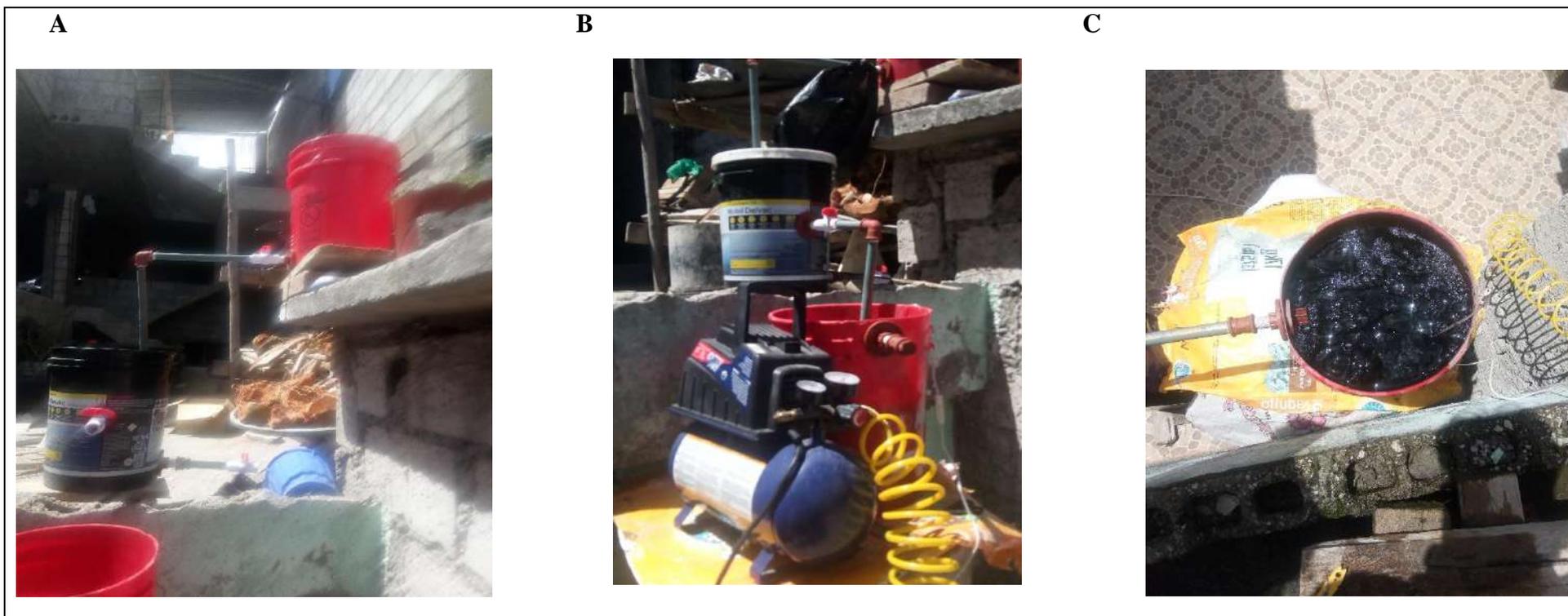
Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito- Ecuador  
Teléfono: 2449988/ 0984252025/ 0987954377. E-mail: labiotec.2013@hotmail.com

**ANEXO H: TOMA DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE PELAMBRE IN SITU.**

A	B	C						
<p><b>NOTAS</b></p> <p>A: Toma de muestra del bombo de pelambre.</p> <p>B: Toma de muestra antes de la descarga al alcantarillado público.</p> <p>C: Muestras de agua residual de pelambre.</p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>CERTIFICADO</td> <td>POR ELIMINAR</td> </tr> <tr> <td>APROBADO</td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td>POR APROBAR</td> <td><u>INFORMACIÓN</u></td> </tr> </table>	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	APROBADO	POR CALIFICAR	POR APROBAR	<u>INFORMACIÓN</u>	<p><b>ESPOCH</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESC. ING. QUÍMICA</b></p> <p>ALEXANDER CHACHA</p> <p>Toma de muestras de agua residual del proceso de pelambre in situ en la empresa TENERÍA DÍAZ.</p>
CERTIFICADO	POR ELIMINAR							
APROBADO	POR CALIFICAR							
POR APROBAR	<u>INFORMACIÓN</u>							

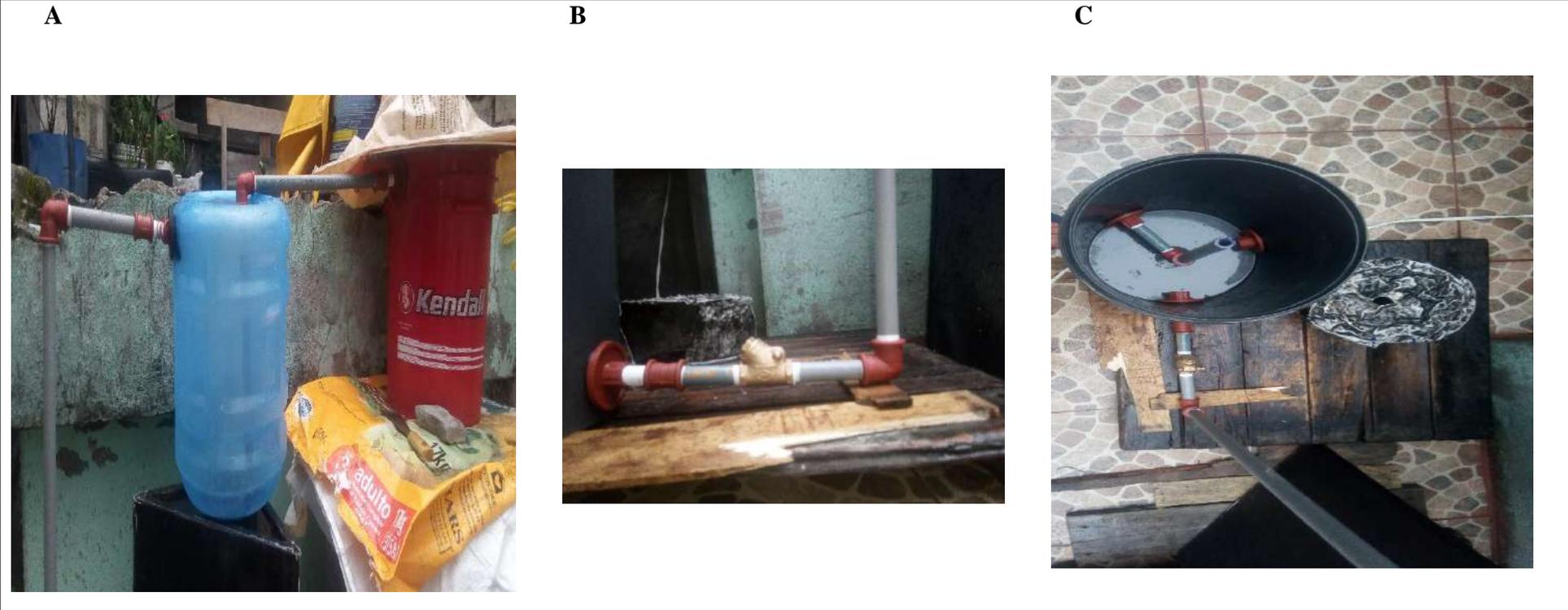


**ANEXO I: PROCESOS DE TRATAMIENTO EN EL AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE.**



<p style="text-align: center;"><b>NOTAS</b></p> <p>A: Superior (rojo) tanque de alimentación. Inferior (negro) biorreactor anaerobio.</p> <p>B: Biorreactor anaerobio, aerobio y compresor.</p> <p>C: Biorreactor aerobio suministrado de aire.</p>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		<p><b>ESPOCH</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESC. ING. QUÍMICA</b></p> <p><b>ALEXANDER CHACHA</b></p>	<p>Planta Piloto en funcionamiento con agua residual de pelambre.</p>
	CERTIFICADO	POR ELIMINAR		
	APROBADO	POR CALIFICAR		
	POR APROBAR	<u><b>INFORMACIÓN</b></u>		

**ANEXO J: PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE PELAMBRE EN PLANTA PILOTO.**



<p style="text-align: center;"><b>NOTAS</b></p> <p>A: Biorreactor aerobio comunicado a través de tubería con el sedimentador.                  B: Válvula check instalada entre el sedimentador y filtro ascendente.                  C: Estructura interna del filtro ascendente.</p>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		<p><b>ESPOCH</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESC. ING. QUÍMICA</b></p> <p>ALEXANDER CHACHA</p>	<p>Planta Piloto en funcionamiento con agua residual de pelambre.</p>
	CERTIFICADO	POR ELIMINAR		
	APROBADO	POR CALIFICAR		
	POR APROBAR	<u><b>INFORMACIÓN</b></u>		

**ANEXO K: FILTRO ASCENDENTE.**

**A**



**B**



**C**



**NOTAS**

A: Filtro ascendente con grava y arena para efectos de filtración.  
 B: Primera aparición de agua filtrada.  
 C: Agua ingresando por la tubería interior del filtro.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

CERTIFICADO

POR ELIMINAR

APROBADO

POR CALIFICAR

POR APROBAR

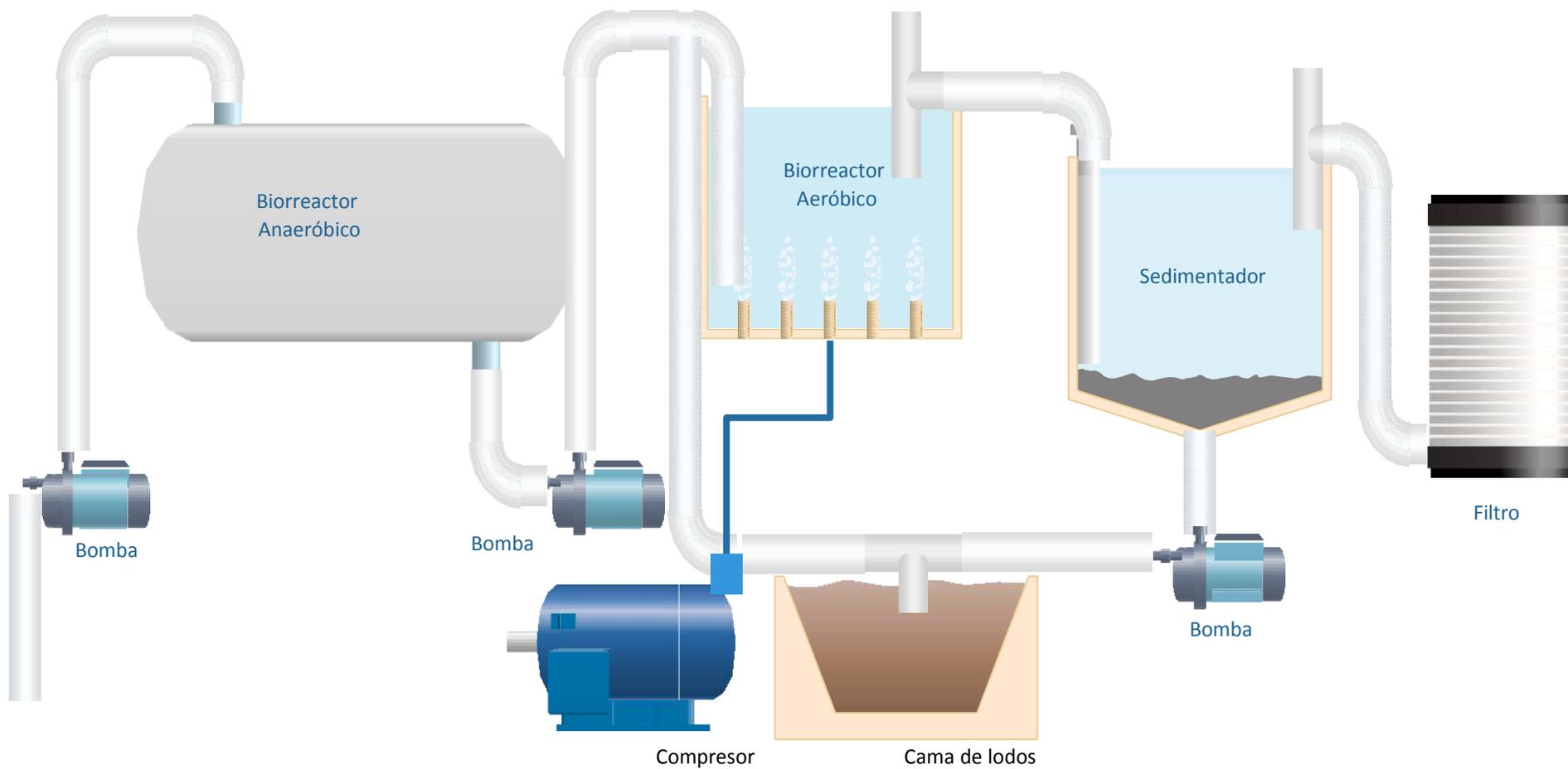
**INFORMACIÓN**

**ESPOCH  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESC. ING. QUÍMICA**

ALEXANDER CHACHA

Planta Piloto en funcionamiento con agua residual de pelambre.

**ANEXO L: ESQUEMA GENERAL DE LA PTAR DE LA ETAPA DE PELAMBRE DE LA EMPRESA TENERÍA DÍAZ.**



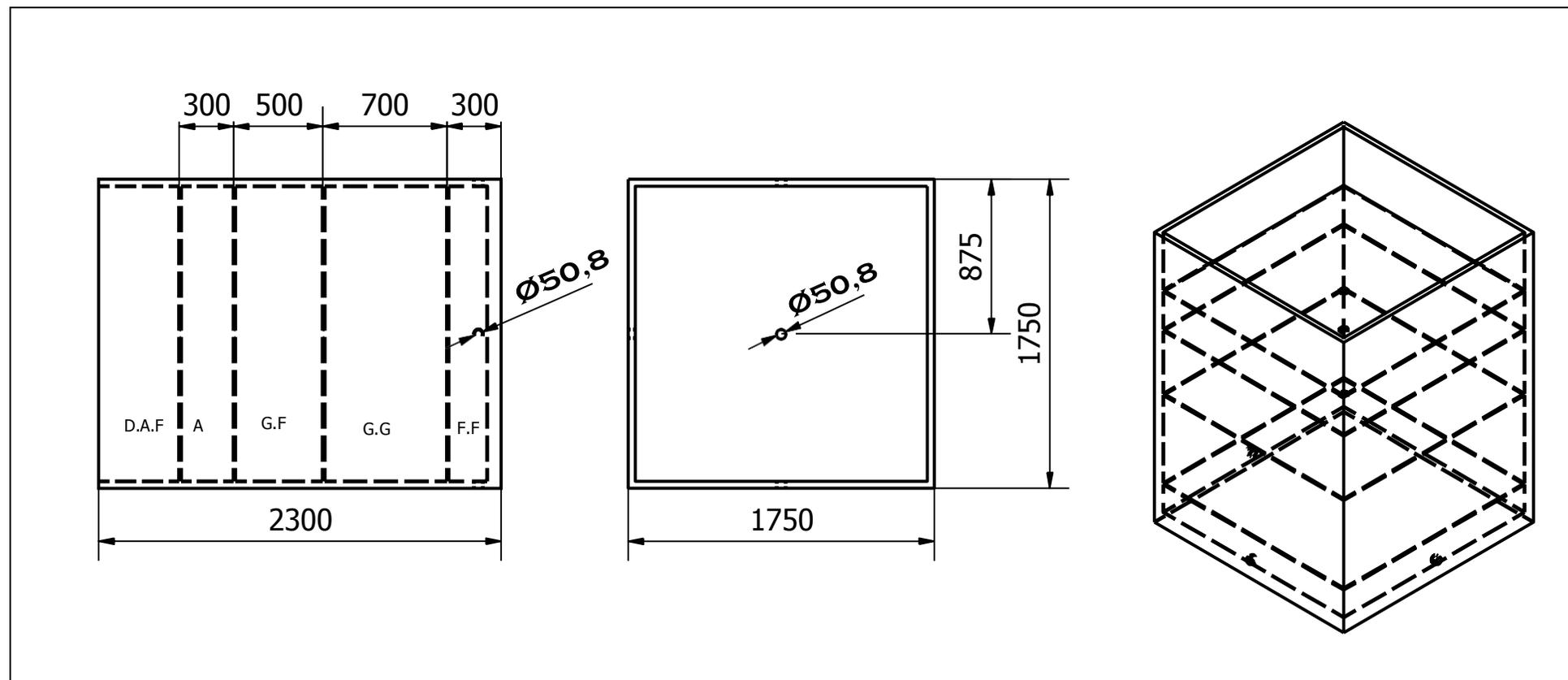
**ANEXO M: DIMENSIONES Y DISEÑO DE LOS TANQUES ANAEROBIO Y AEROBIO.**

<p>2170</p>			
<p>NOTAS</p> <p>Vista superior, Vista lateral, Vista Isométrica</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO    POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO        POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR    INFORMACIÓN</p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ALEXANDER CHACHA JIMÉNEZ</p>	<p>BIOREACTOR ANAEROBIO Y</p> <p>AEROBIO</p>

ANEXO N: DIMENSIONES Y DISEÑO DEL SEDIMENTADO.

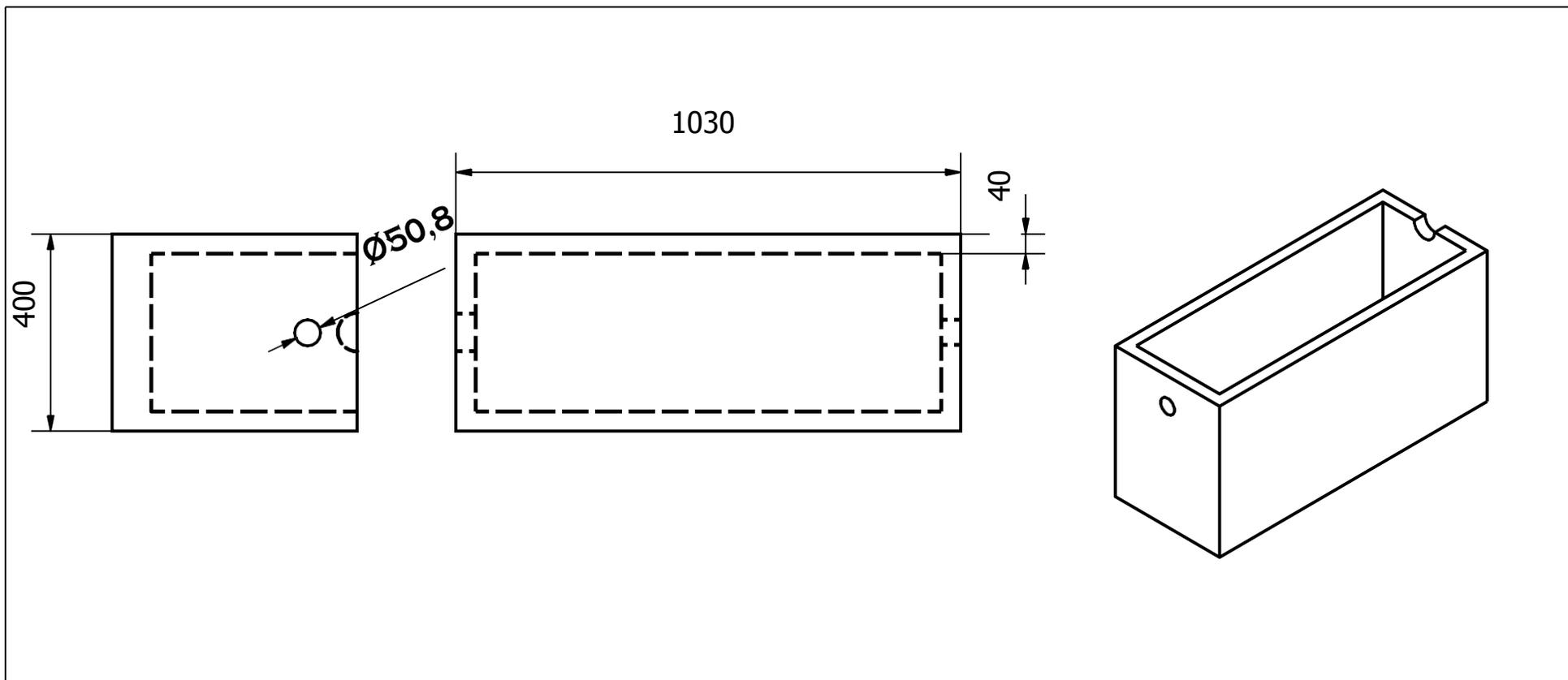
<p>2000      400</p>			
<p>NOTAS</p> <p>Vista superior, Vista lateral, Vista Isométrica</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO      POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO          POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR      <b><u>INFORMACIÓN</u></b></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ALEXANDER CHACHA JIMÉNEZ</p>	<p>SEDIMENTADOR</p>

ANEXO O: DIMENSIONES Y DISEÑO DEL FILTRO ASCENDENTE.



<p>NOTAS</p> <p>Vista lateral, Vista superior, Vista Isométrica</p> <p>F.F: Falso Fondo G.G: Grava Gruesa G.F: Grava Fina A: Arena D.A.F: Desfogue agua filtrada</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO    POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO        POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR    <b><u>INFORMACIÓN</u></b></p>	<p>ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ALEXANDER CHACHA JIMÉNEZ</p>	<p>FILTRO ASCENDENTE</p>
--	--	---	--------------------------

**ANEXO P: DIMENSIONES Y DISEÑO DEL LECHO DE SECADO PARA LODOS.**



<p style="text-align: center;">NOTAS</p> <p style="text-align: center;">Vista lateral, Vista superior, Vista Isométrica</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO    POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO        POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR    <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">ALEXANDER CHACHA JIMÉNEZ</p>	<p style="text-align: center;">LECHO DE SECADO DE LODO</p>
---	---	---	--