



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Tesis de grado previo la obtención del título de**

**INGENIERO QUÍMICO**

**Titulada:**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL  
PROCESO DE PELAMBRE PARA SU REUTILIZACIÓN, CURTIEMBRE  
PIELES “PUMA”**

**PRESENTADO POR:**

**SEGUNDO JUAN TAYUPANDA PAGALO**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2010**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dra. Yolanda Días

\_\_\_\_\_

**DECANA FAC. CIENCIAS**

Ing. Mario Villacrés

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA**

Ing. Mario Villacrés

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Gonzalo Sánchez

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. José Usiña

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Sr. Carlos Rodríguez

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACION**

**NOTA DEL TESIS** \_\_\_\_\_

## ***AGRADECIMIENTO***

Este trabajo consigo presenta un sincero agradecimiento en especial a nuestro Padre creador que se manifiesta como luz, palabra y sabiduría.

Mi gratitud a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y conocimiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación, en especial a mi Director de Tesis, Ing. Mario Villacrés, a los miembros del tribunal, Ing. Gonzalo Sánchez e Ing. José Usiña partícipes directos de mi éxito alcanzado.

El reconocimiento más sincero a mi familia por su cariño, comprensión y ayuda incondicional a lo largo de mi vida.

A la Industria de Curtiembre Pieles “Puma”, por propulsar la educación y el desarrollo científico tecnológico prestando todas las facilidades para la realización del presente.

Queda gravado mi profundo e imperecedero agradecimiento.

Yo, Segundo Juan Tayupanda Pagalo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este informe y el patrimonio intelectual le pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## **INDICE DE ABREVIATURAS**

min.	Minuto
s	segundo
año	año
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
día	día
g	gramo
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
kg	kilogramo
km	kilómetro
Kw	kilowatio
L	litro
m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
mg	miligramo
min	minuto
mm	milímetro
°	grados
s	segundo
t	tonelada
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pp</b>
Tabla. 1.3. Impacto sobre el ambiente y la salud humana.....	23
Tabla.1.3.1. Características de los efluentes de las curtiembres.....	26
Tabla. 1.4.2: Principales Impactos y opciones de mejora en la pelambre.....	34
Tabla: 2.5.1.1. Análisis del efluente de pelambre, antes y después del tratamiento.....	47
Tabla: 2.5.1.2. Análisis del agua residual tratada de cada ciclo.....	48
Tabla: 2.5.3.1. Cantidad de insumos químicos a ofertar en cada reuso.....	52
Tabla: 2.5.3.2. Porcentaje de ahorro en insumos químicos en el proceso de pelambre.....	53
Tabla: 3.1.1.4. Lectura de Caudal y Temperatura de las Aguas Residuales....	65
Tabla: 3.2.1. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual de proceso de pelambre para su reutilización.....	74
Tabla: 4. Resultado de las cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público en la provincia.....	78

## INDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	11
OBJETIVOS.....	13
GENERAL.....	13
ESPECIFICOS.....	13

### CAPITULO I

1	PARTE TEORICA.....	14
1.1	Curtido de pieles .....	14
1.2	Descripción del proceso de curtiembre.....	15
1.2.1.	Ribera.....	15
1.2.1.1.	Almacenamiento y recorte de las pieles.....	15
1.2.1.2.	Remojo y lavado.....	16
1.2.1.3	Proceso de pelambre.....	16
1.2.1.4.	Descarnado.....	21
1.2.1.5.	Depilado y dividido: Curtido .....	21
1.2.2.	Curtido.....	21
1.2.2.1	Desencalado.....	21
1.2.2.2	Rendido (purga) .....	21
1.2.2.3	Piquelado.....	22
1.2.2.4	Desengrasado.....	22
1.2.2.5	Curtido.....	22
1.2.2.6	Engrase.....	22
1.2.2.7	Recurtido.....	22
1.2.2.8	Teñido.....	23
1.2.3	Terminación.....	23
1.3	Impacto sobre el ambiente y la salud humana.....	23
1.3.1	Residuos líquidos.....	25
1.3.2	Residuos sólidos.....	28
1.3.3	Emisiones atmosféricas.....	30
1.4	Control de la contaminación.....	31

1.4.1	Tratamiento de efluentes.....	31
1.4.2	Tratamiento de aguas residuales del proceso de pelambre en la curtiembre	33
1.4.2.1	Tratamiento preliminar. ....	35
1.4.2.1.1	Separación de efluentes.....	35
1.5.	Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.....	36
1.5.1	Introducción.....	36
1.5.2	Objeto.....	37
1.5.3	Criterios de calidad para aguas de uso industrial.....	37
1.5.4	Métodos de prueba .....	38

## CAPITULO II

2	PARTE EXPERIMENTAL.....	39
2.1	Localización del experimento.....	39
2.2	Determinación del caudal de descarga.....	40
2.3	Toma de muestras de agua residual.....	41
2.4	Proceso de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre.....	42
2.4.1	Tratamiento preliminar.....	43
2.4.2	Tratamiento primario.....	44
2.5	Caracterización del agua residual.....	45
2.5.1	Ensayos de caracterización de la muestra original.....	45
2.5.1.1	Resultados de la caracterización del agua residual del proceso de pelambre.....	46
2.5.1.2	Resultado de los análisis del agua residual (tratada) de las diferentes etapas de reciclaje. ....	47
2.5.3	Acondicionamiento del agua residual (tratada), en cada ciclo de reuso.....	49
2.5.3.1	Acondicionamiento para el primer pelambre.....	49
2.5.3.2	Porcentaje de ahorro de insumos químicos en la reutilización del agua residual en el proceso de pelambre.....	52
2.6	Simulación del proceso de reutilización del efluente (tratada) del proceso de pelambre a escala piloto en la Curtiembre Pielés “Puma”.....	53
2.6.1	Proceso de pelambre con opción a reutilización del efluente tratada de pelambre... ..	54

## CAPITULO III

3	<b>Cálculos y Resultados</b> .....	61
3.1	Cálculos. ....	61
	Cálculos para el sistema de tratamiento de agua residual del proceso de	
3.1.1	pelambre para su reutilización a escala industrial.....	61
3.1.1.1	Consideraciones para la selección del tratamiento.....	61
3.1.1.2	Variables del proceso.....	61
3.1.1.3	Balance de masa.....	63
3.1.1.3.1	Balance de masa del proceso de pelambre a escala industrial.....	63
3.1.1.3.2	Esquema del sistema de tratamiento de agua residual del primer pelambre para su reutilización.....	63
3.1.1.4.	Caudales de diseño.....	65
3.1.1.5	Dimensionamiento.....	65
3.1.1.5.1	Rejillas y compuertas.....	66
3.1.1.5.2	Canales de recolección.....	66
3.1.1.5.3	Tanque de almacenamiento 1-2.....	67
3.1.1.5.4	Decantador de flujo vertical tipo cilindro – cónico.....	67
3.1.1.5.5	Equipo de bombeo.....	69
3.1.2	Esquema del sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre Curtiembre Pieles “Puma”	73
3.2	Resultados.....	74
	Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual de proceso	
3.2.1	de pelambre para su reutilización.....	74
3.2.2	Características de materiales del sistema de tratamiento.....	75
3.2.3	Requerimiento presupuestario.....	76

## CAPITULO IV

4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
---	------------------------------	----

## CAPITULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1	Conclusiones.....	79
5.2	Recomendaciones.....	80
	RESUMEN.....	81
	SUMARY.....	82
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
	ANEXOS.....	84

## INTRODUCCIÓN

“La disposición de las aguas residuales domésticas, industriales y/o agrícolas se ha convertido en los últimos años en un problema serio, que ha repercutido directamente en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación, especialmente en países en vías de desarrollo. Las aguas residuales son normalmente vertidas a ríos y quebradas, sin recibir un adecuado tratamiento.

Según el estudio del "Control de la calidad ambiental y la planificación urbana de Ambato, solo las curtiembres arrojan al río Ambato 1.925 metros cúbicos de aguas residuales al día. Es decir, el 65% del total de aguas contaminadas que emiten las principales industrias de la ciudad.

Otro estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Católica en el período 92-94 sobre la contaminación de agua en Ecuador identifica a la industria del Curtiembre como una de las más contaminantes de aguas en el país, porque utiliza químicos de elevada toxicidad.

En Ambato se ha medido niveles de cromo, en aguas residuales, de 43.94 miligramos al día, cuando el valor aceptable debería alcanzar el 0.1 miligramos, según un dato recogido por la revista Martes Económico del 24 de octubre de 1995.

El Municipio tiene un proyecto de ordenanza para la prevención y control de la contaminación. Ahí se incluirá la obligación de las industrias acusas de procesar

sus aguas en una planta de tratamiento propia.

Actualmente en Ecuador la mayoría de las curtiembres, concentradas en la provincia de Tungurahua, descargan sus aguas residuales a los ríos, sin ningún tratamiento previo. Ante esta realidad y en el afán de reducir el impacto ambientales de la curtiembre pieles “PUMA” dedicada al curtido de piles vacunos, se ha tomado una decisión estratégica, de la reutilización de efluentes del proceso de pelambre. La curtiembre pieles “PUMA” se encuentra localizada en la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua, el barrio los Tres Juanes, actualmente viene produciendo 200 cueros al día.

En tal virtud, el presente trabajo se enfoca principalmente en desarrollar un control de la contaminación con la reducción de las cargas contaminantes de la etapa de pelambre basándose de que en esta etapa se produce la mayor utilización de agua que luego deberá ser tratada con el fin de optimizar el uso de los recursos hídricos y permite, además, reciclar los productos químicos de los licores residuales del proceso de pelambre, generando un ahorro relativo de productos químicos y económicos a la empresa y más importante aún, disminuir sensiblemente la descarga de contaminantes al medio ambiente.

El esquema metodológico central de la presente investigación consiste en separar los efluentes del proceso de pelambre, para dar el respectivo tratamiento de manera que luego de que éstos hayan sido previamente tratados y/o acondicionados, esté dispuesto para la reutilización.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar un sistema de tratamiento de agua residual en el proceso de pelambre para su reutilización, en la curtiembre pieles "PUMA".

### **ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el estado inicial del agua residual de pelambre
- Identificar los parámetros a controlar en el agua residual del proceso de pelambre.
- Identificar las variables del proceso en la operación de rehúso de agua residual del pelambre.
- Realizar cálculos de ingeniería.
- Realizar un dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre.

## CAPÍTULO I

### 1 PARTE TEÓRICA

#### 1.1. CURTIDO DE PIELES

La preservación de pieles animales mediante un proceso de curtido representa una actividad artesanal tradicional, que llevada a dimensiones industriales genera importantes problemas de contaminación ambiental, principalmente debido al uso de agentes químicos tóxicos como el cromo y sulfuro, como también a la alta carga de materia orgánica, sólidos suspendidos y grasas contenida en los residuos líquidos que abandonan las distintas etapas del proceso.

Una gestión ambiental adecuada de los procesos involucrados en la transformación de la materia prima, es una herramienta clave para la prevención de la contaminación de este tipo de industrias, que incluye la implementación de medidas orientadas a modificar el proceso de producción, proponiendo estrategias de reducción de uso de agua, segregación y/o reutilización de corrientes, recuperación de reactivos y otras medidas que permitan reducir el impacto ambiental generado por los residuos industriales líquidos (RILes) de la industria de curtiembre. Para ello resulta indispensable caracterizar en forma detallada cada etapa del proceso, el balance de materia correspondiente, y los efluentes generados en cada etapa, estudio comparativo que fue publicado previamente (Konrad et al., 2002; Rivela et al., 2003).

El principal consumo de agua, y, por consiguiente, la mayor generación de efluentes, se genera en la etapa de ribera, principalmente en el pelambre, que genera RILes alcalinos con un alto contenido de materia orgánica y sulfuros.

## **1.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE CURTIEMBRE**

El proceso productivo consiste en la transformación de la piel animal en cuero. Las pieles, luego de ser limpiadas de sus grasas, carnazas, y pelos o lanas, son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos que interaccionan con las fibras del colágeno para obtener un cuero estable y durable. Las operaciones y procesos para la producción de cuero se agrupan en tres etapas: ribera, curtido y terminación (ANEXO I). Existen algunas variaciones según sea el tipo de piel, la tecnología disponible y las características finales a conseguir en el cuero.

Las principales sub etapas de ribera y curtido se realizan en grandes recipientes cilíndricos de madera llamados fulones. A estos recipientes se ingresan los cueros, el agua y los reactivos químicos necesarios, mientras que las sub etapas de terminación ocupan equipos de acondicionamiento físico en seco.

### **1.2.1. Ribera**

**1.2.1.1. Almacenamiento y recorte de las pieles:** Una vez separada la piel de la carne del animal, se procede a recortar la piel de las patas, cola, cabeza y genitales, según un procedimiento estándar.

Luego la piel se somete a un procedimiento de conservación para evitar su degradación biológica.

Los procedimientos más usados son el secado al aire y el salado con sal común. También se incluye el uso de productos químicos para evitar el ataque de insectos a la piel.

**1.2.1.2. Remojo y lavado:** Las pieles se limpian con agua y detergentes de toda materia extraña como tierra, sangre, estiércol, etc. En el caso de las pieles saladas se debe, además, eliminar la mayor parte de la sal proveniente de la conservación. Esta etapa también contribuye a devolverle a la piel la humedad perdida.

### **1.2.1.3. Proceso de pelambre**

Una vez realizado el proceso de remojo, las pieles suficientemente hidratadas, limpias, con algunas proteínas eliminadas de su estructura, pasan al proceso de pelambre, donde principalmente se busca por un lado eliminar del corium, la epidermis junto con el pelo o la lana, y por otro aflojar las fibras del colágeno a fin de prepararlas adecuadamente para los procesos de curtido.

En general, la concentración de los productos químicos involucrados así como el tiempo y tipo de proceso serán determinantes del tipo de curtido, y particularmente de la blandura y resistencia físico-mecánica de los artículos finales.(capellada, tapicería, marroquinería, vestimenta)

## **PROPÓSITO DE ESTA OPERACIÓN**

Entre los propósitos del pelambre podemos destacar los siguientes:

- Quitar o eliminar de las pieles remojadas la lana o el pelo , y la epidermis.
- Favorecer un hinchamiento de la piel que promueva un aflojamiento de la estructura reticular
- Promover la acción química hidrolizante del colágeno que aumenta los puntos de reactividad en la piel, al mismo tiempo que la estructura sufre desmoronamiento en sus enlaces (trabaciones) químicas.

- Aumentar el espesor de la piel para poder ser descarnada y si es necesario para la definición del artículo final, también poder ser dividida.
- Extracción y eliminación de las pieles de un grupo de proteínas y otros productos interfibrilares solubles en medio alcalino, o degradables por el efecto de la alcalinidad.

### **Proceso normal**

Utilizando sulfuro de sodio y cal en tambor.

En este caso, las pieles se someten a una elevada concentración de sulfuro de sodio, suficiente para atacar la queratina del pelo y epidermis, donde 3 g/l de  $\text{Na}_2\text{S}$  ataca el pelo.

Con este proceso el pelo se destruye rápidamente, pero presenta la desventaja de dejar la raíz del pelo en el folículo, obteniéndose una flor sucia.

100 % Agua

0.2 % Tenso activo

1 % Sulfuro de sodio (60 %)

Rodar 30 min.

1 % Sulfuro de sodio (60 %)

2 % Cal

Rodar 45 min. y reposar 60 min.

Checar caída de pelo

50 % Agua

2 % Cal

Rodar 45 min. y reposo 60 min.

Rodar 5 min. Cada hora hasta el día siguiente

Checar caída de pelo, hinchamiento y pH

Drenar y lavar

El efluente de un proceso normal de pelambre se presenta como un fango acuoso de color marrón, olor penetrante y temperatura por encima de la del ambiente, con un alto contenido de sólidos sedimentables, grasas, proteínas, alto DBO y sulfuro. La recuperación de estos baños comprende la separación de sólidos y su almacenamiento para su posterior rehúso. Por ello es necesario tener presente algunas consideraciones antes de decidir el tratamiento adecuado.

## **POSIBLES DEFECTOS CAUSADOS POR UN DEFICIENTE PELAMBRE**

1. Insuficiente remoción del pelo y sus raíces.

### **Causas probables:**

- Poco tiempo de proceso.
- Baja concentración de productos químicos.
- Proceso de remojo insuficiente
- Muy fuerte hinchazón de la piel (alta turgencia) por:
  - Temperaturas de pelado muy bajas.
  - Inmunización del pelo por tratamiento de remojo alcalino muy largo.

### **Efectos:**

- Permanencia de raíces del pelo (repelo)
- Superficie de flor áspera y desigual.
- Lesiones de la flor (fuertes arrugas, crispación o fragilidad) por depilado muy excesivo o extenso.

## **2. Manchas de cal, sombras de cal.**

Aparecen como manchas separadas compuestos insolubles de calcio en la piel.

### **Causas probables:**

- Dejar las pieles por mucho tiempo expuestas al aire (que contiene CO<sub>2</sub>= anhídrido carbónico).
- Insuficiente cubrimiento del baño de pelambre.
- La utilización de agua con alta dureza de bicarbonato, o CO<sub>2</sub> libre.

### **Efectos:**

- a. Flor áspera y quebradiza
- b. Irregular absorción de curtiente y de coloraciones.

## **3. Manchas por formación de jabones de cal.**

Pueden surgir por pieles de alto contenido de grasa natural.

### **Causa:**

El fuerte tenor alcalino del pelambre ataca las células de grasa y por una saponificación, se extrae la grasa de la piel. De las altas concentraciones de grasa pueden darse junto a la cal, la formación de jabones de cal, difíciles de disolver, lo que conduce a formación de manchas y coloración borrosa o no uniforme de la flor.

#### **4. Aumento de la formación de arrugas de engorde y/o crispación de la flor.**

##### **Causas :**

- Procesos de pelambre con alta concentración de productos químicos, que generan gran hinchazón a bajas temperaturas (menores a 28 °C).
- Sobrepeso en la carga de los reactores de pelambre, o muy escaso largo del baño y por ello se promueve la formación de falsas espaldas (que forman arrugas de cuello ,crispación o graneado de la piel)

#### **5. Explosión de la flor.**

##### **Causas:**

- a. Fuerte hinchazón de las pieles.
- b. Muy bajas temperaturas del pelambre.

Se puede corregir este defecto sustituyendo parcialmente el sulfuro sódico por otros depilantes más suaves.

#### **6. Inmunización del pelo o lana.**

##### **Causas:**

- Alta concentración alcalina o largo tiempo de acción.

En estos casos una eliminación del pelo es casi imposible o sólo es posible mediante procesos especiales y con grandes dificultades.

**1.2.1.4. Descarnado:** En esta etapa se elimina de la piel, mediante cuchillas, el tejido subcutáneo (restos de músculos y nervios), las grasas o cualquier otro elemento indeseado.

**1.2.1.5. Depilado y dividido:** El depilado no se realiza, cuando en el pelambre se trabaja con baños con alta concentración de sulfuro y buena agitación mecánica, pues con este procedimiento y un buen enjuague se elimina prácticamente todo el pelo de la piel. En el dividido se corta la piel depilada por la mitad de su espesor para producir dos capas. El dividido también se puede realizar después del curtido.

## **1.2.2. Curtido**

**1.2.2.1. Desencalado:** Esta etapa se ocupa de eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero.

Para este procedimiento se usan disoluciones acuosas de ácidos para neutralizar la piel, eliminando la cal y los productos alcalinos formados, como ácido clorhídrico, sulfúrico, fórmico, etc.

**1.2.2.2. Rendido (purga):** Es un proceso enzimático que permite un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa que hayan quedado de los procesos anteriores. Se usan enzimas proteasas absorbidas sobre aserrín de madera y agentes desencalantes (cloruro de amonio). El rendido se puede realizar en los mismos recipientes de encalado o en uno distinto.

**1.2.2.3. Piquelado:** Se utiliza en el curtido con cromo, con el fin de eliminar totalmente el álcali que queda en la piel. En este proceso se acidifica la piel lo suficiente, de manera que se evite la precipitación de sales de cromo insoluble en las fibras del cuero durante el curtido. Se usan sales como: cloruro y sulfato de sodio y ácidos como: sulfúrico y fórmico.

**1.2.2.4. Desengrasado:** Se realiza en el curtido de pieles lanares, ya que estas poseen un alto contenido de grasa. Se puede realizar con agentes tenso activos (jabones sódicos, detergentes sintéticos) o con disolventes orgánicos (kerosene, percloroetileno).

**1.2.2.5. Curtido:** El curtido es la transformación de la piel en el cuero comercial, a través de un proceso de fijación del agente de curtiembre sobre la piel, en fulones durante un tiempo determinado. El tiempo de curtido dependerá del tipo de producto a obtener, el agente de curtiembre y el proceso en sí. Posteriormente el cuero se lava para eliminar el exceso de curtiembre y luego se seca. Los agentes de curtido más usados son las sales de cromo y los curtientes naturales (taninos).

**1.2.2.6. Engrase:** Para obtener un cuero más suave y flexible se adicionan por impregnación aceites vegetales y animales, modificados o no y aceites minerales.

**1.2.2.7. Recurtido:** Consiste en el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos con el objeto de obtener un cuero más lleno, con mejor

resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura que no se han podido obtener con la sola curtición convencional. Agentes recurtientes son: sales de cromo, recurtientes naturales y/o artificiales.

**1.2.2.8. Teñido:** Las pieles recurtidas son teñidas en fulones mediante colorantes ácidos o básicos.

**1.2.3. Terminación.**

El cuero teñido y seco pasa por varias sub etapas de acabado, los cuales le dan la presentación deseada según sea el tipo de producto final. Por ejemplo, los cueros son raspados, ablandados, estirados, planchados, pintados, lacados, etc.

**1.3. Impacto sobre el ambiente y la salud humana**

En el cuadro siguiente, presenta un proceso convencional de curtido con las operaciones del proceso, contaminantes y el impacto sobre el medio ambiente.

**Tabla. 1.3.1.** Impacto sobre el ambiente y la salud humana.

PROCESO	CONTAMINANTES	IMPACTO AL AMBIENTE
CUERO CRUDO	Sal y Microorganismos	Aire
LAVADO Y REMOJO	Residuos líquidos con Sangre Estiércol Barro , sal, etc.	DBO, sólidos suspendidos y sales disueltas
APELAMBRADO	Residuos líquidos con Sulfuro de sodio ,Oxido de calcio Residuo Sólido Pelos, materia orgánica putrescible	DBO, DQO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,álcalinidad y sulfuros

LAVADO DE PELAMBRE	Residuos líquidos con contenido de: Sulfuro de Sodio Oxido de Calcio Agua con contenido de materia orgánica	DBO, DQO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,alcalinidad y sulfuros
DESCARNADO	Residuo sólido Carne Sólidos Aprox.20% del peso inicial	DBO, DQO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,álcalis y sulfuros
RECORTADO	Residuos sólidos Colas	DQO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,álcalis y sulfuros contaminación del aire
DESENCALADO Y RENDIDO	Residuo líquido con contenido de: Bisulfito sodio Sulfato cálcico	DBO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,
LAVADO	Residuo líquido con contenido de: Bisulfito sodio Sulfato cálcico	DBO, sólidos suspendidos y sales disueltas ,
PIQUELADO Y CURTIDO CON CROMO	Residuo líquido con contenido de: Cloruros ,Sulfatos, Cromo no fijado Sulfato básico de cromo, virutas de cuero cromado	DQO, DBO cromo ,sales ácidos, etc
ESCURRIDO	Residuo líquido con contenido de: Cloruros ,Sulfatos, Cromo no fijado	DBO, DQO cromo ,sales ácidos, etc
REBAJADO Y RECORTADO	Residuos sólidos con cromo ,Aserrín de cuero con cromo	DQO, DBO , acidez
RECURTIDO TEÑIDO Y ENGRASE	Residuo líquido con contenido de: Cloruros ,Sulfatos, Cromo , recurtientes , colorantes y engrasantes	DQO, DBO, acidez
ACABADO	Tintes pigmentos, resinas , lacas, solventes, engrasantes, otros	Contaminación del aire

Fuente: CEPIS, GT

Los residuos de las curtiembres pueden causar efectos negativos sobre el ambiente. La disposición de los residuos líquidos y sólidos, así como las emisiones gaseosas sobre cuerpos de agua, suelo y aire degradan la calidad ambiental de estos últimos y ocasionan daños muchas veces irreversibles.

También son conocidos los efectos sobre la salud del contacto directo con los insumos químicos utilizados en el proceso productivo con los residuos peligrosos

que se generan. Los efluentes que contienen alta carga orgánica, sulfuro y cromo merecen atención prioritaria dentro de un programa de minimización en curtiembres debido a su alta carga contaminante.

Las Curtiembres hacen uso intensivo de agua en sus procesos, principalmente en la ribera y el curtido. Además, utiliza en los procesos importantes cantidades de reactivos químicos, destacando el uso de cloruro de sodio, sulfuro de sodio, cal, sales de cromo y solventes.

Por otro lado, es de destacar que cerca del 60% del peso de las pieles que ingresa a la curtiembre son eliminadas como residuo, ya sea en las aguas residuales o con los residuos sólidos.

### **1.3.1. RESIDUOS LÍQUIDOS**

#### **Efectos sobre los cuerpos de agua**

En general la carga de material contaminante en los efluentes líquidos de las curtiembres, es producto de la materia prima utilizada y de los insumos químicos. A lo anterior se suma el hecho que el proceso de una curtiembre es intensivo en el uso de agua, estimándose que el consumo de agua puede variar entre 25 y 80 litros por kilogramo de piel.

Las aguas residuales cuando se descargan directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en la vida acuática y en los usos posteriores de estas aguas. Un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como agua para bebida o para fines agrícolas e industriales, afecta la vida acuática y los peces mueren por disminución del oxígeno disuelto. Por otra parte, si su uso es indispensable, los costos de tratamiento se tornan muy altos.

En el caso de las aguas subterráneas, su contaminación es más problemática y persistente porque su autodepuración es lenta debido a que no presenta corrientes que le confieran una adecuada aireación. Esto se agrava cuando es la única fuente de abastecimiento de agua para una población. Los efluentes no tratados de las curtiembres ocasionan salinidad en las aguas subterráneas debido a la alta concentración de cloruros.

Una evaluación sobre el potencial de contaminación de cuerpos de agua causada por efluentes de curtiembre en función de sus características principales muestra lo siguiente:

**Tabla.1.3.1.** Características de los efluentes de las curtiembres

<b>Parámetro / tipo de curtido</b>	<b>Curtido vegetal (mg/l)</b>	<b>Curtido al cromo (mg/l)</b>
DBO5	1000	900
DQO	3000	2.500
Sulfuro	160	160
Sulfato	2000	2000
Cloruro	2.500	2.500
Nitrógeno total	120	120
Aceites y grasas extractables con éter	200	200
Fósforo	1	1
Cromo <sup>+3</sup>	-	70
Sólidos totales	10000	10000
Sólidos suspendidos	1.500	2.500
Ceniza total	6000	6000
Ceniza en sólidos suspendidos	500	1000
Sólidos sedimentables (2h)	50	100
pH	9	9

Fuente: CEPIS, GT

## **DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS.**

*DBO y DQO.* Son los parámetros utilizados para medir la materia orgánica presente en el efluente. Cuando se presenta concentraciones altas de DBO y DQO en los ríos puede ocurrir desoxigenación del mismo.

*pH.* Es un parámetro de importancia que indica la intensidad de la acidez o alcalinidad del efluente. Generalmente los efluentes de las curtiembres presentan variaciones entre 2,5 y 12,0. Las variaciones de pH afectan considerablemente la vida acuática de las corrientes receptoras.

*Sulfuro.* Presenta riesgo de formación de gas sulfhídrico, el que en baja concentración genera olor desagradable y en alta concentración puede ser muy tóxico.

*Amonio.* Es tóxico para los peces. Es un nutriente que puede causar proliferación de plantas acuáticas.

*Nitrógeno-Kjeldahl.* Es el total de nitrógeno orgánico y del amoniacal. Su presencia en altas concentraciones puede provocar el crecimiento acelerado de plantas acuáticas.

*Nitratos.* Su presencia en altas concentraciones en agua potable es riesgosa para la salud.

*Fosfato.* No es tóxico pero estimula el crecimiento de plantas acuáticas y algas.

*Cromo.* Metal pesado persistente que puede causar problemas a la salud humana en altas concentraciones.

*Color.* Proveniente de los taninos y tintes, perjudica la actividad fotosintética de las plantas acuáticas y provoca su muerte.

*Sólidos suspendidos.* Los sólidos suspendidos representan las sustancias disueltas en el agua residual retenidos por un filtro de 45 micrones. El resultado

obtenido por el filtro se seca en un horno a 105°C para luego determinar su peso. *Sólidos sedimentables*. Ocasionalmente ocasionan la formación de bancos de lodos que producen olores desagradables.

### **Impacto al ambiente**

Las aguas residuales de la industria de curtido tienen altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pH elevado, sólidos suspendidos y compuestos de cromo.

La alta carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaerobias de biodegradación, debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos gases nocivos como el hidrógeno sulfurado, dióxido de carbono y metano.

Algunos residuos líquidos poseen alto valor de pH (entre 9 y 11) y sulfatos. Estos residuos cuando son descargados directamente al sistema de alcantarillado producen corrosión en las cañerías de cemento.

Por otro lado, la presencia en los efluentes de compuestos sulfurados puede provocar la producción de sulfuro de hidrógeno gaseoso, al mezclarse este efluente alcalino con otros efluentes ácidos o neutros en el alcantarillado.

### **1.3.2. RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **Fuentes y caracterización**

Los residuos sólidos se generan principalmente en las etapas de descarnado, recorte de pieles, raspado y lijado de los cueros. Los residuos del descarnado son principalmente grasas y tejidos biodegradables.

Por otro lado, los residuos sólidos de otras etapas del proceso son, principalmente, cuero curtido en la forma de pedazos, viruta y polvo. Estos residuos se van acumulando junto a las máquinas de corte, raspado y lijado y son almacenados generalmente en tambores metálicos. Los desechos sólidos son retirados semanalmente por empresas contratistas que los envían a los vertederos municipales o son vendidos a empresas que producen cuero conglomerado.

Se estima que cerca del 60% en peso de la piel bruta se elimina como residuo en la industria de curtido. Además, cerca del 15% del peso total de la piel se descarga en las aguas residuales principalmente en la forma de grasas, pelo degradado y fibras. Estos últimos son los responsables del lodo generado en aquellas empresas que poseen una planta de tratamiento de residuos líquidos.

Los lodos, previamente secados, también se envían a vertederos municipales o privados.

### **Impacto al ambiente**

Los residuos sólidos provienen principalmente de dos fuentes: de los sólidos suspendidos y sedimentables presentes en las descargas de líquidos y de los restos de pieles y cueros recortados del proceso.

Los primeros tienden a sedimentar y depositarse en los cursos acuáticos donde se descargan o en las cañerías de desagüe, creando condiciones anaeróbicas de biodegradación con el consiguiente consumo excesivo del oxígeno disuelto en el agua y la formación de compuestos de muy mal olor.

Los restos de pieles y cuero son enviados a sitios de disposición final, donde por ser altamente degradables provocan olores molestos. Además de contener sustancias químicas tóxicas que pueden infiltrar en tierra o a aguas

subterráneas.

### **1.3.3. EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

#### **Fuentes y caracterización**

En la industria de curtiembres las emisiones gaseosas pueden clasificarse en dos grupos: olores y vapores de solventes provenientes de las operaciones de acabado.

Los malos olores provienen de un pobre control de las operaciones anteriores a la operación de curtido, por: un control deficiente de la limpieza de equipos y recipientes, de los canales de drenaje, pozos de sedimentación y residuos acumulados en algún lugar, producto de la descomposición orgánica. La disminución de los malos olores es solo cuestión de un buen mantenimiento operacional, más que de la tecnología en uso.

Por otro lado, los vapores de solventes usados en la etapa de acabado de cueros dependen del tipo de producto químico empleado y de las medidas implementadas para reducir su emisión.

#### **Impacto al ambiente**

Las emisiones a la atmósfera son causadas principalmente por la producción de olores desagradables de los lugares de almacenamiento de residuos sólidos biodegradables y la mezcla de efluentes con contenido de sulfuro.

Estos olores desagradables pueden afectar incluso a las áreas residenciales ubicadas cerca de las plantas de curtido.

También el uso de pinturas y lacas diluidas en solventes orgánicos puede

provocar problemas a la salud de los trabajadores que operan en esta área, cuando existe poca ventilación.

#### **1.4. CONTROL DE LA CONTAMINACION**

Debido a la gran cantidad de residuos que inevitablemente se generan, esta actividad exige aplicar medidas que permitan hacer tratamiento de sus residuos.

Es importante aclarar que el tratamiento de los residuos será más fácil, si los flujos de dichos residuos no han sido mezclados, es decir que se han mantenido separados desde su generación.

Estas medidas permitirán reducir tanto el volumen como la carga contaminante del efluente industrial, por lo que, en caso de ser necesaria la instalación de una planta de tratamiento final, ésta será de menor capacidad, y, por consiguiente, los costos de adquisición y los gastos de operación, serán menores.

En general, según datos recolectados por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, se estima que, en Colombia, una planta de tratamiento final de efluentes líquidos, tiene un costo anual de operación (mantenimiento, reactivos químicos, electricidad, etc.) que se aproxima al 15% del monto que se requiere para su instalación. Por lo tanto, antes de implementar cualquier sistema de tratamiento final, se debe agotar todas las opciones de PML incluyendo la valorización de residuos.

##### **1.4.1. TRATAMIENTO DE EFUENTES**

Para el tratamiento del agua residual se ha realizado tratamientos para minimizar o re circular las aguas del proceso, si bien esto siempre son concernientes y en algunos casos imprescindibles de realizar, es necesario tener en consideración; dos factores fundamentales.

1. El lugar final del vertido, del cual depende los límites mínimos a conseguir como resultado de tratamiento y que básicamente son dos.
  - Vertido de cause publico: los limites máximos de vertido son los contenidos en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.
  - Vertidos al sistema de saneamiento público: los límites máximos de vertido son los establecidos en norma de calidad ambiental y de descarga de efluente; Recurso agua.
2. Hay empresa que realizan el tratamiento de agua residual todo el proceso entero y otros realizan solo una parte del proceso. En este sentido será importante disponer de los caudales y de los parámetros analíticos, si puede ser tanto, de cada operación, como del total que se vierte al sistema de tratamiento.

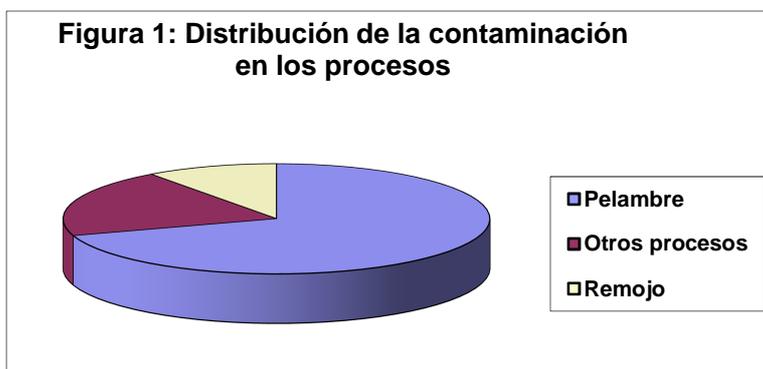
A partir de los datos del caudal y de los parámetros obtenidos se obtiene la carga contaminante de cada parámetro en Kg de parámetro /día, que es la unidad que se utiliza habitualmente para hacer los cálculos de los sistemas de saneamiento necesario y/ o de reutilización. Hay que recordar que efectos de comparación de procesos hemos utilizado como unidad los Kg/TM de piel. La inter conversión, es fácil teniendo en cuenta que también se conoce la producción TM piel/día.

A partir de estos datos, se puede hacer una primera aproximación sobre un posible sistema de tratamiento, si bien es imprescindible hacer las pruebas suplementarias, tanto a escala de laboratorio como industrial.

#### 1.4.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE PELAMBRE EN LA CURTIEMBRE.

Como se ha venido mencionando en el presente documento, los procesos de pelambres constituyen la mayor preocupación para las curtiembres por el alto nivel de DQO, alto  $\text{DBO}_5$ , alto nivel de sólidos, sulfuro de sodio y cromo en solución.

El pelambre constituye la operación que genera la mayor parte de la contaminación en una curtiembre. La carga contaminante depende mucho del método empleado para el pelambre (método convencional, sin destrucción de pelo, pelambre enzimático o amínico, etc.) y de si las pieles han sido o no pre-descarnadas.



Las técnicas más conocidas para reducir la carga contaminante de los efluentes generados en el pelambre son:

1. Control óptimo de las variables de operación;
2. Reciclaje de los baños residuales del pelambre;
3. Pelambre con recuperación de pelo (con cal, sulfuro de sodio, pelambre, enzimático, etc.);
4. Valorización de los efluentes (filtración, oxidación de sulfuro, precipitación de proteínas).

**Tabla. 1.4.2:** Principales Impactos y opciones de mejora en la pelambre.

<p>Pelambre y calero</p> <p>Principales impactos</p>	<p>DQO, suciedad, sulfuros, nitrógeno en las aguas residuales.</p> <p>Residuos sólidos de pelo y lodos cálcicos.</p> <p>Consumo de agua.</p> <p>Malos olores.</p>
<p>Opciones de mejora</p>	<p>Tecnología de recuperación de pelo.</p> <p>Reciclado de los licores de sulfuro, previo filtrado y ajuste de la concentración de productos químicos.</p> <p>Prevención de las emisiones de sulfuro de hidrógeno mediante segregación de los efluentes y tratamiento de los mismos.</p>
<p>Ventajas</p>	<p>La recuperación del pelo permite reducir la DQO y el Nitrógeno en aguas residuales y la cantidad de lodos.</p> <p>La reducción del consumo de sulfuro permite reducir la Concentración de sulfuros y DQO en las aguas.</p> <p>El reciclado del sulfuro permite ahorrar en químicos, consumo de agua y DQO en los efluentes.</p> <p>La prevención de las emisiones de sulfuro de hidrógeno Permite reducir el riesgo asociado a la formación de sulfuro de hidrógeno.</p>

#### **1.4.2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR.**

##### **1.4.2.1.1. SEPARACIÓN DE EFLUENTES**

En las curtiembres se generan dos tipos principales de efluentes líquidos: los ácidos y los básicos. Éstos líquidos deben mantenerse separados para su procesamiento antes de ser mezclados en el efluente final para evitar la generación accidental de H<sub>2</sub>S, considerado un gas venenoso y letal para el ser humano.

##### **La importancia:**

- Los efluentes básicos provenientes del pelambre (es la operación más contaminante de una curtiembre) contienen sulfuro, que al ser neutralizados con efluentes ácidos provenientes del piquelado, curtido y recurtido darán lugar a emanaciones de sulfuro de hidrógeno, cuya cantidad y peligrosidad dependerá de la concentración del sulfuro y del pH de la mezcla.
- La separación de efluentes facilita la recuperación de residuos en forma de productos útiles y a que éstos tengan una mayor pureza.

##### **Separación de Sólidos Gruesos**

La primera operación unitaria en las plantas de tratamiento de aguas residuales es la operación de desbaste. Una rejilla es un dispositivo con aberturas uniformes utilizado para retener generalmente los sólidos de cierto tamaño que arrastran las aguas residuales. Estos dispositivos además sirven para proteger las bombas, válvulas y otros elementos contra posibles daños y para evitar que se obstruyan por trapos o elementos de gran tamaño. Es por esto que las partículas con tamaños entre 0,5 mm y 2 o más cm. pueden eliminarse mediante desbaste, siendo esta la más económica entre las operaciones unitarias.

**Fig. 2.** Rejilla de retención de sólidos gruesos



Fuente: Americana de Curtidos, 2005.

### **Filtrado**

Los baños deben enviarse a un tamiz inclinado para remover los sólidos suspendidos.

Este tamiz puede estar hecho de un marco de madera y una tela de material sintético (el nylon se usa para soluciones básicas; el poliéster para ácidas y el polipropileno para ambas), y debe ser colocado en forma inclinada.

A continuación del tamiz, sólo en caso de ser necesario, se puede instalar una trampa de aceites y grasas, con un tanque de sedimentación, para asegurar la separación de grasas.

## **1.5. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA**

### **LIBRO VI ANEXO 1**

#### **1.5.1. INTRODUCCION**

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las

disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

### **1.5.2. OBJETO**

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

### **1.5.3. Criterios de calidad para aguas de uso industrial**

Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios;
- b) Generación de energía y

c) Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

#### **Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público**

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos, en el Anexo II:

#### **1.5.4. METODOS DE PRUEBA**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", en su más reciente edición. Además deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

## **CAPITULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**

##### **Toma de Muestras:**

La toma de muestra se realizó en el tanque o Colector de descarga del agua residual del proceso de pelambre al interior de la empresa, que se encuentra localizado en la ciudad de Ambato, barrio los Tres Juanes.

##### **Análisis Físico – Químicos:**

Laboratorio del Centro de Servicios y Químicos “PUCE”.

Laboratorio de Nutrición Animal (Facultad de Ciencias Pecuarias)

#### **2.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DESCARGA**

Para determinar el caudal de descarga del agua residual, se realizó una lectura durante la descarga del efluente del pelambre. Posteriormente se determinó el caudal que se utilizaron para el diseño del sistema de tratamiento de del efluente de pelambre.

##### **PRINCIPIO DEL MÉTODO:**

Consiste en la lectura de la velocidad con la que un cuerpo flotante se desplaza sobre una corriente de agua en una distancia determinada, así como el área que se establece entre la altura del agua y el ancho de un colector. La relación que existe entre estas dos mediciones nos proporciona el valor de caudal promedio.

## MATERIALES:

- Equipo de protección personal.
- Cronómetro.
- Cinta métrica.
- Balón.
- Cuerda.
- Varilla.

## PROCEDIMIENTO:

- Tomar la medida de 2 m. en la orilla del colector, y señalar.
- Al balón sujetarlo con la cuerda y lanzarlo hacia la corriente del agua.
- Tomar el tiempo con el cronómetro en el que demora el balón en cruzar las señales.
- Luego medir la altura del agua residual en diferentes puntos del colector.
- Medir el ancho (base) del colector con la cinta métrica, y anotar los datos.

## CÁLCULOS:

**VELOCIDAD:**       $v = L / t$       *Ec: 2.2-1*

Donde:       $v =$  velocidad m / s.

$L =$  Longitud m.

$t =$  Tiempo s.

**AREA:**       $A = b * H$       *Ec: 2.2-2*

Donde:  $A = \text{Área m}^2$ .

$b = \text{base m.}$

$H = \text{altura m.}$

**CAUDAL:**  $Q = v * A$  *Ec: 2.2-3*

Donde:  $Q = \text{Caudal en m}^3 / \text{s.}$

$v = \text{velocidad de la corriente en m / s.}$

$A = \text{Área del canal en m}^2$ .

### **2.3. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL**

Para la toma de muestras se realizó el siguiente tipo de muestreo:

#### **MUESTREO ALEATORIO**

Luego de haber determinado el conglomerado donde se va a extraer las muestras se utilizó un muestreo aleatorio, esto a razón de que cualquier elemento de la población iba a ser escogido aleatoriamente para formar la muestra que serviría para nuestra investigación.

#### **PRINCIPIO DEL MÉTODO:**

La toma de muestras en corrientes de descarga de agua residual, debe asegurar la obtención de una muestra representativa y homogénea del universo, considerando las respectivas normas de seguridad personal, técnica de muestreo y para salvaguardar la muestra obtenida.

#### MATERIALES:

- Equipo de protección personal.
- Frascos para contener muestras.
- Cooler.

#### PROCEDIMIENTO:

- Homogeneizar el recipiente destinado para la recolección del vertido. Desechar el líquido unas dos oportunidades.
- Recoger una cantidad significativa del vertido y disponerlo en el recipiente destinado para ello.
- Conservar la muestra en un cooler, dejando un espacio de aire libre para una posible expansión térmica.

### **2.4. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PELAMBRE PARA SU REUTILIZACION.**

El efluente que se descarga de la industria de curtiembre especialmente del pelambre, contiene elevadas concentraciones de materia orgánica, sulfuro y cal, que pueden alcanzar niveles críticos de toxicidad, si no se le da un tratamiento adecuado. Conociendo que el efluente de pelambre es rico de sulfuro, agua y cal, se propone un sistema de tratamiento de esta agua residual, para aprovechar estos componentes para su reutilización, mediante la aplicación de las técnicas de recuperación de los baños de pelambre y las condiciones necesarias para su reutilización.

El efluente de pelambre antes de ser reciclado tiene que ser sometido a un proceso de tratamiento y acondicionamiento. (ANEXO III).

## **RECOLECCION DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PELAMBRE.**

El baño residual es recolectado por medio de canales de concreto protegidos contra la corrosión ocasionada por el sulfuro hasta el tanque de almacenamiento.

### **2.4.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR:**

Busca remover sólidos gruesos o de separación simple, evitando problemas hidráulicos en el sistema de tratamiento y evitando la eficiencia de unidades posteriores. Consiste en la utilización de una serie de rejillas continuas que se instalan a lo largo del canal colector cuya función es retener sólidos de tamaño mayor, como trozos de piel y otros materiales que pueden ocasionar interferencias en los procesos siguientes, también podrían causar problemas de obstrucción en los canales, tanques y además sirven para proteger las bombas, válvulas y otros elementos contra posibles daños. Dado el alto poder corrosivo del baño de pelambre se recomienda utilizar rejillas de acero inoxidable.

### **DESBASTE.**

Es la separación física o tamizado de materias sólidas arrastradas o en suspensión en el vertido, el tamaño de estas materias oscila entre piezas grandes hasta partículas coloidales.

Se divide en tres tipos:

- Fino, con separación de 3 a 10 mm en los elementos del tamiz.
- Media, con separación de 10 a 25 mm.
- Grande, con separación de 50 a 100 mm.

## **TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1.**

El agua residual del proceso de pelambre es almacenado en un tanque de concreto protegido contra la corrosión.

### **2.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.**

El objetivo es eliminar los sólidos que puedan interferir en el reuso. La sedimentación puede ser hecha en sedimentadores de sección rectangular, circular o decantadores cilindro-cónicos. La selección dependerá de la disponibilidad del área. En nuestro caso se utilizo el decantador cilindro – cónico. En la decantación se logra una remoción de 90 % de sólidos decantables y 80 – 90 % de sólidos suspendidos. Los factores para lograr una efectiva sedimentación serán:

- Velocidad ascensional optima de decantación de 1 m/hora
- El tiempo de retención hidráulica de 2 a 3 horas.

Una vez que se ha logrado la sedimentación completa del agua residual en el decantador se procede a enviar al tanque de almacenamiento.

En el decantador sin dispositivo mecánico para la remoción de lodos es importante proyectar un mínimo de 60 % de inclinación en las paredes del fondo para que el escurrimiento del lodo se efectuara sin quedar retenido en las paredes. El volumen del lodo generado esta en función del grado de sólidos que constituyen el baño.

## **TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2**

El efluente decantado se almacenó en un tanque, donde se realizó una caracterización para determinar la concentración de sulfuro y Ca presente en el agua residual que va a ser reutilizada la misma que es bombeado al fulón para su reutilización.

Una vez obtenida los resultados de la caracterización del agua residual tratada, se procede a realizar los cálculos de acondicionamiento para la nueva tanda de pelambre.

### **2.5. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL**

Los ensayos se realizaron en el laboratorio del centro de servicios y químicos “PUCE”, con muestras originales procedentes del proceso de pelambre.

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización de la muestra original sin tratamiento alguno.

#### **2.5.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE LA MUESTRA ORIGINAL.**

Se realizaron para una muestra de agua sin tratamiento, proveniente del pelambre (contenido de cal, agua y sulfuro).

Una vez culminado estos procesos de producción dentro de los bombos, se tomaron 30 litros de muestra en recipiente de polipropileno adecuados, que se sellaron herméticamente para ser llevados al laboratorio antes mencionado.

El tratamiento de los vertidos se limita en la mayoría de casos a su homogenización y sedimentación. La homogenización minimiza fluctuaciones en la composición de los vertidos causados por descargas intermitente de líquidos fuerte, y la sedimentación es necesaria por los grandes volúmenes de fangos presentes en los vertidos.

### **2.5.1.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PELAMBRE.**

En la tabla 2.5.1.1, consta un informe de los resultados emitidos por el laboratorio "PUCE". En la caracterización de las corrientes se tomaron muestras puntuales en cada descarga de vertidos de un batch de curtido de piel de vacuno, por lo tanto las composiciones indicadas en las tablas siguientes son consideradas como valores referenciales para diseñar la planta de tratamiento de agua residual y al posterior realizar un tratamiento o acondicionamiento del agua para la reutilización.

En el informe emitido se observa que existen valores elevados de la mayoría de los parámetros analizados la cual implica la necesidad de implementar un tratamiento primario, secundario y terciario, para reducir los niveles de contaminación del efluente.

**TABLA: 2.5.1.1. Análisis del efluente de pelambre, antes y después del tratamiento.**

PARAMETRO	ABREVIACION	RESULTADOS		UNIDAD
		EFLUENTE ORIGINAL	EFLUENTE TRATADO	
pH	pH	12.3	12.0	
Color		Marrón		
Temperatura	°C	18	17	
Sulfuro	S <sup>2-</sup>	3305	1427	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	DQO	38326	3980	mg/L
Demanda Biológica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	26658	3143	mg/L
Sólidos Totales	ST	57305	3293	mg/L
Sólidos Suspendidos	SS	32850	1781	mg/L
Sólidos disueltos	SD	33270	2854	mg/L
Calcio		1325	1090	mg/L

Elaborado: S. Tayupanda 2009

**2.5.1.2. RESULTADO DE LOS ANALISIS DEL AGUA RESIDUAL (TRATADA) DE LAS DIFERENTES ETAPAS DE RECICLAJE.**

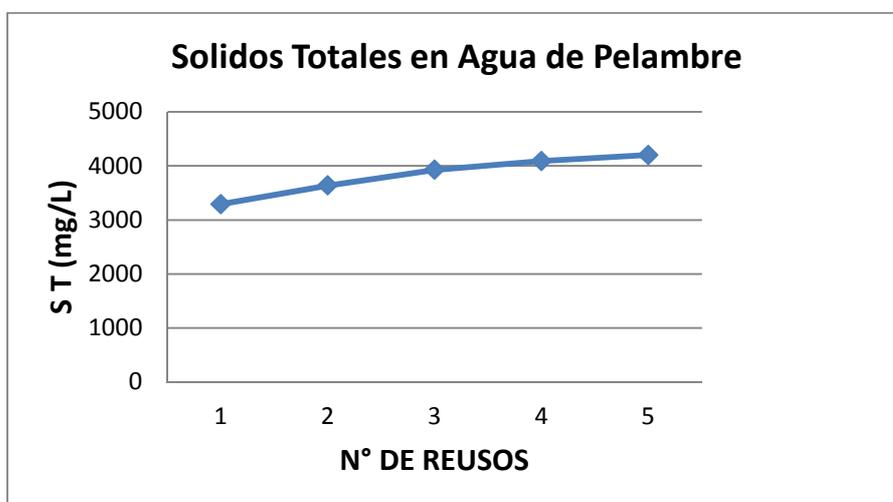
Una vez culminada el proceso de pelambre, el efluente es vertido en su totalidad al exterior del bombo o fulón donde se dio el respectivo tratamiento como: la filtración y decantación y se realizó el análisis de los parámetros esta agua tratado, el cual se detalla en la siguiente tabla. Estos valores nos determinan la concentración de los parámetros que se encuentran presentes para su reutilización siguiente.

**Tabla: 2.5.1.2. Análisis del agua residual tratada de cada ciclo.**

PARAMETRO	ORIGINAL	REUSO 1	REUSO 2	REUSO 3	REUSO 4
pH	12	11.5	12.3	12.5	12
°C	17	18	17	17	18
S <sup>2-</sup> (mg/L)	1427	1630	1299	1500	1150
DQO (mg/L)	3980	3825	3761	3873	4100
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3143	2950	2822	3005	2663
ST (mg/L)	3293	3637	3925	4090	4200
SSus (mg/L)	1781	2314	1638	2039	1977
SD (mg/L)	2854	2900	2030	2261	2600
Calcio hidróxido mg/L	1090	2300	1338	1428	1669

Elaborado: S. Tayupanda 2009

**Figura. Variación de sólidos totales en cada etapa de reciclaje**



En la figura anterior se observa que se produce un leve aumento de la concentración de sólidos totales debido principalmente a una acumulación de sales, y de la concentración de sulfuros; en este caso se debe reducir aun más la adición de este químico.

### **2.5.3. ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL (TRATADA), EN CADA CICLO DE REUSO.**

#### **2.5.3.1. ACONDICIONAMIENTO PARA EL PRIMER REUSO.**

Una vez obtenido los datos de la caracterización del agua de pelambre y realizado el tratamiento respectivo para la reutilización, se procede a acondicionar la solución para la nueva tanda de pelambre, mediante el suministro de cal, sulfuro en un porcentaje de acuerdo con el peso de las pieles a procesar.

#### **➤ PORCENTAJE DE AGUA A OFERTAR.**

- Agua residual tratada del primer pelambre =110 Kg
- Cantidad de Agua necesario para pelambre de 100 Kg de piles = 150 Kg

Para determinar la cantidad de acondicionamiento del agua, se procede a realizar una resta del agua necesaria para pelambre menos el agua residual tratada, obteniendo como resultado la cantidad de agua que se debe adicionar al fulón, es decir que:

$150 \text{ Kg} - 110 \text{ Kg} = 40 \text{ Kg}$  de agua a ofertar.

➤ **PORCENTAJE DE SULFURO DE SODIO (Na<sub>2</sub>S ) A OFERTAR**

**DATOS:**

**Piel** = 100 Kg

**H<sub>2</sub>O** (150%) = 150 Kg

**Na<sub>2</sub>S** (17%) = 2.40 Kg

**Ca(OH)<sub>2</sub>** (3.5%) = 3.80 Kg

**1. Calcular la pureza de S<sup>=</sup> que ingresa al pelambre original.**

**Na<sub>2</sub>S** (17%) = 2.40 Kg

$$2.40 \text{ Kg Na}_2\text{S} \left| \frac{17.0 \text{ Kg Na}_2\text{S}}{100 \text{ Kg Na}_2\text{S}} \right. = 0.41 \text{ Kg Na}_2\text{S} \quad \text{Masa real del Sulfuro}$$

**Dosificación**

$$\frac{\text{Masa real del Sulfuro}}{\text{Cantidad de agua utilizada}}$$

$$\frac{0.41 \text{ Kg de S}}{150 \text{ Kg de H}_2\text{O}} = 0.0027 \frac{\text{Kg de S}}{\text{Kg de H}_2\text{O}} = 2.73 \frac{\text{g de S}^=}{\text{Kg H}_2\text{O}}$$

$2.73 \frac{\text{g de S}^=}{\text{Kg H}_2\text{O}}$
--

Es la cantidad de S<sup>=</sup> que ingresa a pelambre original

**2. Calculo de la salida de S<sup>=</sup>**

En el resultado de la caracterización del agua residual tratada se obtuvo el valor de sulfuro es S<sup>=</sup> = 1427 mg/L, la cual es la cantidad de sulfuro que esta presente en la solución.

$$1427 \text{ mg Na}_2\text{S /Kg} \left| \frac{1.0 \text{ g Na}_2\text{S}}{1000 \text{ mg Na}_2\text{S}} \right. = 1.43 \text{g de Na}_2\text{S}$$

**Cantidad de sulfuro a ofertar:**

$$\text{Ingreso de sulfuro al botal} = 2.73 \frac{\text{g de Na}_2\text{S}}{\text{Kg de H}_2\text{O}}$$

$$\text{Salida de sulfuro} = 1.43 \frac{\text{g de Na}_2\text{S}}{\text{Kg de H}_2\text{O}}$$

**ACONDICIONAMIENTO:**

➤ **Acondicionamiento en porcentaje.**

$$2.73 \text{ g de Na}_2\text{S} \text{ ----- } 100\%$$

$$1.43 \text{ g de Na}_2\text{S} \text{ ----- } X$$

X = 52.38 % de Na<sub>2</sub>S se encuentra en el agua.

➤ **Acondicionamiento en peso.**

100 % - 52.38 % = 47.6 % de sulfuro perdido, el cual se debería adicionar este mismo porcentaje para realizar el reciclado del agua, es decir que se necesita:

$$2.40 \text{ Kg de Na}_2\text{S} \text{-----} 100\%$$

$$X \text{-----} 47.6\%$$

1.13 Kg de sulfuro para acondicionar el agua a reutilizar.

**PORCENTAJE DE CAL (Ca (OH)<sub>2</sub>) A OFERTAR**

De igual manera se debe proceder a realizar los cálculos para determinar el porcentaje de cal a adicionar en la solución.

**Tabla: 2.5.3.1. Cantidad de insumos químicos a ofertar en cada reuso**

Item	Original	Reuso 1	Reuso 2	Reuso 3	Reuso 4
	Cantidad kg	Cantidad Añadida Kg	Cantidad Añadida Kg	Cantidad Añadida Kg	Cantidad Añadida Kg
<b>Peso de Piel Kg</b>	100	100	100	100	100
<b>Agua</b>	150	40	46	43	45
<b>Sulfuro de Sodio(Na<sub>2</sub>S)</b>	2.40	1.13	1.25	1.38	1.57
<b>Cal Ca(OH)<sub>2</sub></b>	3.80	2.1	1.9	2.0	2.6
<b>Lodos</b>	11	12	11.5	11.7	12.3

Elaborado: S. Tayupanda 2009

**2.5.3.2. PORCENTAJE DE AHORRO DE INSUMOS QUIMICOS EN LA REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUAL EN EL PROCESO DE PELAMBRE.**

Mediante la reutilización del agua residual se ha conseguido reducir el consumo de agua e insumos químicos como se detalla en la Tabla 2.5.3.2, así como también disminuir la cantidad de descargas contaminantes. A su vez estas medidas han generado ahorros económicos significativos y un mejor desempeño ambiental en la empresa.

**Tabla: 2.5.3.2.** Porcentaje de ahorro en insumos químicos en el proceso de pelambre.

Ítem	Reuso 1	Reuso 2	Reuso 3	PROMEDIO
	%	%	%	%
<b>Agua</b>	73	69	71	71
<b>Sulfuro de Sodio(Na<sub>2</sub>S)</b>	52	44	47	48
<b>Cal Ca(OH)<sub>2</sub></b>	44	50	47	47

Elaborado: S. Tayupanda 2009

## **2.6. SIMULACION DEL PROCESO DE REUTILIZACION DEL EFLUENTE (TRATADA) DEL PROCESO DE PELAMBRE A ESCALA PILOTO EN LA CURTIEMBRE PIELES “PUMA”**

La simulación se realizó siguiendo los pasos específicos del pelambre, solo que este experimento se realizó en proporciones menores a los que se realiza industrialmente debido a que en el experimento puedan ocurrir errores de cálculos, o procedimientos, etc., que puedan afectar la calidad del producto y al mismo tiempo generar pérdidas económicas a la empresa. Con los resultados obtenidos en la escala piloto se realizó una relación a escala industrial para el diseño del sistema de tratamiento..

Durante las pruebas realizadas de la reutilización del agua residual (tratada) del proceso de pelambre que se detallan a continuación, se conto con la asistencia

técnica del Ing. Ángel Cárdenas, especialista en cueros, el cual ha venido trabajando en la producción de cueros durante 12 años.

### **2.6.1. PROCESO DE PELAMBRE CON OPCION A REUTILIZACION DEL EFLUENTE DE PELAMBRE.**

Esta prueba se realizó en la Curtiembre pieles “PUMA” de la ciudad de Ambato. La prueba estuvo compuesta de cuatro etapas de pelambres, de los cuales el segundo, tercero y cuarto se efectuaron con reciclaje del baño del pelambre que le precedía.

Se emplearon cuatro lotes de 100 Kg pieles cada uno. En la formulación de la receta del pelambre se realizó de acuerdo al sistema convencional que se ha venido trabajando en la empresa, siguiendo el tiempo de reacción, y el orden de la adición de los reactivos químicos.

#### ***Paso 1: Primer pelambre con receta original***

Se utilizaron 100 Kg de pieles saladas frescas, las cuales provienen del proceso de remojo donde fueron pre-remojadas y remojadas sin descarnar, cabe mencionar que la piel durante el proceso de remojo que es antes del proceso de pelambre, absorbe 30% de agua. Una vez obtenida la piel húmeda y limpia son introducidos a bombos giratorios donde se adicionó reactivos químicos como el  $\text{Na}_2\text{S}$ , cal y agua para realizar el proceso de pelambre. Durante el proceso de pelambre se controló el tiempo del depilado, efecto mecánico y el hinchamiento de la piel, para obtener un producto de buena calidad.

### **TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL**

Una vez terminada el proceso de pelambre se procede a la filtración del efluente,

la cual se realizó vaciando todo el baño de pelambre junto con las pieles en la fosa situada debajo del fulón. Posteriormente el licor de pelambre se filtró en una malla de 2 mm (ANEXO IV) y se tomaron muestras para cuantificar la composición de los parámetros presentes en el efluente, el licor filtrado se almacenó en un tanque de concreto para luego devolver al fulón para el acondicionamiento y reuso.

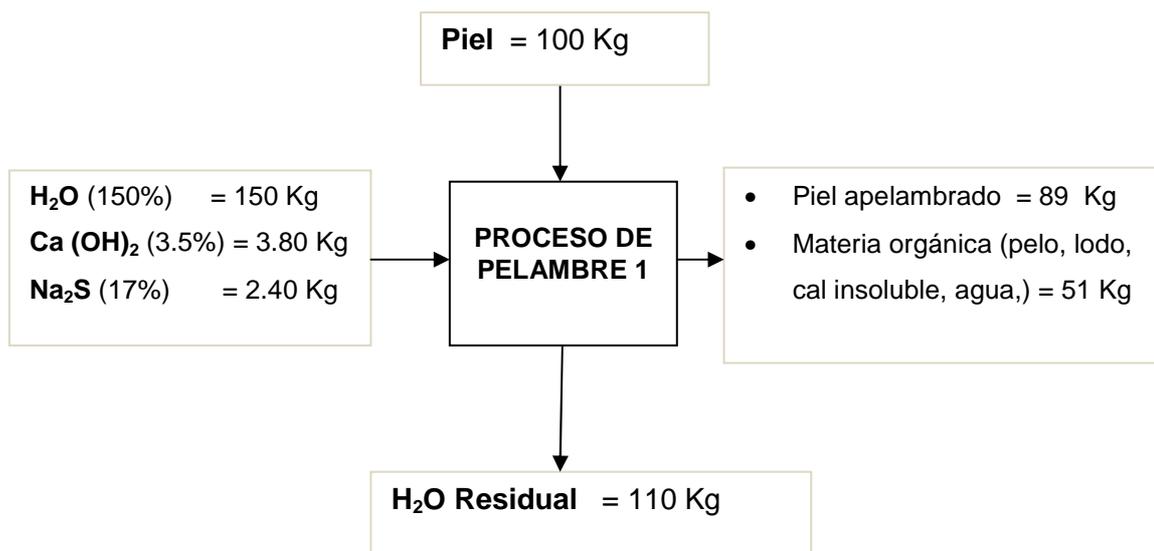
Después del pelambre las pieles fueron sometidas a las operaciones de desencalado, purga, piquelado, curtido y engrasado, dando un wet blue de buena Se realizó una inspección visual de las pieles acabadas, habiéndose obtenido también un producto final de buena calidad

### BALANCE DE MASA.

Base de cálculo para primer pelambre:

100 Kg de piel (durante el remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).

150 Kg de agua/día para pelambre = 150 litros/día



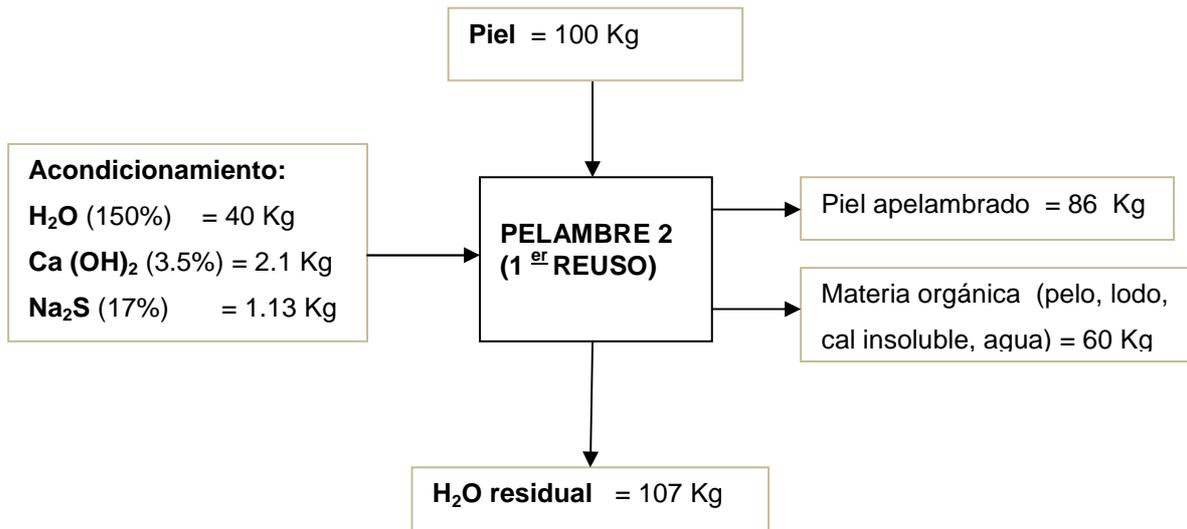
***Paso 2: Segundo pelambre con reciclaje de baño del primer pelambre (REUSO 1).***

Se procesaron 100 Kg de pieles frescas, en los cuales se utilizaron los mismos equipos, materiales, reactivos químicos y receta aplicados para el primer pelambre, excepto que, en lugar de agua fresca, se utilizó 73% del licor de pelambre de la primera prueba, obtenida después del filtrado del pelo. Esta modificación permitió ahorrar 52% de sulfuro y 44% de cal, los que, en caso de usar agua fresca, hubieran tenido que ser añadidos de acuerdo a la receta del pelambre. La filtración se realizó de igual manera que en el primer pelambre y los resultados fueron similares. La mayor parte del pelo se separó de la piel y prácticamente, no quedó pelo remanente en la piel. Las pieles adquirieron un hinchamiento y una turgencia adecuados, ya que se observó que los poros de la piel estaban bien abiertos y, al estrujar la piel, se comprobó que salía agua de los mismos. Esto también fue corroborado con el control del grado de turgencia de la piel, mediante presión con un dedo en la flor de la tripa, lo que produjo una marca que se perdía al cabo de tres segundos. Una piel hinchada y no turgente quedaría deformada por más tiempo.

**BALANCE DE MASA**

Base de cálculo para segundo pelambre:

100 Kg de piel (durante el remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).



***Paso 3: Tercer pelambre con reciclaje de baño del segundo pelambre (REUSO 2).***

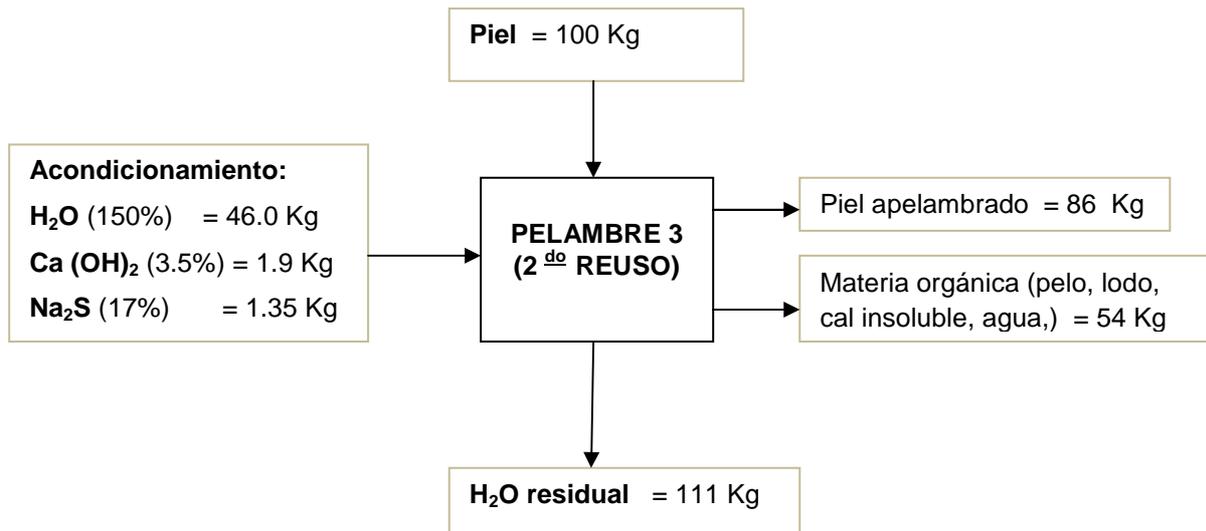
Se procesaron 100 Kg de pieles, provenientes de procesos anteriores. Se utilizaron los mismos procedimientos, materiales, reactivos químicos y receta que en los anteriores pelambres, pero reciclando el licor de pelambre de la segunda prueba para acondicionarlo después de la eliminación mediante la filtración de la materia orgánica. Obteniendo como resultado pieles apelmbradas correctamente sin ningún defecto que pueda ocasionar para los procesos posteriores y en la calidad del cuero.

Una vez terminada el proceso de pelambre, el líquido residual se procede a filtrar en un tamiz y es enviado al tanque de almacenamiento para la caracterización, acondicionamiento y reutilización.

**BALANCE DE MASA**

Base de cálculo para tercer pelambre:

100 Kg de piel (durante el remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).



***Paso 4: cuarto pelambre con reciclaje de baño del tercer pelambre (REUSO 3).***

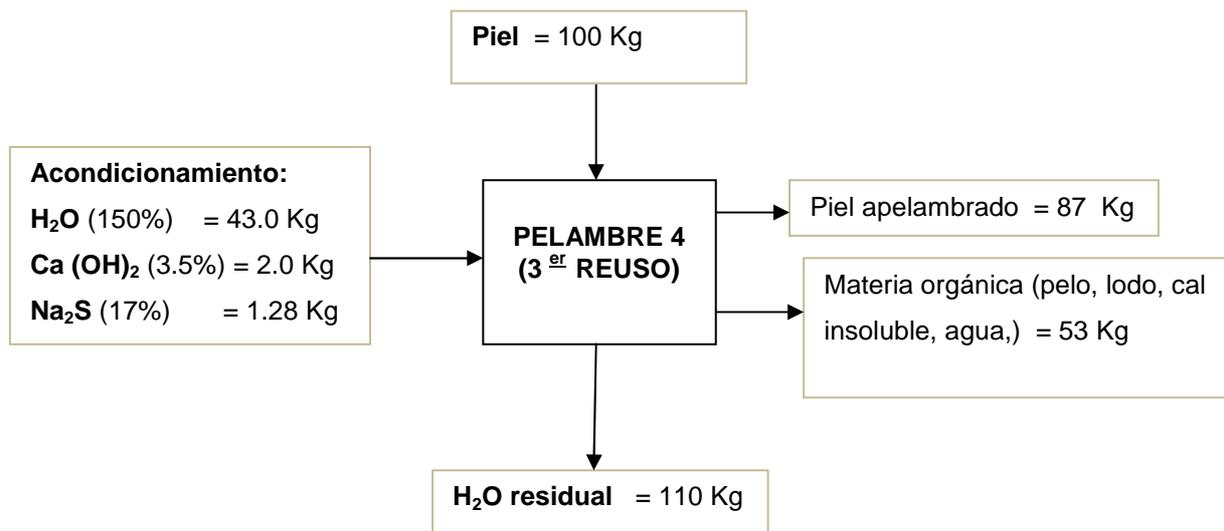
De la misma manera se procesaron 100 Kg de piel, utilizando los mismos procedimientos anteriores hasta obtener una piel apelmbrada.

En este cuarto pelambre, se utilizó el agua residual tratada proveniente del tercer pelambre a la cual se le acondicionó con los químicos adecuados, de manera que no afecten la calidad del cuero, donde se pudo comprobar un ahorro de reactivos químicos y agua en esta reutilización. Dando como resultado piles bien apelmbradas y en buenas condiciones.

**BALANCE DE MASA**

Base de cálculo para cuarto pelambre:

100 Kg de piel (durante el proceso de remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).



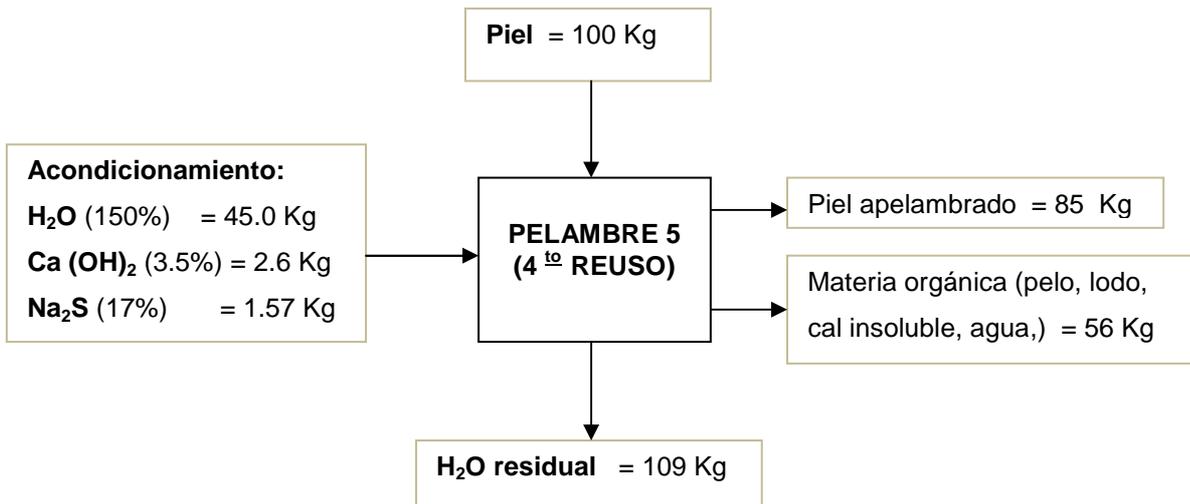
***Paso 5: Quinto pelambre con reciclado de baño del cuarto pelambre (REUSO 4).***

De igual manera se procesaron 100 Kg de pieles vacunas, a los cuales se sometieron a los mismos tratamiento que los anteriores, utilizando el mismo procedimientos de apelmbrado con, equipos, materiales, reactivos químicos y receta aplicados para el tercer pelambre, excepto que, en lugar de agua fresca, se utilizó 71% del licor de pelambre de la primera prueba, obtenida después del filtrado del pelo. Esta modificación permitió ahorrar 47% de sulfuro y de igual manera 47% de cal, los que, en caso de usar agua fresca, hubieran tenido que ser añadidos de acuerdo a la receta original del pelambre. En esta experimentación del cuarto reuso, se observó que el pelo de algunas pieles todavía permanecía adherido a la piel, la cual va a ocasionar en lo posterior un defecto de la calidad del cuero, por lo que presumiblemente sólo se podrían hacer tres reciclados del licor de pelambre.

## BALANCE DE MASA

Base de cálculo para quinto pelambre:

100 Kg de piel (durante el proceso de remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).



## **CAPITULO III**

### **3. CALCULOS Y RESULTADOS**

#### **3.1. CALCULOS.**

##### **3.1.1. CALCULOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PELAMBRE PARA SU REUTILIZACION A ESCALA INDUSTRIAL**

###### **3.1.1.1. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO.**

El efluente de un proceso normal de pelambre se presenta como un fango acuoso de color marrón, olor penetrante y temperatura por encima de la del medio ambiente, con un alto contenido de sólidos sedimentables, grasas, alto DBO y sulfuro. La recuperación de estos baños comprende la separación de sólidos y su almacenamiento para su posterior reuso. Por ello es necesario tener presente algunas consideraciones antes de decidir el tratamiento adecuado:

- El caudal de la descarga es intermitente (batch), es decir que no es continuo y además los periodos de descarga están en función de la producción, que también es muy variable.
- Para el diseño del sistema de tratamiento se debe tener en cuenta el tamaño y dimensionamiento de la planta industrial, su ubicación, distribución y áreas de los procesos, maquinarias, áreas libres y de circulación, etc.

###### **3.1.1. 2. VARIABLES DEL PROCESO**

###### **Cantidad de baño**

Influye sobre la concentración de los productos y puede utilizarse para controlar el grado de hinchamiento. De tal formas que una flota baja con alta concentración de

productos químicos provoca un depilado rápido pero un hinchamiento insuficiente. El % de agua es respecto al peso de la piel. Donde con el 150 % de agua es suficiente para lograr un buen hinchamiento.

### **Temperatura**

Debe trabajarse con temperatura ambiente (18 - 20 °C). Se sabe que a una temperatura de 30 °C, se depila mas rápido que a 15 °C pero el efecto de hinchamiento se reduce porque al aumentar la temperatura se disminuye la solubilidad de la cal.

### **Efecto mecánico**

Las pieles se hinchan durante el proceso de pelambre y por ello son muy sensibles a la abrasión y flexión, por lo que el efecto mecánico debe ser mínimo. Siendo este en tambor de 2 - 3 vueltas por minuto, y cuando este en reposo durante el encalado girar 5 minutos cada hora.

### **Tiempo**

A mayor tiempo de encalado, mayor efecto de apelmbrado y mayor número de puntos reactivos para los materiales siguientes. El depilado tarda de 3 a 4 horas pero el abrimiento fibrilar requiere más tiempo, aproximadamente unas 18 horas.

### **Productos químicos**

Estos son depilantes y encalantes siendo importante el orden de adición de los mismos, afín de obtener un depilado e hinchamiento controlado.

### **pH**

Este deberá incrementarse lentamente, quedando al final del proceso de pelambre entre 11.5 y 12.5.

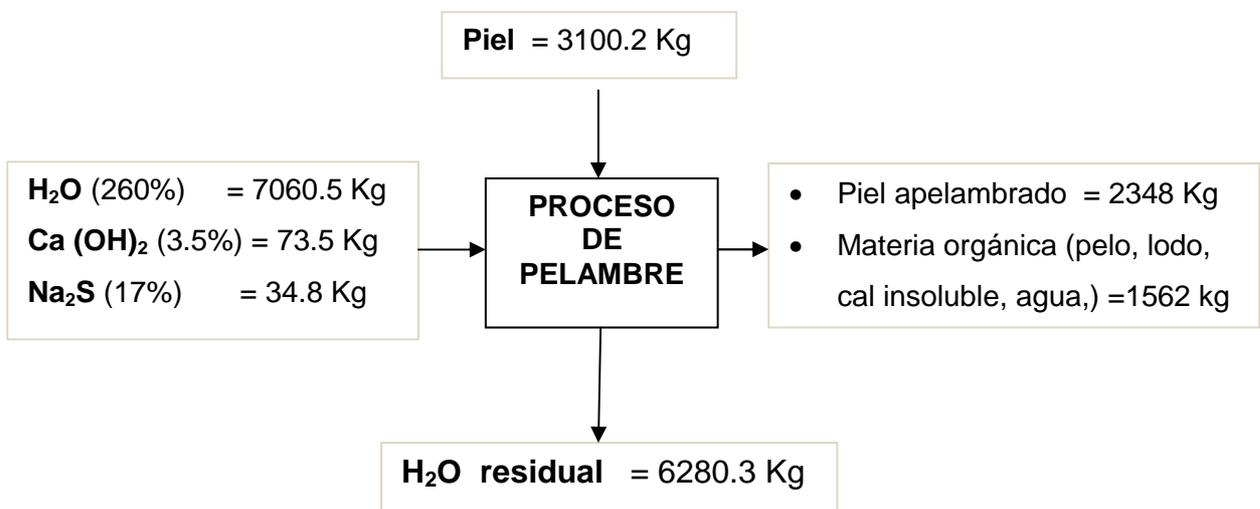
### 3.1.1.3. BALANCE DE MASA

#### 3.1.1.3.1. BALANCE DE MASA DEL PROCESO DE PELAMBRE A ESCALA INDUSTRIAL

Base de cálculo para pelambre:

3102.2 Kg de piel (durante el proceso de remojo la piel absorbe 30 % de agua adicionada).

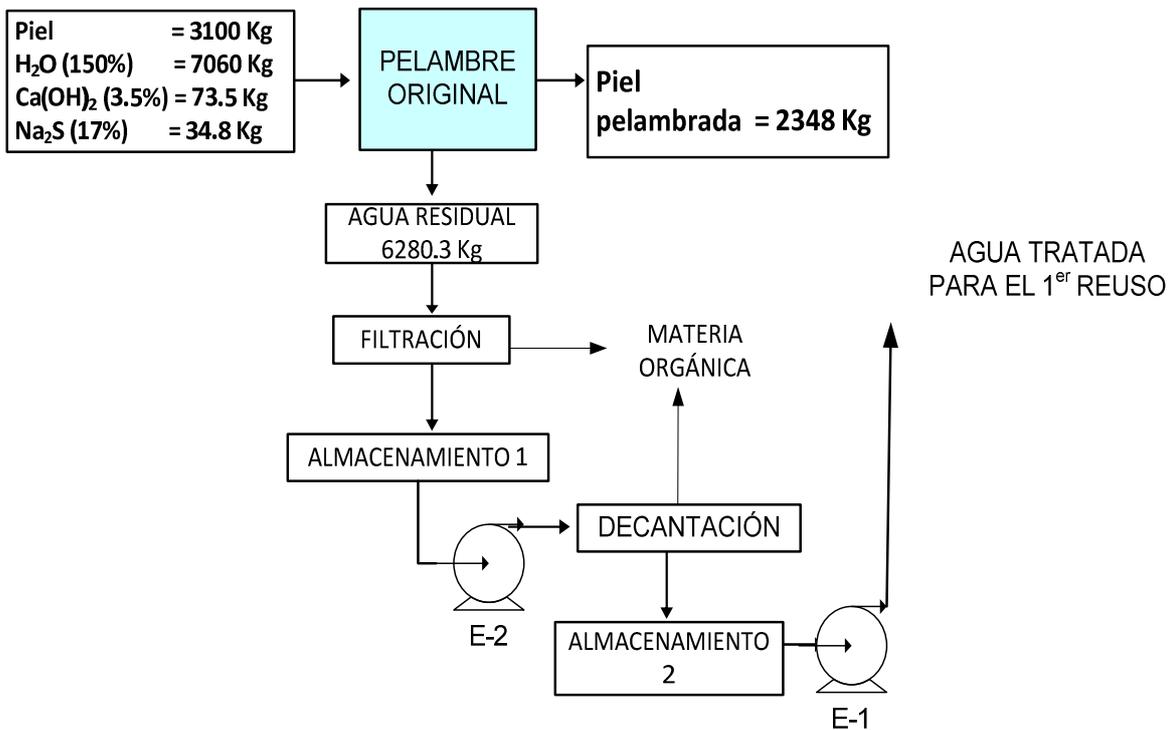
8060.5 Kg de agua/día para pelambre = 8060.5 litros/día



#### 3.1.1.3.2. ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PRIMER PELAMBRE PARA SU REUTILIZACIÓN.

Una vez culminada el proceso de pelambre, se expulsa al exterior todo el contenido del bombo donde se separan el cuero apelmbrado y el agua residual a la cual se toman muestras para proceder a realizar la caracterización, con el fin de determinar las concentraciones de sulfuro y los demás parámetros que se encuentran presentes en el efluente. El agua residual pasa por una serie de

tratamientos físico –químicos para su reutilización como es el primer caso la filtración donde se elimina gran cantidad de sólidos gruesos y se almacena en tanques de hormigón para luego ser trasladado mediante una bomba a la decantación, donde se separan materia orgánica y agua residual tratada listo para su reutilización, antes de enviar al fulón esta agua residual tratada se realiza otra caracterización para determinar la concentración de sulfuro y cal presentes, mediante estos datos obtenidos se procederá a realizar el acondicionamientos a esta agua para utilizar en un posterior reuso.



#### 3.1.1.4. CAUDALES DE DISEÑO

TABLA 3.1.1.4

##### Lecturas de Caudal y Temperatura de las Aguas Residuales

MES	Día	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TEMP. (°C)
JUNIO	1	0.7	12

La lectura señalada en la tabla, corresponden a la medición tomada durante la expulsión del agua residual del bombo al tanque de almacenamiento ya que este dato nos servirá para determinar el caudal de diseño de los tanques y del decantador.

#### 3.1.1.5. DIMENSIONAMIENTO

En función de los cálculos realizados para el diseño de la planta de tratamiento del efluente de pelambre, se establece el dimensionamiento de cada unidad que formara parte del sistema. (Tabla: 3.2.1)

##### **Descripción del sistema de tratamiento de los baños de pelambre**

Implementar un programa de reutilización de los baños de pelambre implica realizar ciertas modificaciones al sistema recolector existente. También implica optimizar el reuso de botales e incluir ciertas operaciones para el buen funcionamiento del sistema.

El sistema propuesto está compuesto por una operación de desbaste, dos tanques de almacenamiento, un decantador de flujo vertical tipo Dortmund para la remoción de los sólidos y un equipo de bombeo, (Ver Anexo III)

## TRATAMIENTO PRELIMINAR

### 3.1.1.5.1. Rejillas y compuertas

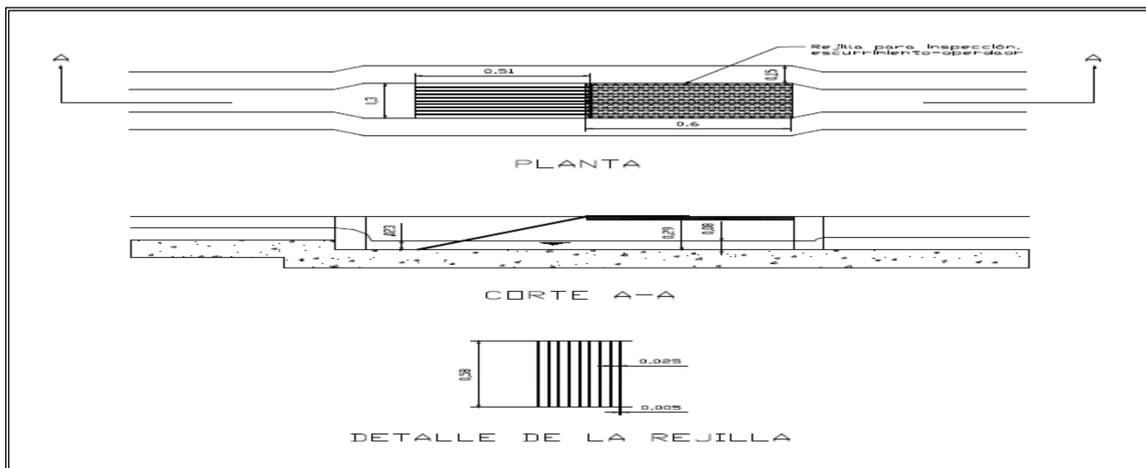
*Las características de las rejas son:*

Separación entre barra: 0.01 m

Espesor de barras: 1/4"

Angulo de inclinación: 60°

En cuanto a las compuertas, tienen la función de controlar el flujo de las descargas hacia el tanque de almacenamiento o a los canales de desagües, según el tipo de descarga. Se recomienda compuertas de acero inoxidable.



### 3.1.1.5.2. Canales de recolección

Para la recolección de las descargas de los baños de pelambre procedentes de los botes, es necesario construir canales de concreto protegidos con aditivos

resistentes a la corrosión. Estos canales conducen el baño recuperado hasta el tanque de almacenamiento N° 1.

### 3.1.1.5.3. Tanque de almacenamiento 1-2

El tanque se dimensiona en función de la periodicidad con que se realizan los pelambres, volumen de descarga, período de descarga de estos baños y por el área disponible para su ubicación.

En la curtiembre pieles “PUMA”, en períodos normales de producción se realiza un pelambre por día con un volumen máximo de descarga de  $8 \text{ m}^3$ , dependiendo del tipo de piel. Por lo que se adopta:

Caudal de descarga	$8.0 \text{ m}^3/\text{día}$
Área	$4.0 \text{ m}^2 = 2 \times 2\text{m}$
Altura	2,0 m
Volumen total	$8.5 \text{ m}^3$

El tanque debe ser de concreto armado resistente a sulfatos y recubierto para protegerlo contra la corrosión de las altas concentraciones de sulfuro.

### 3.1.1.5.4. Decantador de flujo vertical tipo cilindro – cónico

Está dimensionado para un tiempo de retención de dos horas, en las que ocurrirá la sedimentación de los sólidos decantables. El sobrenadante se conduce al tanque de almacenamiento 2. Los sólidos se almacenan en la parte inferior del

decantador que tiene la forma de un cono, del que serán luego extraídos para su disposición final.

El dimensionamiento del sistema de decantación es como sigue:

a) Caudal de bombeo

$$Q = \frac{\text{Volúmen del baño}}{\text{Horas de trabajo}} = \frac{7\text{m}^3}{8\text{h}} = 0.87 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Decantador: forma cilíndrica-cónica.

$$\text{Area} = \frac{\text{Caudal de bombeo}}{\text{Tasa de aplicación}}$$

La tasa aplicada para estos baños:  $0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{xh}$

$$\text{Area} = \frac{0.87 \text{ m}^3/\text{h}}{0,75\text{m}^3/\text{m}^2\text{xh}} = 1.16\text{m}^2$$

***Volumen parte cilíndrica*** = caudal de bombeo x tiempo de retención

$$\text{Volumen} = 0.87 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 1.74 \text{ m}^3$$

**H = Altura de la parte cilíndrica:**

$$H = \frac{\text{Volumen parte cil.}}{\text{Area}} = \frac{1.74\text{m}^3}{1.16 \text{ m}^2} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Diametro} = D = \sqrt{\frac{\text{Area} * 4}{3.1416}} = \sqrt{\frac{1.16\text{m}^2 * 4}{3.1416}} = 1.2\text{m}$$

**h = Altura de la parte cónica:**

$$h = \frac{D/2}{\text{tg } 30^\circ} = \frac{1,2 \text{ m} / 2}{0,577} = 1,1 \text{ m}$$

### 3.1.1.5.5. Equipo de bombeo

Se instalarán equipos de bombeo para:

1. Llevar el baño recuperado hasta el decantador, con un caudal continuo durante 8 horas/día.
2. Abastecer al botal de líquido tratado en el decantador y almacenado en el tanque 2, de acuerdo al requerimiento diario de la empresa.

#### Cálculo de los equipos de bombeo:

##### A) Tanque 1 - decantador:

- Caudal de bombeo:  $7,5 \text{ m}^3/\text{h} = 2,0 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{L}} = 2,0 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- Altura dinámica total :  $H_g + h_f$
- Pérdida de carga: (diámetro de la tubería :  $D = 2''$ )
- Longitud de la tubería : 10 m
- Longitud equivalente por accesorios : 20% de la longitud de la tubería  
 $0,2 \times 10 \text{ m} = 2 \text{ m}$
- Longitud total : 12 m

Según Metcalf & Eddy, en la pérdida de carga con velocidades menores de 1,5 m/s, existen condiciones de flujo laminar o de transición. Para determinar las pérdidas de carga en un flujo laminar se recomienda hallarla multiplicando la pérdida de carga con agua por un factor k. Este factor k depende del contenido de humedad y tipo de lodo. Por lo tanto:

$$H_f = K_f \frac{L V^2}{2 g D}$$

Para nuestro caso se determina que  $k=7,3$  y  $f=0,020$

Velocidad.

$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times D^2}$$

$$V = \frac{2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{3,1416 \times (0,051\text{m})^2} = 0,97 = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H_f = 7.3 \times 0.02 \frac{10 \text{ m} \times (1,0)^2}{2 \times 9,8 \times (0,051)} = 1,46 = 1,5 \text{ m}$$

- Altura dinámica (Hdt) :

$$H_{dt} = H_g + h_f = 7,5 + 1,5 = 9,0 \text{ m.}$$

**- Potencia de la bomba:**

Según los autores Metcalf & Eddy, manifiestan que el peso específico de un líquido con alta cantidad de lodos o sólidos suspendidos es de  $1,07 \text{ kg/dm}^3$ .

$$\text{Pot} = \frac{Q \times \text{Peso. espec.} \times H_{dt}}{n \times 76}$$

$$\text{Pot} = \frac{2,0 \times 10^{-3} (1,03 \times 10^3) (9,0)}{0,35 \times 76} = 0,63 = 1 \text{ HP}$$

Potencia mínima comercial: 1,0 HP

**B) Tanque 2 - Fulón**

- Caudal de bombeo:

Volumen de fulón (máx.) = 9 m<sup>3</sup>

Tiempo de llenado = 15 min

$$Qb = \frac{9\text{m}^3}{15 \text{ min}} = 0,60 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 10.0 \text{ l./s}$$

- **Cálculo del diámetro de la tubería :**

**Áreas recomendadas para Tuberías de Distribución**

<b>TIPO DE LODOS</b>	<b>CARGA ORGÁNICA APLICADA (Kg DQO/m<sup>3</sup>.d)</b>	<b>ÁREA Ad (m<sup>2</sup>)</b>
Denso y floculento	<1,0	0,5-1,0
	1,0-2,0	1,0-2,0
	>2,0	2,0-3,0
Denso a floculento (concentración 20-40 kg SST/m <sup>3</sup> )	<1,0-2,0	1,0-2,0
	>3,0	2,0-5,0
Granular	<2,0	0,5-1,0
	2,0-4,0	0,5-2,0
	>4,0	>2,0

**Fuente:** Adaptado de Lettinga & Hulshoff Pol (1991)

Condiciones de régimen laminar: V = 1,5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.01}{3.1416 \times 1.5}} = 0.092\text{m} = 4$$

- Pérdida de carga:

Longitud de la tubería: 22.4 m

Longitud de los accesorios: 20% long. Tub. 0,2 x 22,4 = 4,48 m

**Longitud total:** Long de la tubería + Long de los accesorios = 26,88 m

$$H_f = 7.3 \times 0.02 \frac{26.68 \text{ m} \times (1.5)^2}{2 \times 9.8 \times (0.11)} = 4.01 \text{ m}$$

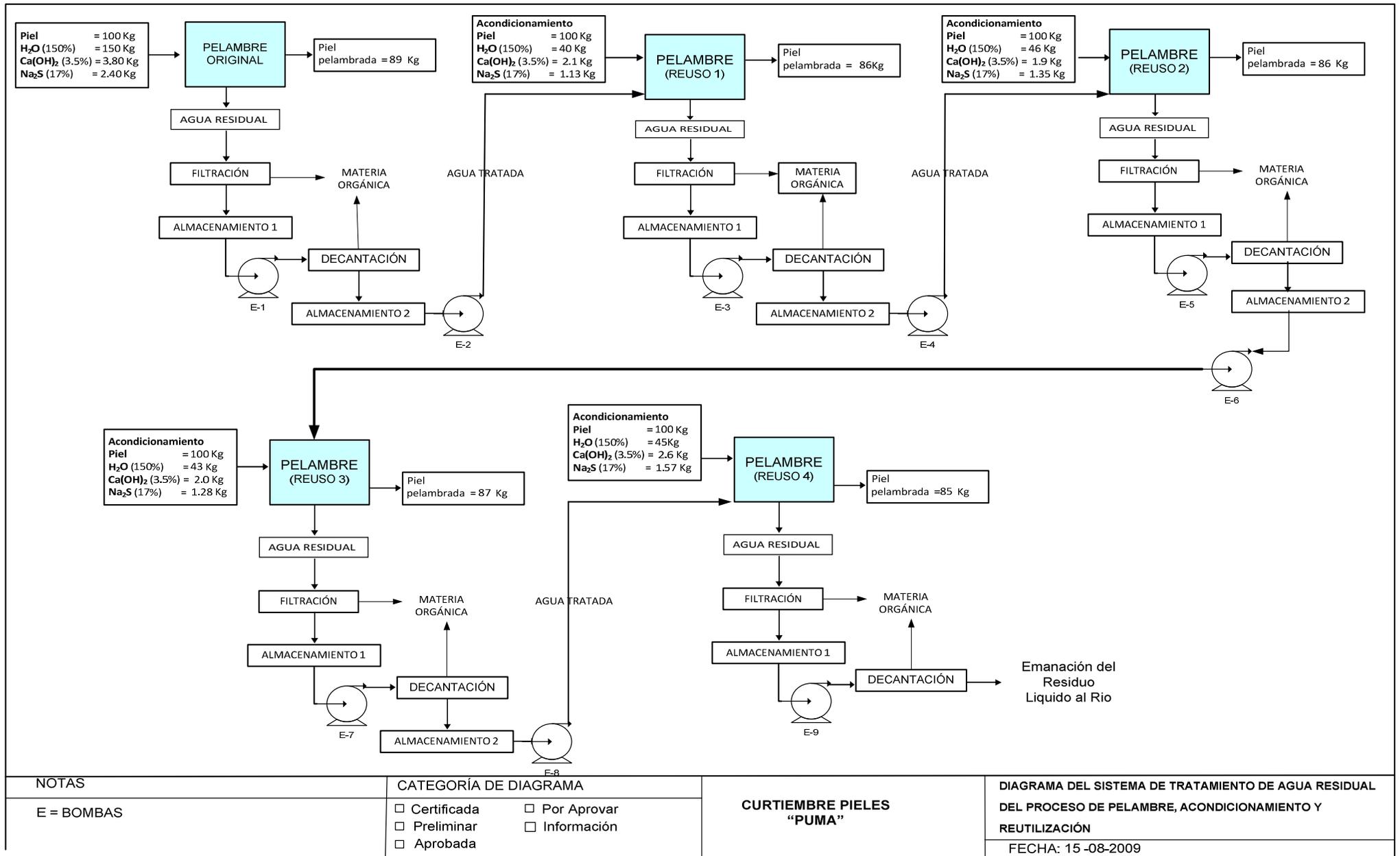
- Altura dinámica total:  $H_g + h_f = 6,2 + 4,01 = 10,2 \text{ m}$
- Potencia de la bomba:

$$\text{Pot} = \frac{0,01 \times 1,07 \times 10^3 \times 10,2}{0,50 \times 76} = 2,87 = 3 \text{ HP}$$

Nota: Para un caudal de 2 p/s se sugiere una bomba sumergible modelo AD2 60

HZ - Hidrostal; eficiencia 35%.

### 3.1.2. Esquema del sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre Curtiembre pieles "PUMA"



NOTAS

E = BOMBAS

CATEGORÍA DE DIAGRAMA

- Certificada
- Preliminar
- Aprobada
- Por Aprovar
- Información

CURTIEMBRE PIELES  
"PUMA"

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL  
DEL PROCESO DE PELAMBRE, ACONDICIONAMIENTO Y  
REUTILIZACIÓN

FECHA: 15-08-2009

### 3.2. RESULTADOS.

#### 3.2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE PROCESO DE PELAMBRE PARA SU REUTILIZACION.

Tabla: 3.2.1.

DESCRIPCION	VARIABLE	INDICADOR	INDICE	
Rejillas para filtración	Altura	0.40	m	
	Ancho	0.25	m	
	Angulo de inclinación	60	°	
	Separación entre barras	0.01	m	
Tanque de almacenamiento 1	Altura	1.75	m	
	Ancho	2.0	m	
	Largo	2.0	m	
	Espesor de la pared	0.20	m	
Decantador Cilindro - cónico	Volumen	7.0	m <sup>3</sup>	
	Altura del cilindro	1.6	m	
	Diámetro	1.2	m	
	Altura del cono	1.1	m	
	Tiempo de retención	2.0	h	
Tanque de almacenamiento 2	Altura	1.75	m	
	Ancho	2.0	m	
	Largo	2.0	m	
	Espesor de la pared	0.20	m	
Equipo de bombeo	Tanque1 - Decantador	Caudal	2.0	l/s
		Potencia de la bomba	1.0	Hp
	Tanque2 - Fulón	Caudal	10.0	l/s
		Potencia de la bomba	3.0	Hp

Elaborado: S. Tayupanda 2009

### 3.2.2. CARACTERISTICAS DE MATERIALES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Descripción	cantidad	Materiales	Capacidad
Canales de recolección de líquidos		Hormigón armado	1.16 m <sup>3</sup> /h
Rejillas	1	Acero inoxidable, ø10	
Tanques de almacenamiento	2	Hormigón armado	8 m <sup>3</sup>
Bomba centrífuga 1Hp	1		0 – 3.6 m <sup>3</sup> /h
Bomba centrífuga 3Hp	1		0 - 8 m <sup>3</sup> /h
Breaker 1polo	2		16 ASD
Decantador	1	Acero inoxidable	8.5 m <sup>3</sup>
Válvulas de paso 2"	2	Acero	
Válvulas de paso 4"	2	Acero	
Tubería 2"	1 (10 m)	Hierro galvanizado	2 L/s
Tubería 4 "	1(23 m)	Hierro galvanizado	10 L/s
Codo 90 x 2"	4	Hierro galvanizado	
Codo 90 x 4"	4	Hierro galvanizado	

Elaborado: S. Tayupanda 2009

### 3.2.3. REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO.

**Tabla. 3.2.3.** Detalle estimado de costos del sistema de tratamiento de agua residual del pelambre Curtiembre Pieles "PUMA".

DESCRIPCION	VALOR TOTAL (USD)
Detalle de gastos de operación	
Caracterización del agua residual. Lab. Facultad de Ciencias Químicas	600
Asesoramiento ECUACHEM Químicos del Ecuador Ingeniería de tratamientos de aguas	200
Movilización	450
Imprevistos (10%)	125
<b>Total</b>	<b>1375</b>

Elaborado: S. Tayupanda 2009

## **CAPITULO IV**

### **4. ANALISIS DE RESULTADOS**

Según los resultados obtenidos en los análisis fue necesario conocer el volumen descarga de aguas residuales y caracterizar los contaminantes presentes en el efluente del proceso de pelambre en esta empresa de Curtiembre Pieles “PUMA”, para cuantificar la contaminación vertida al medio ambiente así como también para basarnos en estos datos para el diseño de nuestro sistema de tratamiento de agua para la reutilización. Además fue posible re circular hasta un 71% del agua requerida en 3 ciclos sucesivos, sin que se produjera efectos negativos sobre la calidad del producto, ni acumulación de sustancias perjudiciales, lográndose además un ahorro de aditivos químicos (sulfuros y cal).

#### **Beneficios Ambientales y Económicos.**

De acuerdo con la empresa esta medida ha logrado los siguientes beneficios:

#### **AMBIENTALES**

El reciclaje del efluente de pelambre ha permitido una reducción de la cantidad de descargas de agua, sulfuro y cal. Reducción de la cantidad de materia orgánica en el efluente. La filtración de las aguas de pelambre reduce la carga orgánica contenida en el efluente de la curtiembre. Cada 100 kg de pieles frescas generan 15 kg de residuos o lodos que, en su mayor parte, quedan atrapados en el filtro. Los lodos contienen, además de materia orgánica, pelo, jabones y materia inorgánica proveniente de los reactivos químicos adicionados (por ej. cal insoluble, carbonato de calcio).

#### **ECONOMICOS**

El reciclaje del baño de pelambre permite a la empresa a la reducción del costo

de tratamiento de las aguas residuales. Ahorros económicos por menor consumo de agua y de reactivos químicos (sulfuro, cal). Debido a la presencia de sulfuro y cal en el baño reciclado, la dosificación de estos productos se reduce en un 40 - 50% en el siguiente ciclo.

## CRITERIOS GENERALES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES

Para elaborar la siguiente tabla se tomaron datos de límites de descarga al sistema de alcantarillado público, establecida en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes; Recurso Agua (Libro VI. Anexo I). Estos límites permisibles se compararon con los resultados obtenidos para el agua que proviene de la etapa de pelambre antes y después de su tratamiento, en la que se determina que los valores obtenidos se encuentra fuera del límite máximo permisible, de manera que se debe realizar un tratamiento adecuado, mediante procesos de oxigenación, floculación, desulfuración y homogenización, etc., para así reducir la carga contaminante del líquido.

**Tabla: 4.** Resultado de las cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público en la provincia.

Parámetros	Expresado como	Unidad	EFLUENTE ORIGINAL	EFLUENTE TRATADO	Límite Máximo permisible
pH			12.3	12.0	5 -9
Sólidos Suspendidos	SS	mg/L	32850	1781	220
Sólidos disueltos	SD	mg/L	33270	2854	20
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	38326	3980	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/L	26658	3143	250
Sólidos Totales	ST	mg/L	17305	3293	1600
Sulfuros	S <sup>=</sup>	mg/L	3295	1427	1.0

Elaborado: S. Tayupanda 2009

# CAPITULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. CONCLUSIONES

- Al caracterizar el agua residual de pelambre los resultados fueron 38326 mg/L de DQO, sólidos totales de 57305 mg/L y sulfuros de 3305 mg/L. Luego del tratamiento se obtuvo valores para el agua de pelambre de 3980mg/L de DQO, que corresponde a una remoción de 91%, 3293 mg/L de sólidos totales que equivale a una remoción de 94.25 %. Con la implementación del sistema de tratamiento de agua residual se logra una reducción del impacto ambiental en la empresa de curtiembre pieles "PUMA".
- Mediante la caracterización del agua residual tratada de pelambre se pudo comprobar que esta agua es rica en sulfuros (1427mg/L) y calcio, de manera que se puede aprovechar estos recursos para realizar la reutilización, previo a un acondicionamiento en una nueva tanda de pelambre, la cual genera a la empresa un ahorro económico en insumos y además una reducción de la contaminación ambiental.
- La calidad de la piel "en tripa" obtenida a partir del reciclaje del efluente 1, 2,3, de pelambre son de características aceptables. Durante el cuarto reciclo el agua se empezaba a ser espesa y el tiempo de pelambre se alargaba dando como resultado pieles con unas pequeñas manchas, baja grado de hinchamiento y presencia de pelos en el cuero por lo que se deduce que sólo se podrían hacer tres reciclados del licor de pelambre.

## 5.2. RECOMENDACIONES.

- La difusión del presente trabajo tiene la finalidad de ayudar a crear un sistema de gestión ambiental, que sea técnicamente viable, práctico, económico, ambientalmente amigable y que mejore los problemas sociales que ocasiona la curtiembre de la misma manera motivar a las empresas para que opten por un sistema que se desarrolle en un ambiente cómodo, limpio , organizado y que la adopción de estos sistemas ,por mas pequeñas que sean las empresas va ha ser rentable, porque se obtendrá productos de mejor calidad, se reduce el consumo de agua, sulfuro de sodio, cal y energía y sobre todo se mejora el medio ambiente en que vivimos que es la mejor herencia que se dejara a las próximas generaciones.
- Con respecto a las rejillas se recomienda la limpieza después de cada descarga de efluente de los bombos.
- Se debe procurar mantener el Ph de agua de pelambre sobre los 10, debido a que a partir de Ph mas bajos, el sulfuro presente en esta agua se convierte en acido sulfhídrico, un gas muy toxico y de muy mal olor.
- Hacer pruebas de caracterización para determinar el uso de los lodos orgánicos obtenidos en la planta de tratamiento. Según los estudios realizados y experiencias de otros países que estos lodos pueden ser utilizados directamente en la agricultura como compost.

## RESUMEN

El objetivo de la investigación es el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre para su reutilización en la Curtiembre pieles “Puma”, de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua. Se realizó estudios físico- químico para el diagnóstico del agua residual del proceso de pelambre, determinando que esta agua es rica en sulfuros (1427 mg/L) e hidróxido de calcio, apta para la reutilización en otra tanda de pelambre, se determinó que la concentración de materia orgánica y sulfuro alcanzan niveles críticos de toxicidad. Se selecciona un sistema de tratamiento secuencial: filtración, decantación y reutilización del efluente, mediante operaciones unitarias primarias, se consiguió que los efluentes cuenten con características para el reciclaje de los mismos, alcanzando las concentraciones necesarias para una nueva tanda de pelambre.

El diseño del sistema se realizó en base al caudal de descarga del fulón. El dimensionamiento del sistema consta de: una rejilla de acero inoxidable. Un tanque de hormigón para la recolección del efluente con una capacidad de  $7.0 \text{ m}^3$ . Un decantador tipo cilindro – cónico de capacidad de  $7 \text{ m}^3$ . Un tanque de hormigón para la recolección del efluente tratada proveniente del decantador de las mismas características del tanque anterior. Equipo de bombeo para la transportación del efluente desde el tanque 1 al decantador, y del tanque 2, al fulón de capacidad.

Con el diseño del sistema de tratamiento, para la reutilización del agua de pelambre se logra una reducción de la contaminación ambiental y un ahorro económico para la empresa.

Se recomienda la construcción del sistema, para aprovechar la alta concentración de sulfuro, cal y agua, que son reutilizables.

## SUMMARY

The proposal of this research is to design a treatment System of residual water of the large amount of hair process to reuse on tanning of skins "Puma" in Ambato, province of Tungurahua. Physical chemistry studies were carried out for the diagnostic of residual water on tanning process., determining that this water is rich in sulphides (1427mg/L) and calcium hydroxide, good to use in another set of large amount of hair a showed organic concentration matter and sulphide achieving critical levels of toxicity. A sequential treatment system is selected, that is, filtration, decantation and re-usage of effluent by means of primary Unitarian operations. Effluents are achieved with characteristics to recycle getting necessary concentrations for a new set of large amount of hair. The design of system was carried out based on flow of discharge of fulón. The system dimensioning consists of a grid stainless steel. A concrete tank was collected to the effluent with a capacity of 7.m<sup>3</sup>. A cylinder-conical had a capacity of 7 m<sup>3</sup>. A concrete tank collected the effluent treated from decanter with the same characteristics of the above tank. Pumping equipment to transport the effluent from a tank 1 to the decanter, and from the tank 2 to the capacity fulón.

With the design of the treatment system to reuse large amount of hair, a decrease is achieved of the environmental pollution and an economic saving to the enterprise.

The construction of the system is recommended to improve high concentration of sulphur, lime and water which are recycled.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFIA:

- BALLESTER.J.ROING.J. Curtiembre. Aguas Residuales de Curtiembre. 2. ed. Barcelona- España: Mc Graw-Hill; 2002 pp. 18-52.
- BAYER AG. VADEMECUN. Para el técnico de curtición: 5 .ed., Madrid- España: Limusa; 2000. Pp, 83,85-89
- FIDEL A. CARDENAS S. Química y ambiente 1 .2. ed. Santa Fé de Bogotá- Colombia: Mc Graw-Hill; 2000. Pp.199-214
- GARCÍA, P. Tecnologías Energéticas e Impacto Ambiental. 2. ed. Madrid – España: Mc Graw-Hill; 2001. Pp. 24 - 27

### INTERNET:

- (1) MARSILLI, A. Tratamiento de Aguas Residuales. Lima, 2005.

<http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

2009-06-08

- (2) CHABBOT, E. Impacto Ambiental Potencial de Proyectos de Tratamiento y Eliminación de Aguas Servidas. España, 2006.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_potencial\\_de\\_proyectos\\_de\\_tratamiento\\_y\\_eliminati%C3%B3n\\_de\\_aguas\\_servidas](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_potencial_de_proyectos_de_tratamiento_y_eliminati%C3%B3n_de_aguas_servidas)

2009-10-16

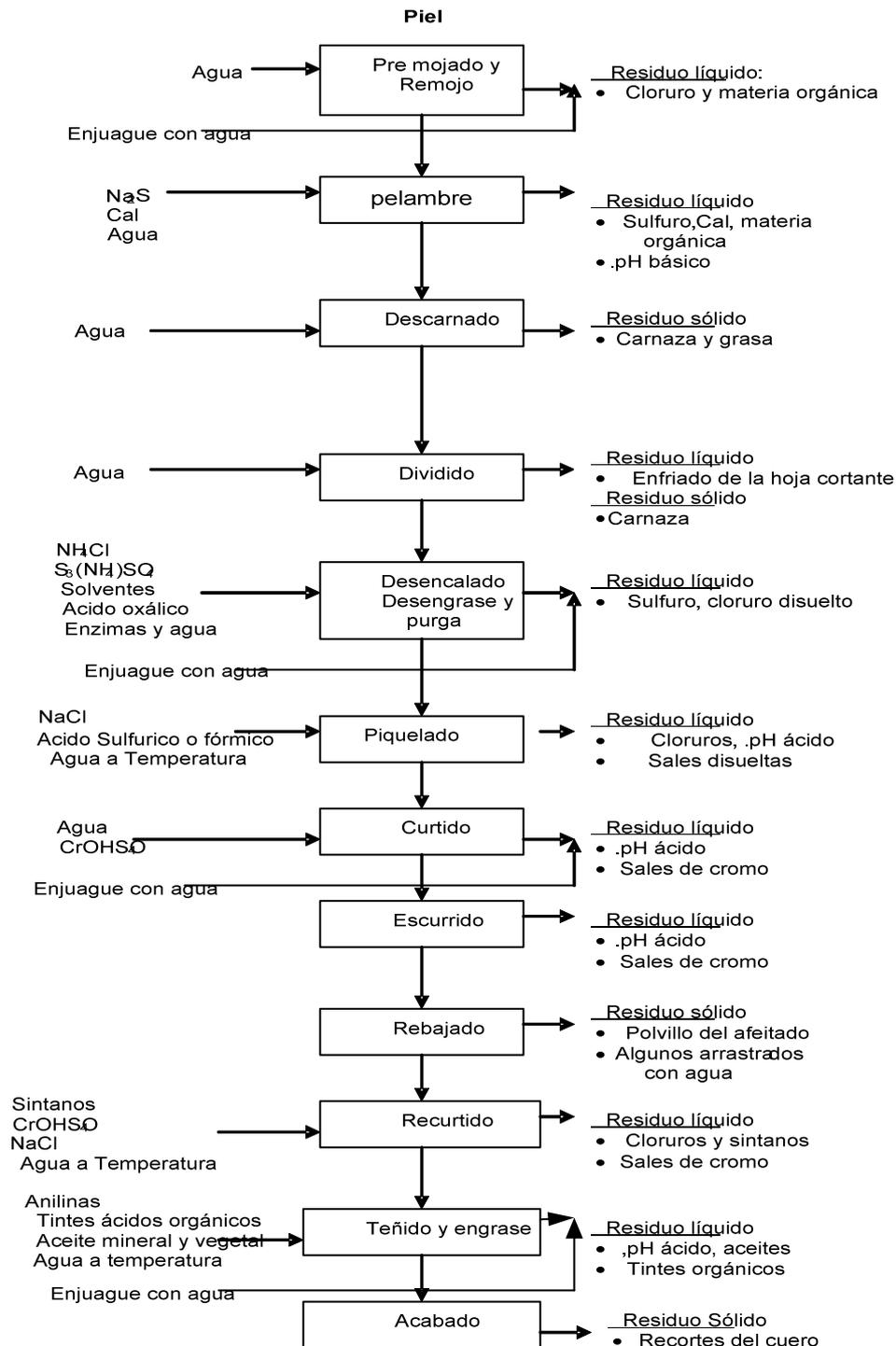
- (3) RIGOLA, M. Tratamiento de Aguas Industriales. Lima, 2005.

[http://html.monografias.com/aguas-residuales\\_3.html](http://html.monografias.com/aguas-residuales_3.html)

2009-06-23

## ANEXOS

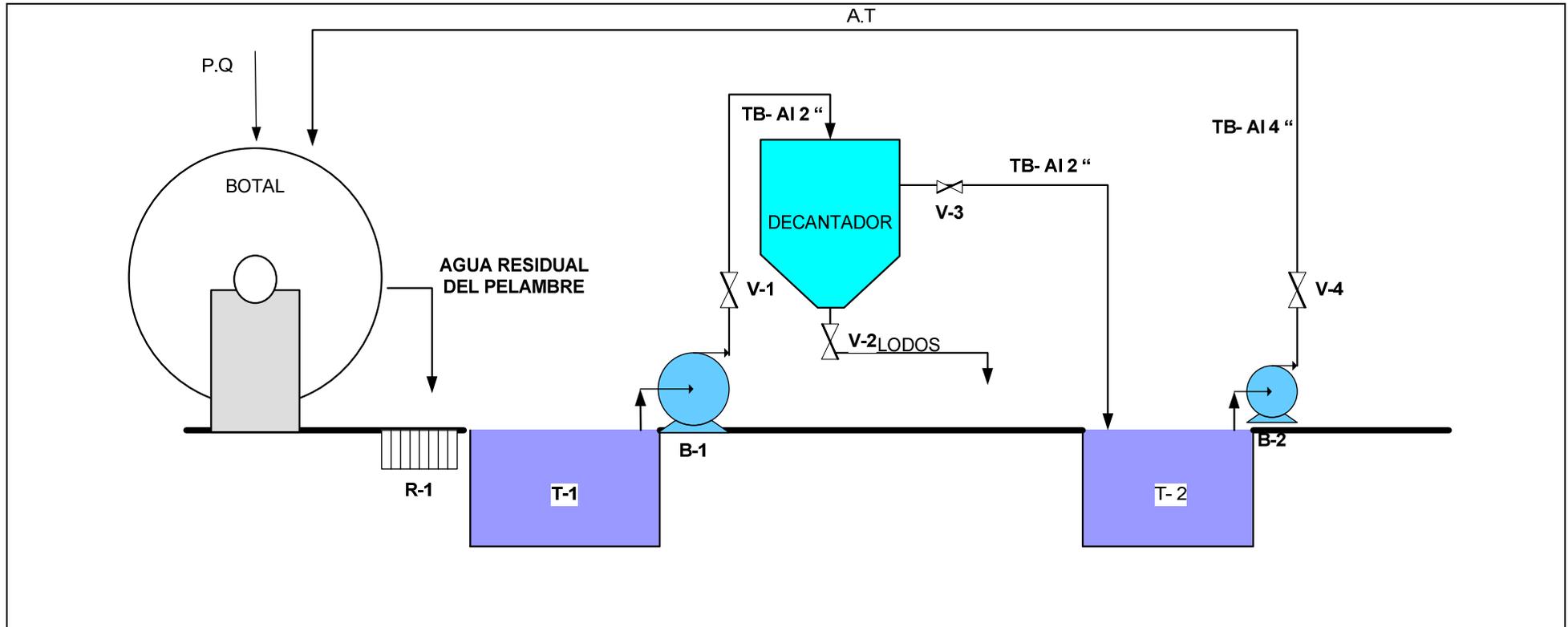
I. El siguiente diagrama se observa el proceso productivo de una curtiembre que trabaja con pieles de ganado vacuno, los insumos químicos que emplea y los residuos que genera.



II. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:  
RECURSO AGUA.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	<b>VISIBLE</b>		AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

III. Diseño del sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre para su reutilización.



<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORIA DE DIAGRAMA</b></p>	<p><b>CURTIEMBRE PIELES</b></p> <p><b>“PUMA”</b></p>	<p><b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PELAMBRE PARA SU REUTILIZACIÓN</b></p>
<p>T-1,2 = Tanques de almacenamiento.                  TB = Tubería                  AI = Acero Inoxidable                  V-1,2,3,4 = Válvulas                  B-1,2 = Bombas de succión                  P.Q = Productos Químicos                  A.T = Agua Tratada.</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificada    <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar    <input type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobada</p>		<p>FECHA: 15 – 08 - 2009</p>

#### IV. VACIADO DE PIELES DEL FULON



#### V. FILTRACION MANUAL DEL EFLUENTE DE PELAMBRE



## VI. DECANTADOR VERTICAL TIPO CILINDRO – CONICO

