



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“DISMINUCIÓN DE EFLUENTES CONTAMINANTES EN EL
PROCESO DE CURTICIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN LA CURTIEMBRE ECOLÓGICA
DEL NORTE E.I.R.L.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
RICARDO MARTÍN RODRIGO REYES ESPEJO**

**ASESOR
MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LOPEZ RODAS**

LIMA – PERÚ, JUNIO 2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, porque él siempre ha estado para encaminarme y continúa haciéndolo; a mi esposa quien está conmigo en todo momento bueno y malo tras enfermedades y adversidades de la vida; y a mis hijos, quienes me dan la fortaleza necesaria para siempre ir hacia adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por guiar siempre mis pasos, a mi madre por darme la vida, a mi padre por sus consejos, a mi esposa Karina por ser una gran mujer y apoyarme todos estos años en las buenas y sobretodo en las malas, y a mis hijos, por ser la luz de mi sendero y por quienes daría mi vida y haría cualquier cosa.

Le agradezco mucho al Ing. Arana y a todos los trabajadores de la curtiembre ecológica del norte EIRL por permitirme realizar el presente trabajo en sus instalaciones.

Un agradecimiento especial también a la Universidad Alas Peruanas y a todos y cada uno de los profesores que contribuyeron en mi formación educativa y aún lo siguen haciendo hasta ahora.

¡Gracias a todos!

INTRODUCCIÓN

Las curtiembres desde la antigüedad han venido ocasionando problemas al medio ambiente, por la variedad y el uso desproporcionado de insumos químicos usados en sus procesos y que luego son vertidos al ambiente; todos estos problemas son debido a la forma de trabajo artesanal que se ha venido desarrollando en esta industria.

Sin embargo, ahora la industria de curtiembres, tiene el objetivo principal de convertirse en una industria sostenible, para lo cual se está buscando realizar cada uno de los procesos de manera estandarizada, teniendo en cuenta varios parámetros entre los cuales se resalta, un mejor manejo y uso del agua, una reducción significativa de la contaminación del aire y el suelo y un ahorro de costos en los procesos productivos.

En cuanto al impacto ambiental, son los de residuos líquidos y sólidos de esta industria los que contienen cargas elevadas de materia orgánica, sólidos suspendidos, sulfatos, sulfuros, pH, amoníaco y cromo, entre otros. En muchos de los casos, sobre todo en las curtiembres informales, descargan sus efluentes directo en el alcantarillado, van directamente sin ningún tipo de tratamiento, causando graves daños al medio ambiente y a la salud de las personas.

Podemos mencionar también, que este sector se podría considerar algo así como el reciclador de los camales, que, de no existir, tampoco existiría el cuero en sí y todos los artículos que se hacen con él (bolsos, correas, calzado, casacas, tapizados, etc.), además se daría otro destino posiblemente muy contaminante a las pieles, considerando que estas son putrescibles.

Por lo mencionado anteriormente y en vías de cumplir con el cuidado ambiental y la salud de las personas, es imprescindible aplicar estas tecnologías limpias y todo aquello que ayude y resulte favorable en el logro de cambios positivos de los patrones de producción, contribuyendo así también con la reducción del calentamiento global.

RESUMEN

El presente proyecto a realizar en la Curtiembre Ecológica del Norte E.I.R.L., que se ubica en el parque industrial de la ciudad de Trujillo, propone primero, realizar un análisis de los efluentes de todas y cada una de las etapas del proceso de curtición, por un laboratorio certificado, para tener datos precisos y con ello los resultados reales y puntuales del proceso, inmediatamente después, construir una poza exclusiva para la etapa de ribera, otras obras civiles como trampas de grasa, ensanchamiento de canaletas, la fabricación de mallas especiales para las canaletas, además de mejorar el procedimiento actual de la etapa de ribera, donde se tienen actualmente resultados elevados de contaminantes, la construcción de un pequeño humedal artificial, el desarrollo de un efectivo plan de mantenimiento y la adecuada capacitación del personal para lograr los resultados deseados.

Cabe mencionar que en el proceso de curtición existen tres tipos de contaminantes (sólidos, líquidos y gaseosos) y el presente estudio se centrará en el efluente líquido debido a que tiene el mayor impacto de contaminación ambiental.

Como en algunos sectores productivos, la industria del curtido de pieles en el Perú tiene que trabajar mucho en el aspecto ambiental para lograr la sostenibilidad de su rubro y mantenerse en el tiempo actual, donde es más que importante el cuidado de la salud de las personas y de los ecosistemas.

En los resultados obtenidos, se demuestra el beneficio ambiental y económico de la aplicación de las tecnologías limpias, así como el costo de inversión que el presente proyecto demanda.

La aplicación de tecnologías limpias que realizaremos en el presente trabajo de suficiencia, se resume principalmente en utilizar eficaz y eficientemente el agua en los procesos y reducir los contaminantes tóxicos y nocivos, incluyendo el nivel de cromo de los efluentes, para que los parámetros de descarga de efluentes al alcantarillado, se encuentren dentro de los LMP y la normativa vigente.

ABSTRACT

The present project to be carried out in the Curtiembre Ecológica del Norte E.I.R.L., which is located in the industrial park of the city of Trujillo, first proposes an analysis of the effluents of each and every one of the stages of the tanning process, by a laboratory certified, to have accurate data and with it the real and specific results of the process, immediately afterwards, build an exclusive pond for the bank stage, other civil works such as grease traps, gutter widening, the manufacture of special meshes for the gutters , in addition to improving the current procedure of the riverbank stage, where there are currently high pollutant results, the construction of a small artificial wetland, the development of an effective maintenance plan and the adequate training of personnel to achieve the desired results.

It is worth mentioning that in the tanning process there are three types of pollutants (solid, liquid and gaseous) and this study will focus on the liquid effluent because it has the greatest impact of environmental pollution.

As in some productive sectors, the leather tanning industry in Peru has to work a lot in the environmental aspect to achieve the sustainability of its sector and maintain itself in the current time, where it is more than important to care for the health of women. people and ecosystems.

In the results obtained, the environmental and economic benefit of the application of clean technologies is demonstrated, as well as the investment cost that this project demands.

The application of clean technologies that we will carry out in this sufficiency work is mainly summarized as: Effectively and efficiently use water in processes and reduce toxic and harmful pollutants, including the chromium level of effluents, so that the parameters of discharge of effluents to the sewer system, are within the LMP and current regulations.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
INTRODUCCIÓN.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
Capítulo I.....	1
Generalidades de la empresa o entidad.....	1
1.1 Antecedentes de la empresa o entidad.....	1
1.2 Perfil de la empresa o entidad.....	2
1.3 Actividades de la empresa o entidad.....	2
1.3.1. Misión.....	2
1.3.2. Visión.....	2
1.3.3. Objetivos	2
1.4 Organización actual de la entidad.....	3
1.5 Descripción del entorno de la entidad.....	3
1.5.1. Análisis del macroentorno	3
1.5.2. Análisis del entorno competitivo	5
1.5.3. Análisis interno de la entidad.....	5
1.5.4. Análisis FODA de factor estratégico.....	6
1.5.5. Matriz FODA y los factores estratégicos	7
Capítulo II.....	9

Realidad problemática	9
2.1. Descripción de la realidad problemática.....	9
2.2. Análisis del problema	10
2.1.1. Formulación del problema	10
2.1.2 Limitación del problema.....	10
2.3. Objetivos del proyecto.....	11
2.3.1. Objetivo principal del proyecto	11
2.3.2. Objetivos específicos del proyecto.....	11
Capítulo III	12
Desarrollo del proyecto	12
3.1. Descripción y desarrollo del proceso a desarrollar.....	12
3.1.1. Antecedentes de la investigación.....	16
3.1.2. Bases teóricas.....	17
3.1.3. Identificación de los afluentes contaminantes	19
3.2. Materias primas del proceso de curtido.....	22
3.3. Aplicación de tecnologías limpias en los procesos de curtido	23
3.4. Proyecto aplicable y factible de las tecnologías limpias	28
3.4.1. Tratamiento de los residuos y químicos peligrosos.....	31
3.4.2. Tecnologías limpias y los contaminantes peligrosos.....	32
3.4.3. Bases normativas.....	35
3.4.4. Breve síntesis del proyecto	36
3.5. Cronograma del Proyecto	41
3.6. Costos del proyecto.....	44
3.7. Costo de inversión y tiempo de retorno.....	47
3.8. Conclusiones.....	48
3.9. Recomendaciones.....	49
Capítulo IV	51

4.1. Referencias bibliográficas.	51
Bibliografía.....	51
Capítulo V.....	53
5.1. Glosario de términos.	53
Capítulo VI.....	56
6.1. Anexos	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Organigrama de la Empresa	3
Gráfico 2 Análisis FODA Interno y Externo.....	8
Gráfico 3 Diagrama Actual de Flujo de Curtiembre Ecológica del Norte	15
Gráfico 4 Entradas v/s Salidas en la Producción de Cuero de Vacuno	17
Gráfico 5 Trampa de grasas	28
Gráfico 6 Ensanchamiento de Canaletas de Vertidos	29
Gráfico 7 Sistema de Tratamiento del Cromo.....	31
Gráfico 8 Diagrama de Flujo del Proyecto	40
Gráfico 9 Cronograma de Actividades del Proyecto	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativo de Resultados del Análisis Físicoquímico	9
Tabla 2 Resultados de Vertidos de las Etapas.....	20
Tabla 3 Resultados de Vertidos de las Etapas de Curtido y Recurtido	21
Tabla 4 Promedio Total de Vertidos de Efluentes Contaminantes.....	22
Tabla 5 Zonificación de Rutas y Porcentaje de Participación.....	23
Tabla 6 Comparativo de Resultados con Tratamiento	39
Tabla 7 Estado de Resultados Actual de Curtiembre Ecológica del Norte.....	44
Tabla 8 Estado de Resultados con Fases 1 y 2 del Proyecto	45
Tabla 9 Estado de Resultados Final del Proyecto.....	46
Tabla 10 Costo Total de Inversión del Proyecto.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Botales Curtidores	56
Anexo 2 Balanza de Pesaje de Pieles	57
Anexo 3 Planta de Tratamiento de Cromo.....	58
Anexo 4 Filtro de Sólidos.....	58
Anexo 5 Programa de Mantenimiento Preventivo Primera Parte.....	59
Anexo 6 Programa de Mantenimiento Preventivo Segunda Parte.....	60
Anexo 7 Formato de Capacitación Sugerido	61

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA O ENTIDAD

1.1 Antecedentes de la empresa o entidad

En el país existe una gran limitante de las pieles de ganado vacuno que pueden procesar muchas de las curtiembres existentes, a lo que se suma la gran informalidad y dejadez que existe en la gran mayoría de las empresas de este sector; además, es considerado uno de los sectores más inseguros para sus trabajadores con potenciales daños y consecuencias ambientales negativas en su zona de desarrollo.

La curtiembre Ecológica del Norte EIRL está ubicada en el parque industrial de la ciudad de Trujillo (Distrito “La Esperanza”) y viene operando desde diciembre del año 2010. Esta curtiembre es parte del 70% de empresas del rubro que se ubican en dicha zona industrial de la misma ciudad, siendo reconocida en el sector de la curtiduría durante los últimos años por su desempeño comercial y la buena calidad de sus cueros.

En la Curtiembre Ecológica del Norte, en setiembre del año 2015, se instaló con el apoyo de Sedalib S.A., la UNT y el Gobierno Regional de La Libertad, una planta piloto para el tratamiento de efluentes líquidos, con el fin de que se pueda implementar lo mismo en otras ciudades del país.

Esta planta de tratamiento continua operativa a la fecha y muestra la voluntad que existe en el sector y en la empresa en especial, para lograr un adecuado manejo ambiental; desde entonces crece aún más el compromiso que tiene esta curtiembre para continuar buscando mejorar el desarrollo de sus operaciones y causar el mínimo impacto posible en sus efluentes, entorno y medioambiente.

El cuero que esta curtiembre produce es de buena calidad, sólo como mención, tiendas Viale, utiliza en sus productos el cuero de la Curtiembre Ecológica del Norte.

1.2 Perfil de la empresa o entidad

La empresa se encuentra en el rubro productivo de curtiduría (cuero curtido). La Curtiembre Ecológica del Norte inició sus operaciones a finales del año 2010 y la conformaron desde sus inicios los hermanos Paredes Miñano hasta el presente.

1.3 Actividades de la empresa o entidad

Empresa dedicada al servicio y procesamiento de pieles de ganado vacuno, ovino y caprino.

1.3.1. Misión

Somos una empresa que trata de servir con excelencia a nuestros clientes y satisfacer todos sus requerimientos.

Perseverar en nuestro esfuerzo hacia el mejoramiento continuo a través de la utilización racional de los recursos, la capacitación, motivación y participación del personal que labora en nuestra empresa.

1.3.2. Visión

Ser líderes en la industria del cuero a nivel local y nacional; ser reconocidos por altos niveles de estándares de calidad, responsabilidad social y medioambiental, produciendo un impacto positivo en el desarrollo de nuestro país.

1.3.3. Objetivos

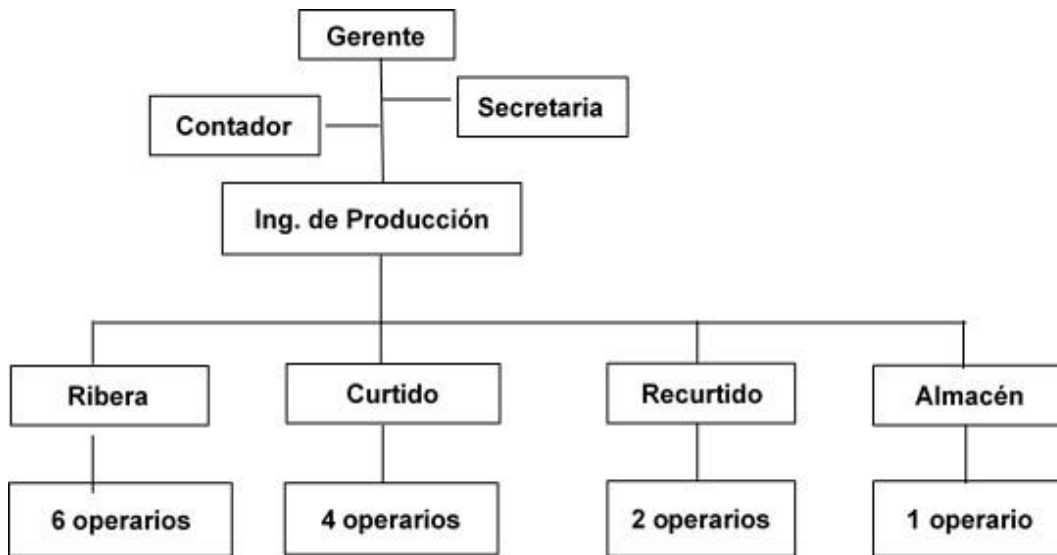
- ✓ Brindar cueros de calidad, obteniendo así la satisfacción de nuestros clientes.
- ✓ Ser puntuales en las fechas de entrega y de acuerdo con lo pactado con el cliente.
- ✓ Trabajar con seguridad, cuidado de la salud y medioambiental para propiciar las buenas relaciones con las autoridades y los vecinos.

1.4 Organización actual de la entidad

La organización de la empresa está conformada por el gerente, el contador, la secretaria, el ingeniero de producción y los 13 operarios de estaciones:

Gráfico 1

Organigrama de la Empresa



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

1.5 Descripción del entorno de la entidad

Para describir el entorno de la empresa haremos un análisis externo e interno.

1.5.1. Análisis del macroentorno

Factores políticos:

Ferias de la industria del cuero, dirigidas en general a los proveedores de maquinarias, materias primas e insumos químicos diversos que intervienen en este sector.

Los cambios políticos y la legislación ambiental son otros puntos que influyen en gran manera en esta industria.

La actual coyuntura electoral que se vive en el país sumada a las diferencias del ejecutivo y el parlamento.

Factores económicos:

Uno de los principales aspectos son los TLC (tratados de libre comercio) principalmente con China, a quienes se importa material similar al cuero, aunque de mucho menor calidad, pero a un muy bajo precio, por ende, es entendible el bajo requerimiento de esta industria o la quiebra de muchas de las curtiembres.

Es fundamental el desarrollo económico del país, su PBI y el desarrollo económico del sector industrial.

Europa es uno de los mercados más atractivos para el consumo del cuero y por esto, la última crisis europea tuvo un impacto significativo en la producción de las curtiembres a nivel mundial.

La pandemia del COVID 19 influye tremendamente en la economía del país y del mundo entero.

Factores sociales:

Aún existe un gran número de personas que prefieren “el cuero” en lugar de imitaciones o materiales similares, debido a su alta calidad, durabilidad y acabado.

Trujillo es el principal productor de cuero del país después de Lima, al manejarse buenos precios y altos estándares de calidad, por ende, se habla de una gran demanda de este a nivel de todo el norte del país.

Existe un gran sector de la población que prefiere los productos artesanales debido a su mayor trabajo y calidad y por ende un precio más justo.

Factores tecnológicos:

Podemos mencionar que todavía se utiliza equipos y maquinaria antigua en la gran mayoría de la industria de la curtiembre a nivel nacional.

Son muy pocas las grandes empresas del sector que emplean tecnología de punta como para poder competir con países industrializados.

En algunas ocasiones por errores humanos y/o falta de tecnología, se obtienen productos de menor calidad, logrando por ello mínimas utilidades.

1.5.2. Análisis del entorno competitivo

En el rubro de las curtiembres existe amplia competencia principalmente en la ciudad de Trujillo que es bien considerada por la calidad de producción de cuero.

- ✓ **Barreras de Entrada:** Dentro de las barreras que existen ahora mismo está la actual pandemia del coronavirus (COVID 19), la alta competencia del mercado, la falta de tecnología y la falta constante de requerimiento de producción.
- ✓ **Poder de Negociación de los Clientes:** En la curtiembre existe una buena relación con los clientes, incluso se les brinda facilidades de pago.
- ✓ **Poder de Negociación de los Proveedores:** Se cuenta con diversos proveedores tanto de productos químicos, materia prima (las pieles), y de repuestos de maquinaria y/o equipos; los que también brindan facilidades para pagarles y con los que se tienen buenas relaciones.
- ✓ **Amenaza de Productos Sustitutivos:** Como ya se había mencionado antes, la principal amenaza son los materiales chinos, que son de baja calidad y tienen un costo mucho más bajo.

1.5.3. Análisis interno de la entidad

Recursos y capacidades: La curtiembre opera con recursos propios, contando con instalaciones, equipos, herramientas y maquinaria propia y que a su vez tiene como su principal compromiso el cumplir con todas sus entregas a cada uno de sus clientes. Por otro lado, existe el compromiso constante de la gerencia por mantener siempre la capacitación de su personal.

Análisis de la Cadena de Valor: La única actividad que se realiza acá en la curtiembre, es la producción de pieles de cuero.

1.5.4. Análisis FODA de factor estratégico

Fortalezas:

- ✓ La curtiembre tiene más de 10 años de experiencia en el negocio.
- ✓ Cuenta con personal capacitado en sus labores.
- ✓ Las instalaciones, equipos, instrumentos y maquinarias que utilizan son propios.
- ✓ Pese a la baja calidad de la materia prima (pieles), la calidad final del cuero es bastante buena.

Oportunidades:

- ✓ Aplicar este proyecto y mejorar sus costos de producción y aumentar los ingresos.
- ✓ Existe un aumento de la demanda externa de cuero de calidad.
- ✓ Invertir en procesos más limpios y con un mejor manejo ambiental, mejorando a la vez la formalización del rubro.

Debilidades:

- ✓ Existen deficiencias en los procesos en general.
- ✓ Utilizan malos métodos de almacenamiento y transporte de las pieles.
- ✓ No utiliza un debido programa de gestión medioambiental debido a la gran informalidad que existe en este rubro o sector industrial.
- ✓ Casi inexistencia de tecnología para el aumento y/o mejora de su productividad y adecuado manejo ambiental.

Amenazas:

- ✓ Algunos TLC en los que se permite el ingreso de materiales que imitan al cuero, con muy bajos costos.
- ✓ Grandes aumentos en la demanda externa que terminan por incrementar a la vez el precio de las pieles (materias primas).
- ✓ Desabastecimiento o falta de capacidad de obtener la materia prima requerida.
- ✓ Actual pandemia de COVID 19, que implica una serie de paradas de producción por mucho mayor precio de las materias primas, por la

mayor aún escasez de estas, por el ausentismo y enfermedad de empleados y por mayor inversión del empleador en medidas y materiales de prevención y capacitación.

1.5.5. Matriz FODA y los factores estratégicos

Conforme se hizo el desarrollo de la investigación, se puede observar la matriz FODA y las correspondientes estrategias que servirán como medios a poder avizorar la factibilidad del proyecto.

Gráfico 2
Análisis FODA Interno y Externo

MATRIZ FODA		ANÁLISIS INTERNO	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES
		1. Experiencia en el sector. 2. Instrumentos y equipos propios. 3. Produce cuero de buena calidad. 4. Buena reputación con los clientes.	1. Inadecuados métodos de recepción, transporte y almacenaje. 2. Falta de capacitación al personal. 3. Falta de compromiso con la mejora continua.
OPORTUNIDADES	FO (Maxi-Maxi)	DO (Mini-Maxi)	
1. Aumento de la demanda externa. 2. Mejora constante de la gestión ambiental.	Con la experiencia que se tiene y con la calidad del producto final, la demanda externa será bien cubierta. Y se debe producir buen cuero con un adecuado manejo medioambiental.	Concientizar al personal en cuanto al cuidado ambiental para de esta manera ir manteniendo un programa de gestión ambiental adecuado, capacitando y comprometiendo siempre al personal.	
AMENAZAS	FA (Maxi-Mini)	DA (Mini-Mini)	
1. Ingreso de materiales que imitan al cuero. 2. Desabastecimiento y escasez de materia prima (pieles). 3. Actual pandemia del COVID 19 y nueva normativa.	Por la buena calidad del cuero producido, se mantienen las preferencias por este, en lugar de optar por materiales de imitación, de mala calidad y menor precio, además del cuidado actual con el lavado de manos, uso de mascarilla y distanciamiento que debe existir para evitar el covid 19 y mantener la reputación con los clientes.	Adecuar métodos y buenas prácticas de recepción, almacenamiento y transporte para de esta manera mantener una producción segura y sin enfermedades, implementando programas de capacitación para el personal y así comprometerlos con el cuidado de su salud, el trabajo, y la mejora continua en todos los aspectos posibles.	

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

CAPÍTULO II

REALIDAD PROBLEMÁTICA.

2.1. Descripción de la realidad problemática

En general, los procesos y procedimientos actuales en la industria de curtiduría en nuestro país, así como en la gran mayoría de Sudamérica, representan realmente un problema no solo para el medioambiente, sino también para la salud de los trabajadores y las comunidades vecinas.

Son generados diferentes efluentes contaminantes y por el pequeño tamaño de las curtiembres en promedio, en todo el Perú, no les resulta rentable invertir en una planta de gran envergadura para el control y tratamiento de sus efluentes y por otro lado, la falta de pieles, la falta de materia prima e insumos debido ahora no sólo a los productos chinos, imitaciones, sino también a la pandemia actual, complican al sector.

Tabla 1

Comparativo de Resultados del Análisis Físicoquímico

Parámetros	Resultados	LMP de efluentes de curtiduría para:	
		Alcantarillado	Aguas superficiales
pH	4,22	6,0 – 9,0	5,0 – 8,5
Temperatura (°C)	15,00	35	35
k (mS/cm)	36,05	-	-
TDS (mg/L)	17,36	-	-
DQO (mg/L)	1132	1500	50
Cromo III (mg/L)	1470	-	-
Cromo VI (mg/L)	-	0,4	0,2
Cromo total (mg/L)	1586	2	0,5
N-NH ⁴ (mg/L)	64	30	10

Fuente: (Produce, 2003)

Comparativo de resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua residual del proceso de curtición y los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la curtiduría.

Se observa en los resultados del análisis, al final de cada etapa y sin ningún tipo de tratamiento, altos valores de potasio, sólidos disueltos totales, cromo y amonio en comparación con los LMP; siendo estos grandes contaminantes del medio ambiente e incluso, cancerígenos, en el caso del cromo.

2.2. Análisis del problema

2.1.1. Formulación del problema

Mediante la aplicación de tecnologías limpias: ¿Es factible disminuir los efluentes contaminantes en el proceso de curtición de la empresa Curtiembre Ecológica del Norte EIRL?

2.1.2 Limitación del problema

Actualmente se presentan algunas limitaciones; la más grande es la discontinuidad de la producción por falta de materia prima (falta de pieles) que se suma a la actual pandemia de Covid-19, que ocasionó inamovilidad y falta de mano de obra, producto de las cuarentenas constantes. Por otro lado, también está la falta de veracidad de algunos datos que otorga la curtiembre, debido a su confidencialidad y temor a posibles sanciones.

2.3. Objetivos del proyecto

2.3.1. Objetivo principal del proyecto

Aplicando tecnologías limpias, disminuir los efluentes contaminantes en la curtición de pieles de la Curtiembre Ecológica del Norte EIRL.

2.3.2. Objetivos específicos del proyecto

- ✓ Analizar los efluentes contaminantes que existen en el proceso de curtido y contrastarlos con los LMP vigentes.
- ✓ Aplicar las tecnologías limpias al proceso de curtido y reducir el consumo de agua y los contaminantes peligrosos del efluente líquido.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO.

3.1. Descripción y desarrollo del proceso a desarrollar.

El inicio del proceso de fabricación de cuero se da con el remojo, este consiste en el lavado y humectación de las pieles, para luego pasar al proceso de pelambre en el cual con los diversos insumos químicos se da la depilación de la piel, para pasar al proceso fundamental del curtido, en el cual se transforma en cuero la piel animal, producto de la reacción con los agentes curtidores, los cuales darán características esenciales del cuero, en cuanto a elasticidad, firmeza y permeabilidad por ejemplo; posterior a esto se empieza con el recurtido, proceso en el cual, se le da el color, acabado y resistencia al producto final.

El cuero que esta produce se utiliza en la fabricación de distintos productos como calzado, tapizados, marroquinería, entre otros.

Lo que sigue es describir brevemente cada uno de los procesos habituales del curtido de pieles que se desarrolla en la Curtiembre Ecológica del Norte E.I.R.L.; el cual tiene por objetivo en esta primera etapa, como es limpiar y preparar la piel para facilitar la etapa de curtido.

A. RIVERA: Las operaciones comunes realizadas en este proceso son:
Remojo, pelambre, descarnado y dividido.

- ✓ **Remojo:** Es el primer proceso productivo, en el cual las pieles se rehidratan con agua y productos auxiliares para el fin deseado, acá se generan efluentes líquidos que contienen agua con sangre, sal, tierra, fertilizante, sebo, suero y grasas.
- ✓ **Pelambre:** Proceso en el cual se busca la eliminación del pelo, lana, epidermis y saponificar las grasas naturales.
- ✓ Aumenta la separación entre las fibras de colágeno de la piel, destruye las proteínas no estructurales, así como nervios, vasos sanguíneos, etc.

- ✓ **Descarnado:** Este proceso consiste en eliminar la mayor cantidad de grasa de la piel en tripa de forma mecánica.

- ✓ **Dividido:** Este proceso consiste en cortar las partes de piel necesarias, estando ya está piel sin pelo, para fabricar el cuero.

B. CURTIDO: Se genera el proceso de curtido de las pieles que implican otros pasos adicionales, como son:

- ✓ **Desencalado:** Es el proceso en el cual se lavan las pieles con agua limpia, esto se hace con la finalidad de eliminar la cal y los productos alcalinos del interior de la piel.

- ✓ **Purga:** Conocido también como proceso de “Rendido”, el efecto principal de este proceso tiene lugar sobre la estructura fibrosa de la piel, emplea enzimas pancreáticas, para la limpieza de los poros de la piel. Se realizan en el mismo baño del desencalado. Su acción es un complemento en la eliminación de las proteínas no estructuradas, y una acción sobre la limpieza de la flor, y le confiere mayor elasticidad y mejores propiedades mecánicas.

- ✓ **Piquelado:** La finalidad del piquelado es la acidulación de pieles en tripa antes de la curtición al cromo a un pH de 2.5 a 3. En este proceso se utiliza sal y ácido fórmico, los mismos que permitirán al agente curtiente una adecuada penetración en la piel.

- ✓ **Curtido:** En este proceso es donde la piel del animal deja de serlo para ser cuero. Este proceso se da por la fijación del agente curtiente en lo que era la piel del animal, acá se trabaja con curtientes de sales de cromo o también con taninos vegetales.

- ✓ **Engrase:** Esto se hace para que el cuero tenga ciertas características de flexibilidad y suavidad, para lo que se utilizan

diversos aceites o grasas que pueden ser vegetales, minerales o animales.

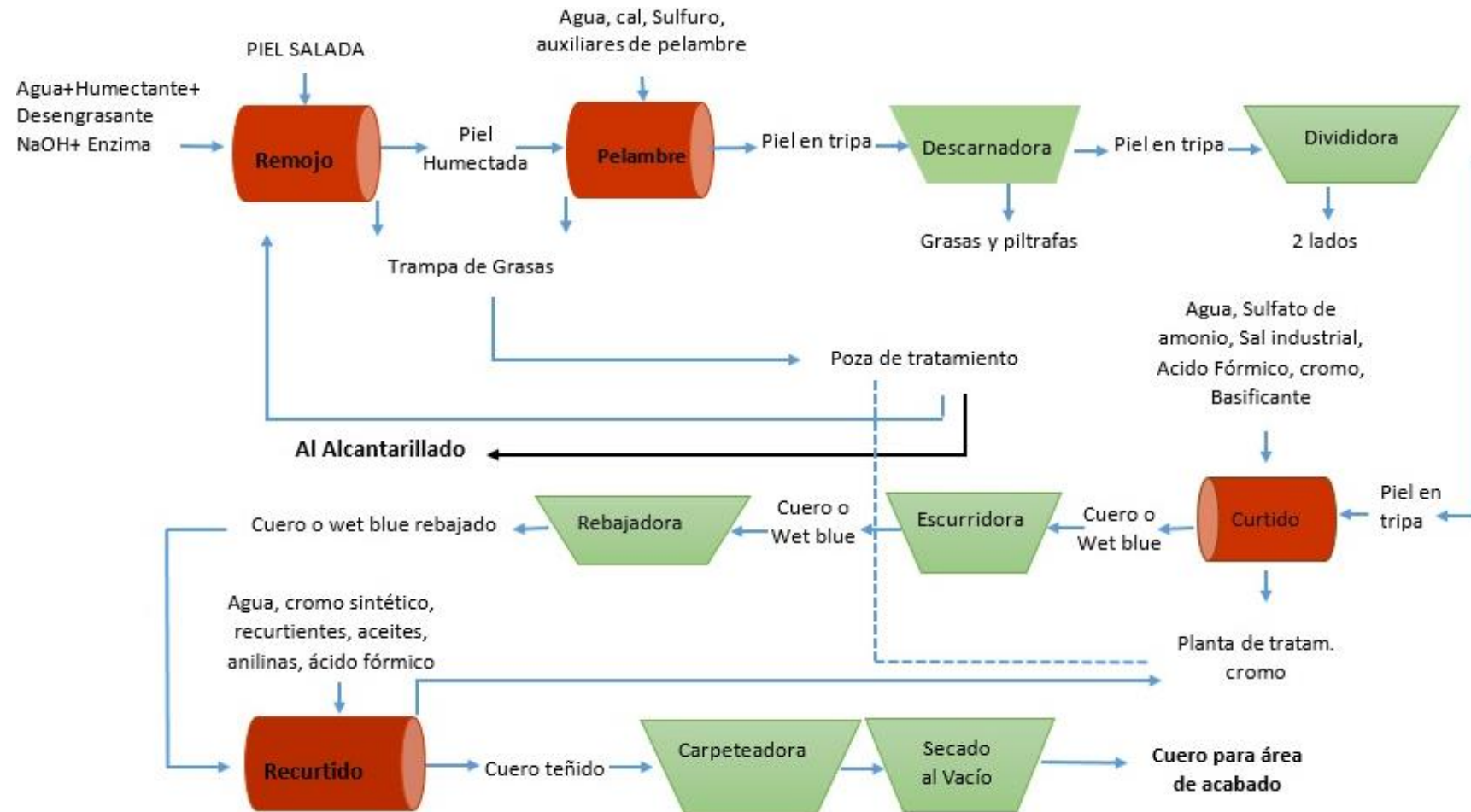
- ✓ **Rebajado:** Es para obtener el cuero del espesor solicitado por el cliente.

C. RECURTIDO: Se genera el proceso de recurtido, que componen otros factores como son:

- ✓ **Recurtido:** Proceso donde los cueros ya rebajados adquieren ciertas características que el cliente solicita (textura, permeabilidad, elasticidad, entre otras). Esto se logra con la aplicación de ciertos productos químicos y/o agentes recurtientes, los mismos que pueden ser orgánicos o inorgánicos.
- ✓ **Teñido:** Las pieles que ya fueron recurtidas, se tiñen de acuerdo con el color y acabado solicitado por el cliente. En este proceso se visualizan los defectos o fallas del cuero y según eso, este se selecciona, dependiendo del tipo de artículo que se va a producir a solicitud del cliente. De este último, dependerá el color, el acabado y el costo del producto.

Gráfico 3

Diagrama Actual de Flujo de Curtiembre Ecológica del Norte



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

3.1.1. Antecedentes de la investigación

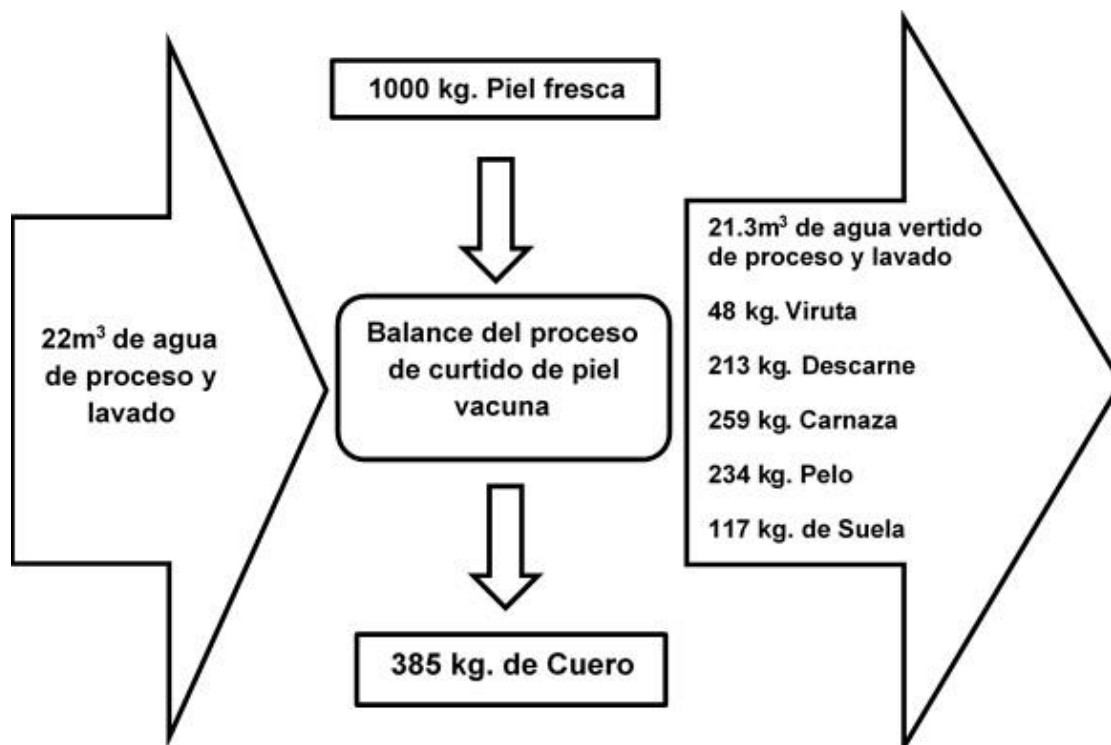
En el presente tema destacan diversos estudios, proyectos y normativa vigente aplicados con el afán de reducir los contaminantes en el medio ambiente y así obtener una mejor calidad de vida, para lo que mencionaremos algunos como:

- ✓ “Guía de Buenas Prácticas para el Sector Curtiembre”- (MITINCI, 1999): Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales (Lima-Perú), dice que: Mediante la aplicación de las buenas prácticas es posible minimizar los contaminantes generados por los procesos del sector curtiembre.
- ✓ “Guía Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres”- (CPTS, 2003): Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (La Paz-Bolivia), en estos estudios se identifican oportunidades de mejora en la actividad proporcionando criterios de uso eficiente de los recursos, adecuada gestión de residuos, los impactos ambientales que generan las curtiembres, los costos asociados, los métodos de control y seguridad y salud ocupacional.
- ✓ Comercializadora y Servicios Trujillo S.A.C., es una de las empresas que han aplicado de alguna manera el mejoramiento de su calidad aplicando tecnologías limpias, obteniendo mejores resultados y beneficios en sus procesos.
- ✓ Modificatoria del art. 3 del Decreto Supremo N°003-2002-PRODUCE que aprueba los Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel (El Peruano, 2020).
- ✓ En los procesos del curtido, al procesar 1000 kg de piel cruda, se producen 150 kg de cuero, 150 kg de serraje, 700 kg de desecho sólido y 30 m³ de efluente. Al no utilizar una tecnología limpia, los efluentes presentan altos valores de los parámetros eco toxicológicos. (Boza, 2008, págs. 47-57).

- ✓ El significado de una producción limpia aparece en la actualidad, como una necesidad imperativa, propia del mismo sector de curtido, para poder ser compatible con las necesidades socioeconómicas de los países en desarrollo, sin afectar al medio ambiente y acorde con el principio de Desarrollo Sostenible. Contrario a lo que se pensaba antiguamente, las industrias hoy en día necesitan incorporar la variable ambiental dentro de sus procesos y productos, no solamente en aras de cumplir con legislaciones y normativas ambientales, sino también para mejorar su competitividad.

Gráfico 4

Entradas v/s Salidas en la Producción de Cuero de Vacuno



Fuente: (ESTRUCPLAN, 2000)

3.1.2. Bases teóricas

Las tecnologías limpias, en el presente, tienen que ser un principio de trabajo obligatorio y concientizado con la salud de las personas, el ambiente natural y la generación de efluentes, además de aumentar la

eficiencia de recursos como el agua y por ende el ahorro de costos de energía; permitiendo generar beneficios económicos, optimizando costos y mejorando la competitividad de los productos. (FONAM, 2009): Esta base teórica nos manifiesta lo positivo de las tecnologías limpias para con el ambiente, que es algo tan necesario en la actualidad para la vigencia y permanencia de este sector productivo; con la eficiencia del agua por el menor uso y reciclaje de la misma, lo que se traduce en una mayor ganancia para la empresa por la reducción de costos.

Producto de varias décadas de experiencia en materia de minimización de impactos ambientales de la industria de la curtiembre. Ha sido escrito por expertos en la materia que han probado diversas estrategias con resultados exitosos. Las tecnologías propuestas, las mejores prácticas mencionadas y los procesos sugeridos han sido cuidadosamente seleccionados para ajustarse a las condiciones particulares que se tienen en los países de la región de Centroamérica. (Teel & Korgi, 2006): Con esto se entiende claramente que los antecedentes del proyecto serán claramente positivos y exitosos y que se debe insistir aún en el mismo camino de la búsqueda de nuevos y mejores procedimientos y prácticas, aplicando nuevas tecnologías y cada vez más modernas.

En Toscana, Italia, se estableció una planta común para la recuperación del Cromo, donde aún se emplea el sulfato de Cromo básico en los procesos operativos.

La recuperación del Cromo tiene 2 grandes beneficios que son, el económico, ya que recupera un producto valioso y el ecológico, debido a que elimina este metal del lodo empleado en la agricultura. En 1981 se estableció el consorcio Recupero Cromo. Actualmente más de 180 empresas se han unido para manejar esta planta. En este proyecto se han invertido más de 11 mil millones de dólares.

La planta en mención es una de las primeras en el mundo en cuanto a su tamaño y tecnología, cubre 13200 m² y trata tanto licores del cromo como lodos sólidos. (Passe & Meagher, 2001): Como sabemos el cromo

puede ser mutagénico, tóxico y hasta cancerígeno, por ende, no debe existir fuera de las paredes de las empresas curtidoras, debe tratarse siempre contribuyendo con los ecosistemas y la vida, adicionalmente a un ahorro de costos con respecto a la reducción de compra, reutilización y tratamiento de este insumo.

Existen manuales ya establecidos para aplicar las tecnologías limpias a nivel mundial, pero hay caso omiso o negación por parte de muchas de las empresas del rubro, por dejadez, temor al cambio e ignorancia de muchos de los dueños de curtiembres acá en nuestro país. Breve mención de los principios básicos de estas:

“Principios de las tecnologías limpias”

- ✓ Buenas prácticas de manufactura.
- ✓ Simplificación de procesos.
- ✓ Control de los procesos.
- ✓ Sustitución de materiales, combustibles y fuentes de energía que se utilizan en el proceso.
- ✓ Reúso y Reciclado de materiales, residuos y energía.
- ✓ Modernización de Equipos.

Fuente: (Sandoval Alvarado, 2006)

3.1.3. Identificación de los afluentes contaminantes

Los efluentes contaminantes son plenamente identificados en cada etapa del proceso de curtición y se conoce que el efluente líquido, que es el tema del presente proyecto, contiene sulfuros, sales, cromo, restos de piel, restos de pelos, aceites y grasas, entre otros.

Ayudado de la información del CITEccal, tomada 1 semana antes del desarrollo del presente proyecto, para las muestras de análisis que

obtuvieron de la descarga de vertidos de un lote de piel de vacuno curtido, se tienen los siguientes resultados:

Tabla 2
Resultados de Vertidos de las Etapas

Parámetro	Expresión	Unidad	Remojo	Pelambre	Desencalado
Volumen		L	2500	1500	2800
pH			8.0	11	8.5
DQO	DQO	mg/L	12050	28280	3620
DBO	DBO	mg/L	2960	5180	1350
Sólidos Totales	ST	mg/L	33640	42080	15420
Sólidos Suspendidos Tot.	SST	mg/L	2720	22000	405
Nitrógeno Total	NTK	mg/L	815	2560	1010
Nitrógeno Amoniacal	NH ₄ ⁺	mg/L	22	225	680
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	2.30	20	0.4
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	320	470	7960
Aceites y Grasas	AyG	mg/L	2180	1410	280

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

En la tabla N°2, se muestran los valores obtenidos de los vertidos al final de cada una de las etapas mencionadas.

Tabla 3
Resultados de Vertidos de las Etapas de Curtido y Recurtido

Parámetro	Expresión	Unidad	Curtido	Recurtido y Teñido
Volumen		L	450	700
pH			3.4	3.5
DQO	DQO	mg/L	4150	3020
DBO	DBO	mg/L		330
Sólidos Totales	ST	mg/L	61000	8450
Sólidos Suspendidos Tot.	SST	mg/L	335	630
Nitrógeno Total	NTK	mg/L	480	165
Nitrógeno Amoniacal	NH ₄ ⁺	mg/L	200	16.8
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	0.16	0.3
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	18700	3820
Cromo Total	Cr	mg/L	1970	250
Cromo Hexavalente	Cr (VI)	mg/L	0.15	<0.01
Aceites y Grasas	AyG	mg/L	38	128

Fuente: (Curtiembre, 2021)

Los resultados fueron tomados al final de cada una de las etapas mencionadas y podemos encontrar ya en esta tabla N°3, la existencia de cromo total y cromo hexavalente.

Tabla 4
Promedio Total de Vertidos de Efluentes Contaminantes

Parámetro	Expresión	Unidad	Promedio
Volumen		L	22450 *
pH			6.9
DQO	DQO	mg/L	10224
DBO	DBO	mg/L	1964
Sólidos Totales	ST	mg/L	32118
Sólidos Suspendidos Tot.	SST	mg/L	5218
Nitrógeno Total	NTK	mg/L	617
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	4.63
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	6254
Cromo Total	Cr	mg/L	1110
Cromo Hexavalente	Cr (VI)	mg/L	0.06
Aceites y Grasas	AyG	mg/L	807

Fuente: (Curtiembre, 2021)

Se sumó los 7m³ de agua de lavado de remojo, los 4m³ de lavados del pelambre y el desencalado y los 3.5m³ de lavados del recurtido.

3.2. Materias primas del proceso de curtido

Sabemos que nuestra materia prima principal son las pieles de los vacunos, pero esa es sólo la que se transforma en cuero propiamente dicho, luego de muchos procesos y con la intervención de mucha materia prima, químicos en su mayoría, los mismos que listaremos en la siguiente tabla N°5, donde también se indica la etapa del curtido en la que este insumo interviene:

Tabla 5
Zonificación de Rutas y Porcentaje de Participación

Etapa	Materia prima (Insumo químico)
Remojo	Humectante (Supralan On), Desengrasante (Helpasol), Soda caustica, Aracit, Pelvit.
Pelambre	Hidróxido de calcio (Cal), Sulfuro de sodio, Erhavit 2000, Quimanpel 200.
Curtido	Sal industrial, Sulfato de amonio, Bisulfito de sodio, Ácido fórmico, Rohapon, Pelgrasol, Argocrom BP, Acikrom, Helpacid, Basal, Cromeno.
Recurtido	Ácido oxálico, Formiato, Bicarbonato de sodio, Argotan plus, Helpamid 260EC, Quimancrom AGP, Neutralizante 80, Sintander NF, Neutragen PK, Acrílico, Nutratan FI, Ipertan MG, Novaltan PF y MSA, Ledoresin MX, Ledofil, Dulcotan SP, Sellatan, Hexatan, Mimosa RC y Light, Quebracho, Eurosintec, Blancotan, Retril, Fosfolicker, Novaltan PF, Sintoil 88, Pellastol XR, 94S y 2537, Quimisoft, Hexaoil C y SE, Trupon MTA, Oleal, Sellasol MG, Quimitan.
Acabado	Taninos orgánicos, vegetales y sintéticos de diversas marcas y colores (Acá tienen 57 colores disponibles).

Fuente propia: (Curtiembre Ecológica del Norte)

Es importante resaltar, que todas las pieles se pesan antes de ingresar a cada etapa del proceso de curtido y según esto se suministran los porcentajes adecuados de cada uno de los insumos químicos.

3.3. Aplicación de tecnologías limpias en los procesos de curtido

Para poder aplicar las tecnologías limpias en la Curtiembre Ecológica del Norte, se hizo un estudio experimental y explicativo, en el que se consideran los aspectos técnico-económicos, factibles y viables para el desarrollo favorable del presente proyecto.

Las tecnologías limpias que aplicaremos para disminuir los efluentes líquidos contaminantes en este proyecto se basan en 2 puntos principales, que son el agua, que se utiliza en grandes cantidades y está comprobado por diferentes estudios en todo el mundo que se puede utilizar mucha menos cantidad y así conservar este recurso que es tan importante para la vida en nuestro planeta y

como segundo punto son, los químicos y sólidos que se encuentran en los efluentes líquidos de las curtiembres, los mismos que pueden ser peligrosos, nocivos, mutagénicos y/o cancerígenos, tanto para la salud humana, como la de todo ser vivo (plantas y animales).

La propuesta para el gerente de la empresa fue aplicar las tecnologías limpias ayudándonos de un método muy simple pero efectivo en este caso como las 3R, es decir, teniendo siempre en cuenta que así obtendremos más beneficios para la empresa y poder concientizar de esta manera a todos los trabajadores, teniendo presente siempre esta metodología en todos los procesos a realizar.

Lo importante de mencionar la regla de las 3R consiste en que se reduzca, se reutilice y se recicle todos y cada uno de los elementos contaminantes de los efluentes, haciendo que estos se encuentren dentro de los LMP; lo mismo que se traducirá en una inversión inicial al comienzo, para implementar nuevas medidas y procedimientos de trabajo, así como labores adicionales de construcción civil y compra de equipos y maquinaria para la empresa y algunas horas de capacitación al personal, pero que a su vez se verá reflejado en el beneficio a corto plazo de ahorro de dinero (mayor ganancia), reducir al máximo el nivel de contaminantes y consumir de forma eficaz y eficiente el agua, esto último que expresa una contribución ambiental y ser mejor vistos por los clientes, competencia y gobierno.

A. Uso eficiente y eficaz del agua en los procesos:

Este es uno de los principales puntos a considerar por el gran volumen de agua que se maneja en el sector y a su vez la importancia de su reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final. Pese a considerársele al agua como un recurso renovable, es insuficiente y escaso, sobre todo en nuestro país que cuenta con una gran cantidad de población que no la tiene al alcance, por su falta de abastecimiento, captación o tratamiento, tal es así, que siendo el agua indispensable para preservar la vida en el planeta, se debe cuidar mucho, evitando por todos los medios o métodos posibles, su contaminación, para no convertirlo en un recurso agotable (no renovable), tratándolo de la

manera o forma más viable e idónea posible, pero sin abusar de su utilización.

B. Propuesta aplicando tecnologías limpias:

Se puede y se debe consumir menos agua recirculándola en todos los procesos de curtido posibles y con sistemas cerrados. Por otro lado, existen variedad de técnicas para reciclar y tratar el agua con diversos métodos y/o procedimientos. Se mencionarán algunas propuestas de aplicación de tecnologías limpias, para luego dar a conocer las más factibles, adecuadas y viables a implementar:

Mediante el método de flotación por aire disuelto: Se trata el agua con presión de aire que a través de un compresor (bomba), disuelve el aire presurizado en el agua y de esta forma permite que se adhieran los flóculos a las partículas del flujo de agua, las mismas que hacen que se formen burbujas que van hacia la superficie, después el agua se puede obtener libre de esas partículas desde la parte de abajo.

En el curtido se podría utilizar este método en el tratamiento de desalinización, en la remoción de partículas sólidas como aceites, grasas, y otras.

Es un método caro, pero efectivo, se le conoce también como método DAF (dissolved air flotation) y se puede utilizar en varias etapas del proceso de curtido. Para este método de tratamiento y por esto se indica que es caro, se necesita un compresor de aire con una serie de tomas y salidas (bomba que genera aire disuelto), con una recámara presurizada, la misma que debe incorporar su sistema de recirculación forzado y tuberías de retorno a su propio sistema. Es toda una planta de flotación y cuenta con un caro y complejo sistema de equipamiento y, por ende, también de mantenimiento.

C. Mediante el método de flotación ICP:

Este método utiliza boquillas de inyección con flujo de agua e inyección de aire siendo así similar al proceso DAF, pero siendo mucho más accesible económicamente a su equipamiento y mantenimiento. Este

sistema genera una gran cantidad de microburbujas, usando un sistema de bombeo del líquido hacia un venturi abierto, generando un vacío cuando cambia de velocidad y produciendo microburbujas que atrapan a las partículas a tratar, produciéndose así la flotación y permitiendo mediante tuberías disponer del agua tratada. Este método es mucho más sencillo que el DAF y puede ser configurable para una serie de procesos distintos de tratamiento (aguas residuales, aireación, homogenización, entre otros).

D. Mediante el método de coagulación y floculación:

Es un método de tratamiento químico del agua, que se aplica normalmente antes de un proceso de filtración o de sedimentación y mejora el resultado del tratamiento, al lograr eliminar mayor cantidad de partículas. El químico a usar o coagulante, hace que se junten (unan) las partículas y crezcan en tamaño y así facilita su sedimentación o filtración, para que luego con la floculación, se muevan lentamente estas partículas que crecieron de tamaño y se junten, logrando así, que estas sean aún de tamaño mayor y posteriormente se filtren o sedimenten de una manera mucho más efectiva. Con este proceso se generan lodos, los mismo que también deben ser tratados. Este método es muy eficaz, sobre todo, con los sólidos disueltos y ciertos químicos, además de sencillo y no muy costoso; pero requiere de capacitación al personal en nuevas metodologías, procesos y uso de químicos.

E. Mediante Filtrado y/o tamizado:

En los vertederos de todas y cada una de las etapas del curtido de pieles se deben colocar filtros, cribas, mallas o tamices especiales para retener la mayor cantidad de sólido posible, teniendo en consideración incluso, que antes del filtrado o tamizado, debería haber mínimo una trampa de grasas, sobre todo en los vertederos del remojo y pelambre, para que el proceso de filtrado sea más eficiente aún y evitar problemas de taponamientos o atoros.

La filtración es considerada por muchas industrias como la última de las etapas de tratamiento, es decir, por ejemplo, previos a la flotación, a la

sedimentación, decantación, etc., y esto por su alta eficiencia o calidad en el efluente tratado, ya sea por sólidos disueltos, DBO, DQO, ciertos metales, entre otros.

Trampas de grasas: Son las más utilizadas en las curtiembres por su sencillez, bajo costo de inversión, de mantenimiento y por su eficiencia. Las trampas de grasas son similares a una poza séptica, es decir, son pequeñas pozas o cámaras, con ciertas características hidráulicas y con suficiente capacidad de retener durante el tiempo apropiado los aceites y grasas. De no contar con estas trampas, fácilmente se pueden obstruir o taponar ciertas bombas u otros equipos, aparte de que estas obstruirían cualquier drenaje o alcantarilla.

Se debe tener en cuenta que lo indispensable y necesario para que las trampas de grasa funcionen adecuadamente, es su mantenimiento periódico programado y así de esta forma evitar su saturación de grasa y que esta salga de la trampa.

F. Método de tratamiento primario, secundario y terciario:

Este es un método de tratamiento que combina los procesos o métodos ya mencionados anteriormente, los mismos que son variados y su planta de tratamiento se diseña de acuerdo con la calidad del agua, es decir, a los tipos o características específicas del efluente líquido.

Tratamiento primario: Este se realiza por medio de procesos físicos, en el caso de nuestro tema, este puede considerar la reducción de los sólidos suspendidos, de la materia orgánica, el atrapamiento de pelos, grasas y regulación del pH, entre otros. Este tratamiento, cumple su función hasta en un 70%.

Tratamiento secundario: Este se realiza por medio de procesos químicos y/o biológicos. Aquí podemos considerar a ciertos insumos químicos para la disminución de DQO, DBO, sulfatos, sulfuros, entre otros. Este tratamiento cumple su función hasta en un 85%.

Tratamiento terciario: Este se lleva a cabo a través de procesos fisicoquímicos. Este tratamiento es para obtener ya un agua de mayor

calidad, concentrándose en disminuir los niveles de bacterias, virus, fosfatos y nitratos existentes. Este tratamiento es el más costoso de todos, por ende, muchas veces no es implementado y pasarían a ser los 2 primeros, los de mayor importancia.

3.4. Proyecto aplicable y factible de las tecnologías limpias

En el caso específico del presente tema, se menciona como alternativa la posible fabricación de una planta grande para tratar los efluentes de cierto número de curtiembres (sobre todo las formales) que están ubicadas en el Parque Industrial, pero para esta gran inversión ya tendrían que participar y tomar gran importancia en el tema ambiental, adicionalmente a todas las curtiembres participantes, la municipalidad, gobierno regional, Sedalib y los sectores involucrados en un gran proyecto para el sector.

En particular, en la Curtiembre Ecológica del Norte, previo análisis de costos y viabilidad del proyecto se construirán 2 trampas de grasas adicionales, una más en la línea de vertidos del remojo y pelambre y la otra en la línea de vertidos del curtido. Es decir, la línea de vertidos de remojo y pelambre contará con 2 trampas de grasa (ya tenía una anterior) y la línea de vertidos de curtido tendrá recién una trampa de grasas, como las que se muestran en la siguiente figura.

Gráfico 5

Trampa de grasas



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Se harán más anchas las canaletas de descarga de los vertidos de pelambre, es decir, se realizará un ensanchamiento de estas, para de esta forma, mejorar el flujo y capacidad de descarga del efluente líquido hacia una poza de flotación con aire forzado.

Gráfico 6

Ensanchamiento de Canaletas de Vertidos



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Se reutilizará el líquido concentrado de cal y sulfuros del depilado y/o del pelambre, bombeando este para un nuevo proceso de un nuevo lote a depilar o pelambrar, hacia una nueva poza de decantación. Este punto influye directamente en ahorro de materias primas e insumos, al ahorrar en agua y en químicos de las etapas mencionadas. Este paso es más eficiente, si se realiza inmediatamente después de la trampa de grasas para evitar excesos de sólidos y grasas.

Se implementará un adecuado programa de mantenimiento y limpieza semanal para las trampas de grasa y mallas metálicas, así como se sugerirá el mantenimiento mensual, bimensual o trimestral (previo análisis posterior) de la poza de sedimentación que se va a implementar y de las pozas de aireación y floculación ya existentes, para así lograr una eficiencia sustentable

de estas y evitar problemas o paradas imprevistas; se capacitará a todo el personal involucrado en todas y cada una de las nuevas metodologías a desarrollar.

Es principalmente en la etapa de ribera, donde se concentra aproximadamente el 75% de todo el efluente líquido contaminante y se debe tratar de lograr una mayor eficiencia en la remoción de pelos, grasas y sólidos totales, para de esta forma reducir, recircular y reciclar (3R) el agua de los procesos y mantener en círculo cerrado todo efluente con potencial de contaminar el alcantarillado, el mismo que sale de la curtiembre. Esto es algo en lo que deben estar muy concientizados desde el gerente de la empresa, hasta el trabajador que realice las tareas más simples o sencillas.

Las mallas, filtros, cribas o tamices, al igual que las pozas de sedimentación o tanques de tratamiento, deben estar limpios y tener un mantenimiento programado, el cual se debe cumplir para que estos realicen eficientemente su función. Aunque esto último, no tiene beneficio económico alguno, sí tiene un beneficio de calidad, de ser mejor vistos por sus clientes y de respeto y cuidado ambiental.

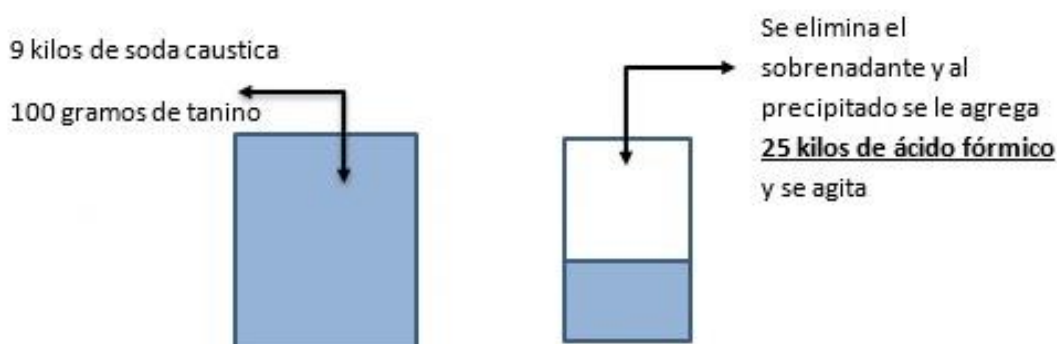
En cuanto a la reducción de contaminantes peligrosos de los efluentes, para esto, primero debemos conocer cuáles son los contaminantes peligrosos de los efluentes y se sabe que son los productos químicos los que originan estos contaminantes en los efluentes, entre los que tenemos como los más peligrosos tanto para la vida como para el medio ambiente al cromo, el amonio, los sulfuros, los sulfatos, la DBO, la DQO, entre otros.

Para la reducción de cromo y demás contaminantes tenemos, el tratamiento en base al agua de curtido que se acumula en un pozo de almacenamiento, del cual será bombeado al primer tanque, en el cual se realiza primero el proceso de precipitación del cromo; este se realiza adicionando un álcali hasta alcanzar un pH entre 8 – 9 (pH óptimo de precipitación), adicional a esto, se agrega un tanino, el cual tiene la función de coagulante, luego se realiza la agitación para homogenizar la solución y se deja reposar por un periodo de 8 horas; luego se extrae el sobrenadante y con el precipitado se realiza la reactivación del cromo con 25 kilos de ácido fórmico sin diluir

(cantidad estándar encontrada mediante análisis de laboratorio), con el cual se obtiene un pH de 2.5 a 3, para luego ser almacenado en otro tanque y posteriormente ser bombeado al botal de curtido, en la producción normal de cuero.

Gráfico 7

Sistema de Tratamiento del Cromo



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

3.4.1. Tratamiento de los residuos y químicos peligrosos

Para remoción de la DBO: Esta materia puede ser removida a través de diversos métodos de tratamiento biológico, por medio de pozas aireadas (de oxidación), lodos activados, filtros percoladores, reactores enzimáticos, procesos multietapas, etc.

Para remoción de la DQO: Existen diversas formas aplicando bacterias y/o microorganismos, en tratamientos de biomineralización o biotransformación, entre otros.

Para mantener un pH adecuado: Se debe monitorear un adecuado pH, sobre todo durante los baños del pelambre y piquelado. Para esto se deben implementar el uso de indicadores de pH de papel, como son de bromofenol y fenolftaleína, entre otros que existen. El pH se recomienda mantenerlo arriba de 7.5.

Actualmente se cuenta con un pH metro digital, pero no hay una metodología adecuada, ni un monitoreo constante de las etapas señaladas.

3.4.2. Tecnologías limpias y los contaminantes peligrosos

Las curtiembres deben mantener un registro de los efluentes que generan, donde se indique su caudal, frecuencia, tratamiento aplicado y su disposición final. Esto es de suma importancia para una adecuada gestión ambiental en el sector del curtido de pieles.

En cuanto al Cromo: Adicionalmente al tratamiento del cromo con hidróxido de calcio, el mismo que ya se realizaba con anterioridad y con la ayuda de información bibliográfica anterior tanto de laboratorios, como de experiencias probadas dentro y fuera del país, se propone implementar en el proyecto una mejor fijación o adherencia del metal, ya que este, con los procedimientos actuales y reales de curtido, se fija en la piel del vacuno solamente en un 50%, lo mismo que se traduce en pérdida de material (dinero) y una mayor contaminación del efluente líquido. Esta mayor adherencia y fijación se puede lograr:

Realizando un adecuado mantenimiento a los equipos de la curtiembre para lograr así su máxima eficiencia y operatividad, ósea realizar mantenimiento programado de botales, de fajas de transmisión, de motores y equipos en general que intervienen en el proceso de curtido.

Para poder cumplir con el punto anterior, es indispensable la capacitación del personal, identificándolos a cada uno con sus equipos y/o herramientas de trabajo cotidianos, además de ir concientizándolos en su cuidado y mantenimiento para un mejor y mayor beneficio no sólo productivo sino también de manejo para el propio operador.

Paralelamente a esto y aunque es costosa la renovación de equipos o su dimensionamiento adecuado, ya que en algunos casos existen equipos sub dimensionados, sería la alternativa ideal considerar su renovación por equipos de adecuada dimensión a la carga propia de estos. Punto muy importante que considerar y que se puede ir implementando de a pocos, iniciando la renovación con los equipos más críticos de los procesos y los más antiguos.

En cuanto a los químicos contaminantes: Lo mencionado anteriormente para el tratamiento del cromo, como el mantenimiento de equipos o su dimensionamiento adecuado aportan muchísimo para minimizar los químicos contaminantes de los efluentes.

Los químicos contaminantes en su mayoría son tratados en 2 pozas, una de flotación y otra de coagulación, ambas con posibilidad de aireación forzada con aire a presión. Este es el método actual de tratamiento en la curtiembre.

La propuesta con el presente proyecto para este caso es:

Utilizar cultivos mixtos microbianos naturales de la zona, para tratar y sintetizar la materia orgánica del efluente líquido. Estos cultivos de bacterias reducen considerablemente los niveles de DBO, DQO y a su vez aumentan los niveles de oxígeno disuelto, reduciendo además la formación de lodos.

Reducir los químicos contaminantes desde las etapas de remojo y pelambre que como ya mencionamos antes, son la carga principal del efluente total, para esto se deben utilizar productos biodegradables, lo cual impactaría enormemente en la calidad del efluente líquido, se recomienda el uso de bactericidas, tensoactivos y químicos biodegradables. Con esto se reduce significativamente los cloruros, tensoactivos, sal, materia orgánica, sulfuros, cal, entre otros que representan desechos contaminantes en el efluente líquido.

Se debe evitar que se mezclen efluentes ácidos con lodos producto del pelambre; estos deben ser pretratados antes de que se puedan encontrar en alguna poza de tratamiento.

Se debe estandarizar en todos los procesos de remojo, la técnica de “precipitación química de proteínas”, utilizando hidróxido de sodio o de aluminio, como agentes precipitantes y manteniendo el pH entre 10 y 12, extrayendo el sobrenadante y posteriormente utilizando sulfato de amonio o de aluminio para coagular, haciendo este método muy

efectivo, logrando así disminuir los DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total y los aceites y grasas hasta en un 99%. (Perú, 2016).

Como alternativa final y complementaria y con la certeza de que todos los efluentes líquidos que saldrán de la curtiembre hacia el alcantarillado, estarán dentro de los LMP, se propone al gerente la creación de un humedal artificial, el mismo que recibiría la descarga del efluente final de la curtiembre, con todos sus tratamientos y filtrados previos, para obtener un agua de alta calidad la misma que puede volver a ingresar al comienzo de los procesos como agua limpia o incluso puede quedar a potestad de su interés en volver potable esta agua, con algunos tratamientos adicionales que puede ver posteriormente, con un adecuado estudio para ello.

Humedal artificial de tratamiento del efluente:

Es ampliamente conocido en muchos lugares del mundo el tratamiento de los efluentes líquidos residuales de diversas industrias con la creación de humedales artificiales, debido principalmente al tratamiento de limpieza, que estos pueden realizar con las aguas residuales de tipo industrial, de tipo domésticas y de tipo agraria, por ejemplo; este puede estar cerca o colindante al área del proceso de curtido.

En los humedales artificiales, su funcionamiento se realiza, de manera muy similar a los humedales naturales, sólo que estos deben tener ciertas características de ingeniería, como cierto ángulo de inclinación del terreno para que el líquido se mueva sólo por gravedad, cierta instalación de ductos, tuberías, válvulas y su diseño con geomembrana de alta densidad, una capa de grava (piedra) y luego arena y tierra, donde se sembrarán las plantas.

Estos humedales pueden reducir considerablemente la materia orgánica, así como algunos químicos como sulfuros, sulfatos, fósforo, nitrógeno y otros; por lo tanto, los humedales trabajan en 2 fases:

- a) **Fase anaeróbica:** Se ubica debajo de la tierra, donde trabajan las bacterias reductoras de sulfuros y sulfatos, entre otros.
- b) **Fase aeróbica:** Se ubica en la parte superficial, donde hacen su labor las plantas que se siembran, por ejemplo, a través de la radicación solar, con la fotosíntesis o la simple relación de estas con la tierra. En el caso de Trujillo, se puede emplear la Totora, que además de que absorbe ciertos minerales pesados y haber bastante en la zona, realiza el trabajo de una manera eficiente, es muy resistente y tolera las inclemencias del clima.

Es válido resaltar que los humedales son altamente eficientes si previamente se instaló en el ciclo de tratamiento, una poza de sedimentación. Esto eleva mucho la eficiencia del trabajo del humedal para tratar aguas residuales.

3.4.3. Bases normativas

Las bases normativas del presente trabajo de suficiencia profesional se fundamentan en:

- ✓ Ley general del ambiente – Ley N°28611 (13 de octubre del 2005), que trata en todos sus artículos de la regulación de los diversos instrumentos que aportan a la gestión ambiental en el Perú, siendo uno de los de mayor importancia el de la responsabilidad ambiental y el derecho y obligación de las personas, para con ella.
- ✓ Ley del sistema nacional de evaluación y fiscalización ambiental – Ley N°29325 (5 de marzo del 2009), que nombra a la OEFA (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental) como el ente rector de fiscalización ambiental en el país.
- ✓ Límites máximos permisibles (LMP) – D.S. N°003-2002-PRODUCE (4 de octubre del 2002), que indica los LMP y valores

referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel, en el Perú.

- ✓ Decreto supremo 002-2008-MINAM (31 de julio del 2008), que es la ley de aprobación de estándares nacionales de calidad ambiental del agua, donde se establece que los niveles de concentraciones físicas, químicas y biológicas no deben representar riesgo para la salud. En diciembre del 2009 se aprobaron disposiciones complementarias para el presente decreto, con el D.S. N°023-2009-MINAM.
- ✓ Ley N°29037, la misma que modifica la ley 28305, que es la ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados, que es la ley que regula los químicos que utilizan todo tipo de actividad productiva.
- ✓ Ley orgánica de municipalidades, en su Art. 80°, que regula y controla el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.
- ✓ Ley general de la salud - Ley 27842, que nos indica que toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

3.4.4. Breve síntesis del proyecto

Abordando nuestro primer objetivo específico, se analizaron los efluentes de todas las etapas del curtido y se verifica que los parámetros se encuentran por encima de los LMP; y para nuestro segundo objetivo específico, se aplicará las tecnologías limpias propuestas al proceso:

- ✓ Para el caso del agua: Se reducirá, reutilizará y reciclará, esto se realizará en todos los lavados y procesos donde interviene, desde el remojo de pieles, el pelambre, curtido y recurtido.

previa retención de sólidos, con 2 trampas de grasas adicionales, tapas de canaletas enmalladas (de 5 mm), ensanchamiento de las canaletas y se construirá una poza de decantación para el pelambre con su respectiva bomba y conexionado de tuberías respectivo.

- ✓ Para el caso del cromo y los demás parámetros fisicoquímicos, se continuará tratando el cromo en su planta de tratamiento, en sistema cerrado en todo momento, coagulándolo, decantándolo y luego reactivándolo con ácido fórmico, para volver a almacenarlo y reutilizarlo en nuevas etapas de curtido. El proyecto propone para el caso del cromo la mejora de su adherencia o fijación en las pieles de un 15% – 30% más; lo cual se puede lograr con un dimensionamiento adecuado de los equipos y maquinaria, evitando pérdidas de potencia, rendimiento y efectividad, esto para lograr el máximo resultado posible. Para lo cual, es indispensable implantar y estandarizar un adecuado programa de mantenimiento para todos los equipos y la respectiva capacitación del personal para ello; además, se recomienda ir modernizando y cambiando de a poco los equipos, desde los más antiguos y críticos hasta los sub dimensionados, con la posterior evaluación y viabilidad de costos, a lo que esto conlleva.
- ✓ Por el lado de los parámetros fisicoquímicos contaminantes, lo primero que se debe hacer es estandarizar en el proceso de remojo, la técnica de precipitación química de proteínas, que desde el comienzo de las operaciones puede reducir hasta en un 99% los DBO, DQO, sólidos disueltos, nitrógeno, aceites y grasas, cambiando este procedimiento por el anterior donde intervenían otros químicos como bactericidas y agentes de pelambre. Además de esto, para las etapas de remojo y pelambre, se deben utilizar tensoactivos y químicos biodegradables, con los que se reducen los cloruros, sulfuros y

materia orgánica, entre otros. Y por último para la precipitación y coagulación en las pozas de tratamiento se debe utilizar cultivos mixtos microbianos naturales de la zona, que aparte que reducen el DBO, DQO, los sólidos disueltos y la materia orgánica, también contribuyen a evitar la formación de lodos.

- ✓ Y por último y como tratamiento terciario, la construcción de un humedal artificial, para obtener mucho más ahorro en cuanto al uso del agua e incluso pudiendo tratarse esta para ser potabilizada y lograr un mayor impacto económico aparte del ambiental que también se alcanzaría con mínimos efluentes contaminantes y estando dentro de los LMP.

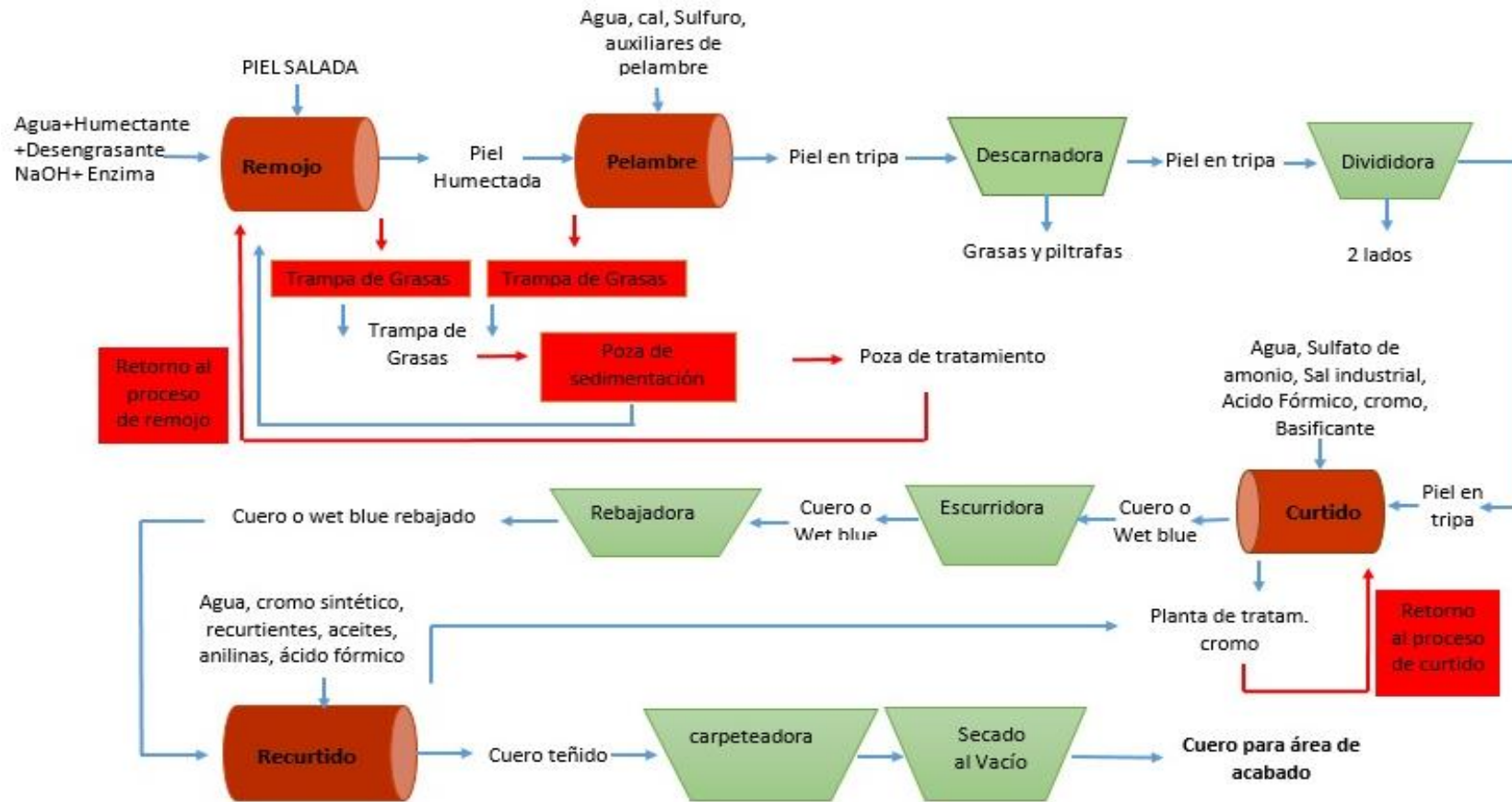
En cuanto a la siguiente tabla N° 6, se puede observar que con el tratamiento actual versus aplicando tecnologías limpias en el presente proyecto, se reducen los parámetros en general entre 40% - 60% (Basado en resultados obtenidos); con las tecnologías del presente proyecto, se reducen parámetros entre 70% - 95% y el agua hasta en un 80% (Pruebas piloto):

Tabla 6
Comparativo de Resultados con Tratamiento

Parámetro	Expresión	Volumen	Promedio (sin tratamiento)	LMP	Con tratamiento actual	Con desarrollo del proyecto
Agua		L	22450		8980 - 13470	4490 – 8980
Demanda Química de O.	DQO	mg/L	10224	1500	4090 – 6134	511 - 3067
Demanda Bioquímica de O.	DBO	mg/L	1964	500	786 – 1178	98 – 589
Sólidos Suspendidos Tot.	SST	mg/L	5218	500	2087 – 3131	261 – 1565
Nitrógeno Total	NTK	mg/L	617	100	246 – 370	30 - 185
Sulfuros	S2-	mg/L	4.63	3	1.85 – 2.78	0.23 – 1.39
Cromo Total	Cr	mg/L	1110	2	<0.03	<0.01
Aceites y Grasas	A y G	mg/L	807	50	323 - 484	40 – 242

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Gráfico 8
Diagrama de Flujo del Proyecto



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

3.5. Cronograma del Proyecto

Como podemos observar en la figura 8, mostramos el cronograma de actividades del proyecto, el mismo que puede ser de aplicación inmediata y no requiere de mayor análisis, ya que su implementación, se puede realizar en paralelo con el desarrollo normal del resto de actividades y para hacer los empalmes respectivos con los procesos actuales sólo se necesitarán de 2 días, de los cuales uno de esos días, se debe aprovechar que sea un Domingo (No laborable), para de esta forma y como mucho afectar en la producción sólo un día, el mismo que sería un lunes.

Como se aprecia en el cronograma, el proyecto debe iniciar el 02 de agosto del 2021 y culminar el 23 de noviembre del mismo año, es decir tiene una duración de 3 meses incluyendo la construcción del humedal artificial. El cronograma, lo hemos separado en tres fases, de las cuales se puede resumir que la fase 1, se debe realizar constantemente durante una semana, para obtener datos actuales y de todas y cada una de las etapas de medición de parámetros del curtido, para lograr contrastar adecuadamente con los resultados reales que obtendremos al final del proyecto.

La fase 2 la hemos separado en 10 trabajos o tareas, de las cuales sólo una, que es la de capacitación al personal, se debe realizar una vez terminadas las otras 9 tareas. Y esta tarea (de capacitación al personal) es dependiente de 2 tareas previas que son la estandarización de la técnica de precipitación química de proteínas y la del programa de mantenimiento de equipos.

La fase 3 es la que tomará 90 días, es la ruta crítica del proyecto y es la de construcción del humedal artificial.

Gráfico 9
Cronograma de Actividades del Proyecto



Fuente propia: (Reyes, 2021)

3.6. Costos del proyecto

Debemos tener en consideración que los cálculos estimados, son aproximados ya que como se mencionó antes, existen ciertas reservas por parte del personal de la curtiembre para brindar cierta información o data exacta.

Tabla 7

Estado de Resultados Actual de Curtiembre Ecológica del Norte

Curtiembre Ecológica del Norte EIRL		Soles	Total
Ventas	Cuero	168000	168000
Otros ingresos	Venta de tripas	2000	8650
	Venta de barriles	150	
	Venta de carnaza	6500	
Costo de ventas	Pieles de cuero	50000	76650
	Transporte de pieles	2500	
	Químicos	24000	
	Aceites y grasas	150	
Utilidad Bruta			100000
Costos operativos	Agua	2500	24800
	Luz	8000	
	Mantenimiento calderas	300	
	Mantenimiento y rep. equipos	8000	
	Combustible	1000	
	Gas	5000	
Costos administrativos	Salario de trabajadores	30000	30150
	Utilería	150	
Otros costos	Disposición residuos pelig.	250	3750
	Disposición residuos no pelig.	200	
	EPPs	300	
	Comida para personal	3000	
Utilidad antes de imp.			41300
Impuestos		18%	7434
Utilidad Neta			33866

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Como se observa en la figura 9, se tiene una utilidad neta mensual según lo reportado por la curtiembre de s/. 33866 mensuales; es decir un 20.16% de Utilidad con respecto a sus ventas.

Para el caso del presente proyecto y según las pruebas piloto, sólo van a incrementar en un 20% en promedio, los costos de químicos a utilizar, van a aumentar hasta en un 100% los costos y el consumo de aceites y grasas,

debido a la implementación y cumplimiento respectivo del mantenimiento programado, va a disminuir el consumo del agua aprox. en un 50%, el consumo de la luz disminuirá en un 15%, el costo de mantenimiento y reparaciones de equipos va a disminuir hasta en un 40%, considerando el cumplimiento del mantenimiento programado. (Escudero, 2016) Por ende, tendremos el siguiente cuadro:

Tabla 8

Estado de Resultados con Fases 1 y 2 del Proyecto

Curtiembre Ecológica del Norte EIRL		Soles	Total
Ventas	Cuero	168000	168000
Otros ingresos	Venta de tripas	2000	8650
	Venta de barriles	150	
	Venta de carnaza	6500	
Costo de ventas	Pieles de cuero	50000	81600
	Transporte de pieles	2500	
	Químicos	28800	
	Aceites y grasas	300	
Utilidad Bruta			95050
Costos operativos	Agua	1250	19150
	Luz	6800	
	Mantenimiento calderas	300	
	Mantenimiento y rep. equipos	4800	
	Combustible	1000	
	Gas	5000	
	Costos administrativos	Salario de trabajadores	
	Utilería	150	
Otros costos	Disposición residuos pelig.	250	3750
	Disposición residuos no pelig.	200	
	EPPs	300	
	Comida para personal	3000	
Utilidad antes de imp.			42000
Impuestos		18%	7560
Utilidad Neta			34440

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Apreciamos en la Tabla N° 7, que con el desarrollo de las fases 1 y 2 del proyecto, la utilidad neta mensual aumenta en s/.574, es decir solamente un 1.7% de la utilidad neta actual.

Pero se sabe que con la construcción del humedal artificial el mismo que requiere mínimos costos de mantenimiento, se reducen los consumos de

agua entre un 80% a 90%, en comparación al tratamiento actual aplicado en la curtiembre, como se detalla a continuación:

Tabla 9

Estado de Resultados Final del Proyecto

Curtiembre Ecológica del Norte EIRL		Soles	Total
Ventas	Cuero	168000	168000
Otros ingresos	Venta de tripas	2000	8650
	Venta de barriles	150	
	Venta de carnaza	6500	
Costo de ventas	Pieles de cuero	50000	81600
	Transporte de pieles	2500	
	Químicos	28800	
	Aceites y grasas	300	
Utilidad Bruta			95050
Costos operativos	Agua	375	18275
	Luz	6800	
	Mantenimiento calderas	300	
	Mantenimiento y rep. equipos	4800	
	Combustible	1000	
	Gas	5000	
	Costos administrativos	Salario de trabajadores	
	Utilería	150	
Otros costos	Disposición residuos pelig.	250	3750
	Disposición residuos no pelig.	200	
	EPPs	300	
	Comida para personal	3000	
Utilidad antes de imp.			42875
Impuestos		18%	7717.5
Utilidad Neta			35157.5

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Como se observa en la Tabla N° 9, al final del proyecto, la utilidad neta mensual aumentó en s/.1291.5 por mes, con respecto al tratamiento actual, lo que significa, un 3.81% mayor de utilidad. Y un ingreso superior al año de s/.15498.

3.7. Costo de inversión y tiempo de retorno

En la siguiente tabla N° 10 nos muestra que el total del costo del proyecto es de **s/.40540** (Cuarenta mil quinientos cuarenta soles). *Inc. Precio del terreno (de compra de 30 mt²).

Tabla 10
Costo Total de Inversión del Proyecto

Actividades del Proyecto	Costo (inc. M.O y Mat.)
Análisis de parámetros fisicoquímicos de efluentes x laboratorio certificado	1140
Construcción de 2 trampas para grasas de 1m ³ c/u	3000
Fabricación y colocación de 14 tapas con malla de 5mm de fierro galvanizado de 40 cm x 150 cm.	2100
Ensanchamiento de canaletas	800
Construcción de poza de 2mx2mx1m	2500
Compra e instalación de bomba con tuberías y conexiones	2000
Capacitación para el personal	2000
Compra de insumo de precipitación química de proteínas	500
Compra y uso de tensoactivos y químicos biodegradables	1000
Compra y uso de cultivos mixtos microbianos naturales de la zona	500
Construcción de humedal artificial de 24 m ³	25000*
Total, costo del proyecto	s/. 40540

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Entonces el tiempo de retorno será:

$$40540/15492 = 2.6 \text{ años (Este es el tiempo de retorno de inversión)}$$

De la tabla N° 10 tenemos que la primera actividad del proyecto se realizará en un laboratorio certificado; de la segunda a la sexta actividad, son obras civiles e instalación de una bomba y sus conexiones a la poza. La

capacitación del personal será realizada en un total de 8 horas de capacitación, por un ingeniero especialista en equipos de curtiembre.

Desde la octava a la décima actividad son compras de insumos y técnicas específicas para su aplicación. Las técnicas de aplicación se solicita para que el mismo distribuidor del producto las brinde, pero hay que brindarles movilidad y comida.

El programa de mantenimiento de los equipos se adjunta en los anexos y se debe ir actualizando con respecto a equipos nuevos o diferentes. Lo importante es que se haga el seguimiento de su cumplimiento.

Cabe resaltar que las actividades del proyecto una vez iniciado se harán de forma paralela con la producción normal. Sólo se hará el empalme al final del proyecto que puede ocasionar pérdida de producción como máximo de un día.

3.8. Conclusiones

- ✓ Actualmente en la Curtiembre Ecológica del Norte, se utilizan bactericidas y curtientes ecológicos, con el fin de disminuir la contaminación de sus efluentes líquidos, pero aun así no es suficiente, para estar dentro de los LMP.
- ✓ Existe en todo el sector, una falta de información real del efluente y la calidad de sus parámetros, además de no reportar su verdadera data de producción, en cuanto a materias primas, insumos químicos fiscalizados, costos en general, ventas mensuales, utilidad neta, etc., y todo con el fin de pagar menos impuestos y/o evitar sanciones o multas.
- ✓ Con la actual pandemia del Covid-19 se hace más difícil aun el conseguir pieles frescas, debido a la escasez o al alto precio de las mismas, para poder cumplir con los compromisos de entrega y mantenerse operativos. Esto debido al aumento de los servicios básicos de agua y luz, las materias primas e insumos, etc. Y con la

alta informalidad que existe en el sector, por parte de la competencia, se pierde rentabilidad y competitividad.

- ✓ Las principales etapas donde se concentran la mayor cantidad de contaminación son las etapas de remojo y pelambre, donde aprox. está el 70% de todo el efluente contaminante.
- ✓ Luego de culminado el proyecto, se tendrá una utilidad neta anual de 15498 soles, con un tiempo de retorno de la inversión de 2.6 años. Este detalle se muestra en la figura 12 y en la tabla 7.
- ✓ Se observa una falta de mantenimiento en algunos de los equipos, como niveles bajos y fugas de aceite, falta de grasa en algunas chumaceras, fajas reseca y quebradizas, entre otras similares; así como desconocimiento del mantenimiento básico de los mismos operarios.

3.9. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda el uso de cultivos mixtos microbianos naturales de la zona y complementariamente el uso de tensoactivos y químicos biodegradables en todas las etapas del curtido, ya que son amigables con el medioambiente; además de estandarizar la técnica de precipitación química de proteínas, la misma que disminuye considerablemente los DBO, DQO, los sólidos disueltos y la formación de lodos y mantener de esta forma todos estos parámetros dentro de los LMP.
- ✓ En nuestro país, el control actual de parte de la OEFA, debe mejorar para el sector de curtiembres, para de esta forma, poder tener datos reales y precisos en cuanto a la calidad de los efluentes, ya que sin esta premisa, bien clara y establecida, no se puede tener una producción sostenible en el tiempo y seguirá existiendo contaminación en los efluentes del sector.

- ✓ Se deben realizar los nuevos procedimientos y mejoras del proyecto, empezando por lotes pequeños y medianos de producción para encontrar el punto preciso de producción, es decir, tener las cantidades de insumos y materias primas exactas, que intervienen en los procesos, para así mantener la buena calidad del producto que se tiene hasta ahora y seguir así, siendo competitivos y mantenerse vigentes en el mercado.
- ✓ Con el desarrollo y aplicación de la primera recomendación se reduce la contaminación de las etapas de ribera hasta en un 95%.
- ✓ Se recomienda realizar un estudio posterior para potabilizar el agua del humedal artificial, obteniendo así un mucho mayor beneficio económico y ambiental.
- ✓ Se sugiere un plan de mantenimiento básico, para mantener en buen estado de operatividad y disponibilidad a todos los equipos de la empresa, así como la debida capacitación al personal para realizarlo de manera adecuada y sin accidentes.

CAPÍTULO IV

4.1. Referencias bibliográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Boza. (2008). Modelamiento Estadístico del Efecto del Tratamiento Enzimático en el Depilado Ecológico de Pieles en la Fabricación de Cuero. Perú.
- CPTS. (2003). *Guía Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres*. Bolivia.
- Curtiembre. (2021). Resultados de Análisis. Trujillo, Trujillo, Perú.
- Curtiembre Ecológica del Norte. (s.f.). Insumos Químicos. Trujillo, Trujillo, Perú.
- El Peruano, G. d. (2020). Normativa Legal Vigente para industrias de cemento, papel, curtiembre y cerveza. *Aprueban Límites Máximos Permisibles para emisiones atmosféricas de plantas industriales de fabricación de cemento y/o cal*.
- Escudero, A. (2016). Propuesta de un Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo para Reducir los Costos Operativos de la empresa de productos industriales del cuero SAC. Trujillo, Trujillo, Perú.
- ESTRUCPLAN. (Enero de 2000). *Reducción del Impacto Ambiental Generado por Efluentes de la Industria de Curtiembre*. Obtenido de Estructplan: <https://estrucplan.com.ar/reduccion-del-impacto-ambiental-generado-por-efluentes-de-la-industria-de-curtiembre/>
- FONAM. (2009). Leyes Ambientales. Perú.
- MITINCI. (6 de 1999). Guía de Buenas Prácticas Subsector Curtiembres . *Guía de prácticas limpias* . Lima, Perú.
- Passe, J., & Meagher, E. (2001). Guía para el Tratamiento, Almacenamiento y Disposición de Residuos de Curtiembre. Perú.
- Perú, S. Q. (2016). Evaluación y Tratamiento de Efluentes del Remojo Convencional y Enzimático de Pieles, por Precipitación de Proteínas y Coagulación. *Revista de la Sociedad Química del Perú Vol. 82*.
- Produce, G. d. (2003). Decreto Supremo 003. Lima, Lima, Perú.
- Reyes Espejo, R. (Mayo de 2021). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII - Para obtener el título de Ingeniero Industrial. Trujillo, Perú.

Reyes, R. (Mayo de 2021). Trujillo, Trujillo, Perú.

Sandoval Alvarado, L. (Julio de 2006). Manual de Tecnologías Limpias en PYMES del Sector Residuos.

Teel, P., & Korgi, A. (2006). Manual de Buenas Prácticas Ambientales para la Curtiembre en Centroamérica .

CAPÍTULO V

5.1. Glosario de términos.

3R: Metodología de reducir, reusar y reciclar, muy apropiada para el cuidado del medioambiente y la salud de las personas., 23, 29.

Ácido fórmico: Es un ácido orgánico que tiene un solo átomo de carbono y sirve para el tratamiento de las pieles., 12, 30.

Agente curtiente: Son aquellos con propiedades propias de ser absorbidos por la piel animal y transformarla así, en cuero., 12.

Alcantarillado: Es la red de tuberías o drenajes de los residuos líquidos domésticos y/o urbanos., III, IV, 29.

Amoniaco: Es un gas incoloro, compuestos por átomos de nitrógeno e hidrógeno y que tiene un olor muy particular., III

CITEccal: Entidad técnica especializada del misnisterio de la producción para promover industrias como la curtiembre y calzado., 18.

Coagulante: Se agrega al agua y a traves de una reacción química logra la separación de partículas., 26, 30.

Covid 19: Pandemia mundial del coronavirus que estamos padeciendo desde Marzo del 2020 hasta la actualidad., 4.

Cromo: Metal resistente a la corrosión y que se utiliza para curtir las pieles del ganado y convertirlas en cuero., III, IV, 9, 12, 17, 18, 20, 30, 31, 32.

Curtiembres: Lugar donde se realizan diversos procesos con intervención de materia prima, equipos y mano de obra, para convertir la piel animal en cuero., III, 1, 4, 5, 9, 15, 18, 23, 26, 28, 31.

DQO: Demanda química de oxígeno, sirve para conocer la cantidad de materia orgánica no biodegradable del agua., 9, 19, 20, 21, 26, 27, 30, 31, 32, 33.

Ecosistemas: Lugar donde interactúan entre sí, con el medio ambiente todos los seres vivos., IV, 18.

Enzimas pancreáticas: Son químicos naturales que aportan en la descomposición de proteínas y grasas., 12.

Insumos químicos: Son los productos químicos que elaborados como sustancias puras o mezclas, sirven para realizar diversos procesos químicos., III.

LMP: Límites máximos permisibles, que son los máximos valores permisibles para ciertas sustancias o elementos., IV, V, VIII, 9, 10, 23, 35.

N-NH⁴: Es el nitrógeno amoniacal, que se forma por la degradación de algunos compuestos orgánicos., 9.

OEFA: Es el organismo de evaluación y fiscalización ambiental, es el ente rector del medio ambiente para la industria., 35.

Ph: Es el potencial de Hidrógeno, que indica el grado de acidez o basicidad del agua., III.

Productos biodegradables: Son productos de descomposición natural, en corto tiempo y ecológica., 33.

Sedimentación: Proceso unitario de separación por gravedad, formando sedimentos., 26, 29, 30, 35.

Sólidos suspendidos: Partículas pequeñas en estado sólido que se encuentran suspendidas en el agua., III, 27, 33.

Sulfatos: Combinación química del ácido sulfúrico con una base., III, 27, 30, 34.

Sulfuros: Combinación química del azufre con otro elemento químico o un radical., III, 18, 27, 29, 30, 33, 34.

Taninos: Sustancias que convierten la piel cruda del animal en cuero., 12

TDS: Siglas en inglés de sólidos disueltos totales, miden la cantidad de sólidos en el agua., 9.

Tecnologías limpias: Son metodologías de cuidado ambiental, que al ser aplicadas no producen efectos adversos para con la salud o el medioambiente., III, IV, 10, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 28, 31

TLC: Tratados de libre comercio con países extranjeros., 3, 6

Trampa de grasas: Construcción especial o dispositivo para separar ciertos sólidos y grasas, no permitiéndoles pasar., 26, 28, 29.

Vertidos: Emisión deliberada al medioambiente en cualquier estado, que puede ocasionar daño al medioambiente o la salud, III.

CAPÍTULO VI

6.1. Anexos

Anexo 1

Botales Curtidores



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 2
Balanza de Pesaje de Pieles



Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 3*Planta de Tratamiento de Cromo*

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 4*Filtro de Sólidos*

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 5*Programa de Mantenimiento Preventivo Primera Parte*

Se presenta a continuación un breve listado de los equipos de la empresa para hacer el seguimiento respectivo y cumplir con su plan de mantenimiento:

- ✓ Batales: Inspección visual interna y externa, que no le falten pernos y que no presenten fugas, realizado por el operador antes de iniciar y/o durante su labor diaria. El engrase de rodamientos cada 6 meses por el operario.
- ✓ Motores: Limpieza de su carcasa e inspección del estado de su conexión eléctrica y/o cableado, que esté en buenas condiciones, realizado por el operador de estación antes de iniciar su labor diaria.
- ✓ Reductores: Inspección del nivel de aceite y si le falta, proceder a rellenarlo. Cambio de aceite y engrase de chumaceras cada 6 meses.
- ✓ Caldera de vapor: Inspección visual de fugas, ruidos extraños, conexiones y partes en general, realizada por el operario de estación antes y/o después de iniciar su labor diaria.
- ✓ Secadora al vacío: rellenarlo, inspección por el operador de estación una vez a la semana, cambio de aceite una vez cada 6 meses.
- ✓ Divididora: Inspección visual del estado de rodillos, cuchillas, mangueras, estado de botoneras, ruidos extraños, componentes en general, cableado y conexiones, realizado por el operario de máquina antes y/o durante su labor diaria.
- ✓ Descarnadora: Inspección visual del estado de rodillos, cuchillas, componentes en general, botoneras, ruidos extraños, fajas, cableado y conexiones, realizado por el operario de máquina antes y/o durante su labor diaria.

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 6

Programa de Mantenimiento Preventivo Segunda Parte

- ✓ Rebajadora: Inspección visual de estado de rodillos, disco, fajas y su cableado y conexiones, realizado por el operario antes y/o durante su labor diaria.
- ✓ Bombas centrífugas: Inspección visual diaria y limpieza de ellas por el operario de estación una vez a la semana.

Montacargas: Realizarle su mantenimiento adecuado, cambio de aceite, filtros y reparaciones necesarias, según las especificaciones de su fabricante

Ante cualquier problema o falla encontrada, esta se debe reportar inmediatamente al ing. de producción, para que este determine si se puede corregir con personal propio de la curtiembre o si se necesita o requiere de personal especializado para ello.

Realizando este breve pero efectivo programa de mantenimiento se logrará:

- ✓ Reducir costos operativos y aumentar la eficiencia de equipos.
- ✓ Reducir las paradas imprevistas por fallas o daños.
- ✓ Reducir tiempos inoperativos de equipos, lo que se traduce en costos de reparación y muy posible afectación en la producción.
- ✓ Contribuir con una operación continua, eficiente y productiva de los equipos de la empresa.
- ✓ Reducir las fugas y/o perdidas de material que estas traen consigo, aumentando los costos operacionales.
- ✓ Reducir los accidentes laborales.

Contribuir con el medioambiente debido a las buenas prácticas laborales.

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)

Anexo 7
Formato de Capacitación Sugerido

Formato de Capacitación					
Hora inicio		Área		Versión n°	
Hora final				Responsable	
Tipo	Capacitación	Charla	Reunión	Tema	
				Lugar	
Nro.	Nombre	Empresa		Cargo	Firma
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Observaciones					

Fuente propia: (Reyes Espejo, 2021)