

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA**



**APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA DE
CURTIEMBRE EN EL SALVADOR**

PRESENTADO POR

**PATRICIA CAROLINA MUÑOZ GARCIA
CARLO LISANDRO JAVIER URRUTIA VASQUEZ.
NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

:

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

DIRECTOR :

Ing. Fernando Teodoro Ramírez Zelaya

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
INGENIERO QUÍMICO**

**APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA DE
CURTIEMBRE EN EL SALVADOR**

Presentado por :

**Patricia Carolina Muñoz García.
Carlo Lisandro Javier Urrutia Vásquez.
Nelson Mauricio Vaquero Andrade.**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Directora :

Ingra. Eugenia Salvadora Gamero de Ayala

Docente Directora :

M.Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

San Salvador, Marzo de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directoras:

Ingra. Eugenia Salvadora Gamero de Ayala

M.Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

AGRADECIMIENTOS.

Agradecimientos muy especiales a todas a aquellas personas que de forma directa o indirecta colaboraron con la realización del presente trabajo:

A nuestros Profesores: Por su toda sus enseñanzas.

A nuestros Amigos: Por su apoyo y ayuda.

A Ingra. Delmy del Carmen Rico Peña: Por su valiosa orientación y asesoría a lo largo de este trabajo

A Ingra. Eugenia Gamero de Ayala: Por su valiosa orientación y asesoría a lo largo de este trabajo.

Ing. Yolanda Salazar de Tobar: Por apoyarme de manera técnica y moral en la realización de este trabajo.

A Ingra. Guadalupe Ortiz: Por su apoyo en cada momento de la realización de este trabajo de graduación y por sus consejos.

Centro Nacional de Producción Más Limpia: Por brindarnos la metodología de implementación de producción más limpia la cual se utilizó para el estudio en cada una de las empresas visitadas.

A Pedro Polanco: Por su valiosa colaboración y disposición en la realización de la investigación a su empresa.

A Julio: Operario de la empresa en investigación, por su alegría y valiosa información en el momento de realizar nuestra investigación.

Coralia del Transito: Por Abrirnos las puertas de su empresa para llevar a cabo nuestra investigación.

Iván Transito: Por su valiosa colaboración y disposición durante la investigación de campo.

En general a todos aquellos que me apoyaron de una u otra manera para realizar este trabajo, a todos ustedes MIL GRACIAS.

PATRICIA M. GARCIA.

CARLO LISANDRO JAVIER U. VASQUEZ

NELSON M. VAQUERO ANDRADE

DEDICATORIA.

- A DIOS BENDITO Y MARIA SANTÍSIMA** : Por ser luz y guía en los momentos difíciles y parte de mis alegrías en los menos difíciles, a ellos mis amores les dedico este trabajo.
- A MIS PADRES** : **NELLY Y CARLOS**, por estar conmigo a lo largo de mi carrera apoyarme y guiar cada vez que lo necesitaba, por ser ustedes quienes me formaron **GRACIAS**.
- A MIS HERMANOS** : **JACQUELINE Y TONY**, por ser ejemplo a seguir para lograr mis sueños.
- A MIS SOBRINOS** : **ANDREA, GRACIELA, TANY, CARLITOS Y ARMANDITO**, por ser ellos mi alegría.
- A MI ABUELA Y TIOS** : Con singular cariño.
- A MIS SERES QUERIDOS QUE YA NO ESTAN CONMIGO** : Por ser parte de mi vida en momentos especiales
- A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**: Que con su alegría y entusiasmo me ayudaron y acompañaron en cada momento especial de mi vida

PATRICIA MUÑOZ GARCIA.

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a:

A Dios Todopoderoso. Por haberme dado la fuerza y paciencia para finalizar este trabajo de graduación.

Mis padres Gloria de Vaquero y Flavio Vaquero, por su cariño y apoyo incondicional durante toda mi carrera

A mis hermanos Luis y Flavio Vaquero. Por estar conmigo y apoyarme durante la ejecución de este trabajo.

A mis Sobrinos Luisito y Maria Fernanda. Que llenaron de alegría mi vida en los momentos de más tensión.

Mis Tíos. En general por brindarme su atención y estar siempre pendientes de mi durante toda mi carrera.

Mis Primos. Por permitirme compartir con ellos momentos de mucha alegría a lo largo de toda mi carrera.

Alejandra. Por su cariño, apoyo y comprensión a lo largo de este trabajo de graduación.

NELSON M. VAQUERO ANDRADE

DEDICATORIA.

A MI MADRE: Guadalupe Vásquez Flamenco, por ser mi guía y mi apoyo le dedico este logro y todos los de mi vida.

A MI HERMANA MAYOR: Vinny Cristina Guadalupe Urrutia Vásquez, por haberme corregido por muchos años y tener una gran tolerancia.

A MI HERMANO MAYOR: Fabricio Alexavier Urrutia Vásquez, el que me ha apoyado en las buenas, en las malas y en las muy malas gracias por todo.

A MI HERMANA MENOR: Elaidee Laura Elizabeth Urrutia Vásquez, que para dar ánimos es ejemplar, al igual de su optimismo, que fueron luz al final del túnel, muchas gracias.

A MI SOBRINA: Sara Ivette Romero Urrutia, le dedico este logro para que se sirva y este se le multiplique en el futuro.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Que solo discutiendo las ideas y llegar a un acuerdo común es donde se pone a prueba muchas cosas que son realmente importante.

A MIS AMIGOS: A todos mis amigos que han estado o no conmigo pero siento ese afecto de desearme el bien y la prosperidad, porque yo les deseo lo mismo a ustedes, eso y mucho mas.

A LA HUMANIDAD: Espero poder cooperar aun mas para el beneficio de todos, y que este logro sea una herramienta para contribuir al bienestar y al desarrollo. El fin ultimo es la vida en toda su expresión.

CARLO LISANDRO JAVIER URRUTIA VASQUEZ

RESUMEN

La aplicación de la producción más limpia es hacer uso de tecnología apropiada de manera que las empresas tengan la capacidad de acceder a ella y puedan así disminuir sus niveles de contaminación y aumentar sus rentabilidades mediante procesos más eficiente y a la vez más amigables con el ambiente.

Es de esta gran necesidad, disminuir la contaminación generada por esta industria sin afectar la rentabilidad de las empresas, de donde parte la introducción del concepto de producción más limpia.

El presente trabajo, “**Aplicaciones de tecnologías de producción más limpia para la pequeña y mediana industria en el sector de curtiembre**“, pretende generar opciones que se acoplen a la realidad de la industria en estudio, para lo cual se utilizó la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) con el apoyo técnico del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, en la que se contempla un estudio inicial cualitativo(diagnóstico inicial) el que se realizó con una herramienta informática conocida como ECO-INSPECTOR que fue utilizada para identificar las áreas u operaciones con potenciales de mejora desde el punto de vista de la producción más limpia; luego realizó el estudio de factibilidad y viabilidad para cada una de las opciones generadas, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos, ambientales y organizacionales.

Se realizó un estudio de casos con dos empresas del sector a las cuales se les aplicó la metodología de implementación de producción más limpia, para cada empresa en estudio, (empresa A y empresa B) específicamente a la pequeña y mediana empresa, se generaron 15 opciones las cuales luego del análisis se definieron 8 opciones por empresa a las que se les aplicó el estudio de factibilidad y viabilidad técnica, económica y ambiental.

La aplicación de las opciones de producción más limpia generadas en el estudio permitirá a las empresas A y B obtener beneficios económicos totales de \$12,582.67 la cual es traducida en función del ahorro de químicos que son necesarios para el procesamiento y curtición de las pieles, así como también importantes ahorros en el consumo de agua, la inversión total del estudio para ambas empresas es de aproximadamente \$9215.49, en concepto de implementación de todas y cada una de las opciones generadas, recuperando la inversión en 1.36 años.

Se elaboró además un manual de aplicación en producción más limpia para el sector de curtiembre de pieles el cual contiene un listado de opciones en las que se presentan beneficios económicos y ambientales potenciales anuales que las empresas obtendrían al ser estas implementadas.

INDICE

| | | |
|--------------|---|------|
| Introducción | | xxii |
| Capítulo | | |
| I | Generalidades del proyecto | 1 |
| 1.0 | Antecedentes generales del sector de la industria de curtiembre de pieles en El Salvador. | 1 |
| 1.1 | Importaciones y exportaciones del sector curtiembre al nivel mundial. | 4 |
| 1.2 | Panorama general de la industria del cuero y los desechos generados. | 6 |
| 1.3 | Principales materias primas de la industria de curtiembre. | 10 |
| 1.3.1 | Características de la piel. | 10 |
| 1.3.2 | Métodos de conservación de la piel. | 13 |
| 1.3.3 | Otras materias primas. | 13 |
| 1.4 | Descripción general del proceso productivo. | 14 |
| 1.4.1 | Operación de ribera. | 14 |
| 1.4.2 | Operación de curtido. | 16 |
| 1.4.3 | Operación de acabado. | 20 |
| II | Descripción teórica de los principales desechos generados en la industria de curtiembre de pieles en El Salvador. | 26 |
| 2.0 | Generación de residuos y sus características. | 26 |
| 2.1 | Operación de ribera. | 26 |
| 2.2 | Operación de curtido. | 26 |
| 2.3 | Efluentes líquidos. | 28 |
| 2.3.1 | Impacto al ambiente de los efluentes generados en la industria de curtiembre. | 30 |
| 2.4 | Residuos sólidos. | 31 |
| 2.4.1 | Impacto ambiental de los residuos sólidos generados en la industria de curtiembre. | 31 |
| 2.5 | Emisiones gaseosas. | 33 |
| 2.5.1 | Impacto al ambiente debido a las emisiones generadas en la industria de curtiembre. | 33 |
| 2.6 | Sistemas de tratamiento de efluentes para la industria de curtiembre de pieles. | 34 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.6.1 | Tratamiento de efluentes líquidos. | 34 |
| 2.6.2 | Tratamiento primario. | 36 |
| 2.6.3 | Tratamiento secundario. | 37 |
| 2.6.4 | Tratamiento en línea de fangos. | 39 |
| 2.6.5 | Comparación de los tratamientos biológicos y químicos. | 39 |
| 2.7 | Descripción general del diseño óptimo de un sistema de tratamiento para los efluentes líquidos del proceso de curtiembre de pieles. | 40 |
| 2.8 | Tratamiento de residuos sólidos generados en la industria de curtiembres. | 41 |
| III | Teoría general sobre producción más limpia. | 45 |
| 3.0 | Introducción a la producción más limpia. | 45 |
| 3.1 | Principios de la producción más limpia. | 45 |
| 3.2 | Otras definiciones de producción más limpia. | 49 |
| 3.3 | Factores o elementos para alcanzar producción más limpia. | 50 |
| 3.3.1 | Mejoramiento de la gestión de producción. | 50 |
| 3.3.2 | Modificaciones en los procesos productivos. | 52 |
| IV | Planificación de la investigación de campo para el sector curtiembre de El Salvador. | 53 |
| 4.0 | Qué es un estudio preliminar de producción más limpia. | 53 |
| 4.1 | Componentes principales del estudio preliminar. | 53 |
| 4.2 | Metodología utilizada para la realización del estudio preliminar al sector de curtiembre de pieles. | 54 |
| 4.2.1 | Proceso de evaluación. | 54 |
| 4.2.2 | Análisis de los procesos de acuerdo al criterio y clasificación de los potenciales. | 55 |
| 4.2.3 | Evaluación del nivel de optimización de los actuales procesos (definición del ponderado). | 56 |
| 4.2.4 | Cálculos y comparaciones de los potenciales de producción más limpia en los procesos de producción. | 56 |
| 4.3 | Metodología para la realización de una evaluación en planta en el sector curtiembre de pieles. | 58 |
| 4.3.1 | Qué es una evaluación en planta en producción más limpia. | 58 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.3.1.1 | Producción actual. | 58 |
| 4.3.1.2 | Principales entradas. | 58 |
| 4.3.1.3 | Derechos y emisiones. | 59 |
| 4.3.1.4 | Balance de materia y energía. | 59 |
| 4.3.1.5 | Caracterización de los flujos de desecho. | 60 |
| 4.3.1.6 | Identificación de opciones de producción más limpia. | 61 |
| 4.3.1.7 | Evaluación preliminar de las operaciones de producción más limpia. | 62 |
| 4.3.1.8 | Estudio de factibilidad y viabilidad de cada una de las opciones de producción más limpia. | 63 |
| 4.3.1.9 | Resumen de opciones de producción más limpia. | 66 |
| 4.3.1.10 | Conclusiones y recomendaciones de la evaluación en planta. | 67 |
| V | Análisis y resultados de la investigación de campo. | 68 |
| 5.0 | Evaluación preliminar en producción más limpia de las empresas prototipo del sector de curtiembre. | 68 |
| 5.1 | Componentes de la evaluación preliminar de la empresa. | 69 |
| 5.1.1 | Proceso de producción de la empresa A. | 71 |
| 5.1.2 | Resultados de la evaluación preliminar de la empresa A. | 74 |
| 5.1.3 | Selección de procesos para evaluación en planta en la empresa A. | 76 |
| 5.1.4 | Observaciones para la empresa A. | 76 |
| 5.1.5 | Conclusiones para la empresa A. | 77 |
| 5.1.6 | Recomendaciones para la empresa A. | 78 |
| 5.2 | Evaluación en planta en producción más limpia de las empresas prototipo del sector de curtiembre (empresa A). | 79 |
| 5.2.1 | Producción actual de a empresa A. | 79 |
| 5.2.2 | Principales entradas. | 79 |
| 5.2.3 | Desechos y emisiones. | 81 |
| 5.2.3.1 | Vertidos líquidos. | 81 |
| 5.2.3.2 | Desechos sólidos. | 82 |
| 5.2.3.3 | Emisiones gaseosas. | 82 |
| 5.2.4 | Balance de materia y energía. | 83 |
| 5.2.5 | Caracterización de los flujos de desecho. | 110 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.2.6 | Identificación de opciones de producción más limpia para la empresa A | 112 |
| 5.2.7 | Estudio de factibilidad y viabilidad de las opciones de producción más limpia para la empresa A. | 120 |
| 5.2.8 | Resumen de opciones de producción más limpia para la empresa A. | 145 |
| 5.2.9 | Observaciones de la evaluación en planta en producción más limpia para la empresa A. | 148 |
| 5.2.10 | Conclusiones de la evaluación en planta en producción más limpia para la empresa A. | 148 |
| 5.3 | Componentes de la evaluación preliminar de la empresa B. | 151 |
| 5.3.1 | Proceso de producción de la empresa B. | 153 |
| 5.3.2 | Resultados de la evaluación preliminar de la empresa B. | 156 |
| 5.3.3 | Selección de procesos para evaluación en planta de la empresa B. | 158 |
| 5.3.4 | Observaciones para la empresa B. | 159 |
| 5.3.5 | Conclusiones para la empresa B. | 160 |
| 5.3.6 | Recomendaciones para la empresa B. | 161 |
| 5.4 | Evaluación en planta en producción más limpia de las empresas prototipo del sector de curtiembre (empresa B). | 162 |
| 5.4.1 | Producción actual. | 162 |
| 5.4.2 | Principales entradas. | 163 |
| 5.4.3 | Desechos y emisiones. | 165 |
| 5.4.3.1 | Vertidos líquidos. | 165 |
| 5.4.3.2 | Desechos sólidos. | 165 |
| 5.4.3.3 | Emisiones gaseosas. | 166 |
| 5.4.4 | Balance de materia y energía. | 166 |
| 5.4.5 | Caracterización de los flujos de desecho. | 211 |
| 5.4.6 | Identificación de opciones de producción más limpia. | 213 |
| 5.4.7 | Estudio de factibilidad y viabilidad de las opciones de producción más limpia. | 221 |
| 5.4.8 | Resumen de Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa B. | 252 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.4.9 | Observaciones de la evaluación en planta en producción más limpia para la empresa “B”. | 255 |
| 5.4.10 | Conclusiones de las opciones de producción más limpia para la empresa “B”. | 255 |
| 5.5 | Análisis comparativo de las empresa A y B. | 259 |
| 5.5.1 | Comparaciones de los procesos de producción de pieles entre empresa A y B. | 259 |
| 5.5.2 | Análisis comparativo entre las opciones de producción más limpia de reciclaje de licor de cromo y tecnología de alto agotamiento para la operación de curtición al cromo. | 268 |
| | Observaciones. | 274 |
| | Conclusiones. | 275 |
| | Recomendaciones. | 277 |
| | Referencia bibliográfica. | 278 |
| | Referencia en Internet. | 280 |

INDICE DE FIGURAS.

| | | Pág. |
|------------|---|------|
| Figura 1.1 | Diagrama de Flujo de la generación de residuos por el Proceso Productivo en una Curtiembre. | 8 |
| Figura 1.2 | Esquema de zonas de una piel fresca. | 11 |
| Figura 1.3 | Capas de la Dermis o Curium. | 12 |
| Figura 2.1 | Línea de depuración de aguas residuales. | 38 |
| Figura 2.2 | Tratamiento de aguas de una Fábrica de Curtidos. | 42 |
| Figura 2.3 | Diagrama de proceso para la Generación de Biogás. | 44 |
| Figura 3.1 | Estrategias que provocan cambios positivos orientados a la Producción más Limpia tomada de los Principios de Gaspar Pulido. | 48 |
| Figura 4.1 | Ejemplo de la Matriz del Potencial en Producción más Limpia. | 57 |
| Figura 5.1 | Diagrama de Flujo del Proceso de Ribera de la Empresa A. | 72 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 5.2 | Diagrama de Flujo del Proceso de Curtido de la Empresa A. | 73 |
| Figura 5.3 | Diagrama de Flujo del Proceso de Acabado de la Empresa A. | 74 |
| Figura 5.4 | Matriz de Potenciales de P+L generado a partir de los datos de la Empresa A. | 75 |
| Figura 5.5 | Curva de Absorción de Oxido de Cromo Cr_2O_3 en función de la Temperatura y pH. | 134 |
| Figura 5.6 | Diagrama de Flujo del Proceso de Ribera de la Empresa B. | 154 |
| Figura 5.7 | Diagrama de Flujo del Proceso de Curtido de la Empresa B. | 155 |
| Figura 5.8 | Diagrama de Flujo del Proceso de Acabado de la Empresa B. | 156 |
| Figura 5.9 | Matriz de Potenciales de P+L generada a partir de los datos de la Empresa B. | 157 |
| Figura 5.10 | Secador de Marcos. | 182 |
| Figura 5.11 | Sistema de Calentamiento de agua para la Operación de Teñido. | 185 |
| Figura 5.12 | Diagrama de Variación de Temperatura versus Tiempo en la coraza del Calentador. | 187 |
| Figura 5.13 | Fenómeno de transporte calor por conducción en la coraza con aislante. | 193 |
| Figura 5.14 | No convección en etapa inicial de funcionamiento. | 199 |
| Figura 5.15 | Convección después de una hora de funcionamiento. | 199 |
| Figura 5.16 | Grafico del comportamiento Potencial del Calentador | 207 |
| Figura 5.17 | Curva de Absorción de Oxido de Cromo Cr_2O_3 en función de la Temperatura y pH. | 250 |
| Figura 5.18 | Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida de la Empresa A. | 261 |
| Figura 5.19 | Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida de la Empresa B. | 262 |
| Figura 5.20 | Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida por piel procesada mensualmente de la empresa A. | 263 |
| Figura 5.21 | Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida por piel procesada mensualmente de la empresa B. | 264 |

Figura 5.22 Comparación de las corrientes de flujo de entrada y salida de las empresas A y B. 265

Figura 5.23 Comparación de Índices de Flujos de Entrada y Salida para las Empresas A y B. 267

INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1.1 Clasificación general de tenerías en El Salvador. | 3 |
| Cuadro 1.2 Resumen de parámetros fisicoquímicos obtenidos en el sector de curtiembre de pieles de El Salvador. | 7 |
| Cuadro 1.3 Composición química de la piel. | 12 |
| Cuadro 1.4 Rango de cantidades de materia prima utilizada en cada etapa del procesamiento de pieles. | 22 |
| Cuadro 2.1 Desechos generados y alternativas de manejo en la operación de ribera. | 27 |
| Cuadro 2.2 Desechos generados y alternativas de manejo en la operación de curtido. | 28 |
| Cuadro 2.3 Características fisicoquímicas de los efluentes del sector curtiembre en la operación de curtido. | 29 |
| Cuadro 2.4 Residuos líquidos del proceso de curtiembre de pieles. | 31 |
| Cuadro 2.5 Residuos sólidos y químicos utilizados en el proceso de curtiembre de pieles. | 32 |
| Cuadro 2.6a Poder calorífico inferiores (PCI) de los tipos de residuos de tenería de Bovino. | 43 |
| Cuadro 2.6b Poder calorífico inferiores (PCI) de los tipos de residuos de tenería de Ovino. | 43 |
| Cuadro 4.1 Puntos potenciales – evaluación del nivel potencial de cada criterio. | 55 |
| Cuadro 4.2 Escala para estimación de los niveles de optimización de los actuales procesos. | 56 |
| Cuadro 4.3 Hoja de balance de materia. | 60 |
| Cuadro 4.4 Caracterización de los flujos de desecho. | 60 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Cuadro 4.5 | Hoja de monitoreo e identificación de opciones. | 62 |
| Cuadro 4.6 | Hoja de trabajo para la evaluación preliminar de las opciones de producción más limpia. | 63 |
| Cuadro 4.7 | Identificación de opciones de acuerdo a la prioridad de implementación. | 63 |
| Cuadro 4.8 | Resumen de opciones de producción más limpia generadas. | 66 |
| Cuadro 5.1 | Ficha de la evaluación preliminar en la empresa “A”. | 70 |
| Cuadro 5.2 | Procesamiento de pieles de cerdo en crudo. | 79 |
| Cuadro 5.3 | Resumen de las materias primas principales de la empresa “A”. | 80 |
| Cuadro 5.4 | Resumen de los principales insumos con los que cuenta la empresa “A”. | 80 |
| Cuadro 5.5 | Principales vertidos líquidos generados en el empresa A para un Bach de 150 pieles en proceso. | 81 |
| Cuadro 5.6 | Principales desechos sólidos generados en la empresa A para un Batch de 150 pieles en proceso. | 82 |
| Cuadro 5.7 | Emisiones gaseosas basándose en un batch de producción (150 pieles). | 83 |
| Cuadro 5.8 | Hoja de balance de materia para la operación de recepción de materia prima de la empresa A. | 105 |
| Cuadro 5.9 | Hoja de balance de materia para la operación de remojo y enjuague para la empresa A. | 105 |
| Cuadro 5.10 | Hoja de balance de materia para la operación de desmantecado de la empresa A. | 106 |
| Cuadro 5.11 | Hoja de balance de materia para la operación de pelambre y encalado para la empresa A. | 106 |
| Cuadro 5.12 | Hoja de balance de materia para la operación de desencalado para la empresa A. | 107 |
| Cuadro 5.13 | Hoja de balance de materia para la operación de piquelado para la empresa A. | 107 |
| Cuadro 5.14 | Hoja de balance de materia ara la operación de precurtido para la empresa A. | 108 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Cuadro 5.15 | Hoja de balance de materia para la operación de rebajado para la empresa A. | 108 |
| Cuadro 5.16 | Hoja de balance de materia para la operación de recurtido y enjuague para la empresa A. | 109 |
| Cuadro 5.17 | Hoja de balance de materia para la operación de engrase para la empresa A. | 109 |
| Cuadro 5.18 | Hoja de balance de materia para la operación de desorillado y ablandado para la empresa A. | 110 |
| Cuadro 5.19 | Características generales de los flujos de desecho de la empresa A. | 111 |
| Cuadro 5.20 | Síntesis: identificación y evaluación de opciones de producción más limpia para la empresa A. | 113 |
| Cuadro 5.21 | Evaluación preliminar de las opciones de producción más limpia para la empresa A. | 115 |
| Cuadro 5.22 | Resumen de las opciones de producción más limpia generadas a partir de la investigación de campo realizada a la empresa A. | 146 |
| Cuadro 5.23 | Ficha de la evaluación preliminar de la empresa B. | 152 |
| Cuadro 5.24 | Datos proporcionados por Don Pedro Polanco propietario de la empresa B. | 163 |
| Cuadro 5.25 | Resumen de las materias primas principales de la empresa B. | 164 |
| Cuadro 5.26 | Resumen de los principales insumos con los que cuenta la empresa B | 164 |
| Cuadro 5.27 | Principales vertidos líquidos generados en la empresa B. | 165 |
| Cuadro 5.28 | Principales vertidos sólidos generados en la empresa B. | 165 |
| Cuadro 5.29 | Principales emisiones gaseosas en la empresa B. | 166 |
| Cuadro 5.30 | Variación de temperatura vrs tiempo en la coraza del calentador. | 186 |
| Cuadro 5.31 | Hoja de balance de materia para la operación de remojo y enjuague de la empresa B | 208 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Cuadro 5.32 | Hoja de balance de materia para la operación de pelambre de la empresa B. | 208 |
| Cuadro 5.33 | Hoja de balance de materia para la operación de desencalado de la empresa B. | 209 |
| Cuadro 5.34 | Hoja de balance de materia para la operación de piquelado de la empresa B. | 209 |
| Cuadro 5.35 | Hoja de balance de materia para la operación de curtido de la empresa B. | 209 |
| Cuadro 5.36 | Hoja de balance de materia para la operación de escurrido de la empresa B. | 210 |
| Cuadro 5.37 | Hoja de balance de materia para la operación de desencalado de la empresa B. | 210 |
| Cuadro 5.38 | Hoja de balance de materia para la operación de piquelado de la empresa B. | 210 |
| Cuadro 5.39 | Hoja de balance de materia para la operación de recurtido y engrase de la empresa B. | 211 |
| Cuadro 5.40 | Caracterización de los flujos de Desecho. . | 212 |
| Cuadro 5.41 | Síntesis: Identificación y Evaluación de Opciones de Producción Más Limpia de la Empresa B. | 214 |
| Cuadro 5.42 | Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia. | 216 |
| Cuadro 5.43 | Materiales para la construcción de un sistema recuperación de la sal en el proceso de recepción. | 223 |
| Cuadro 5.44 | Cuantificación de pérdidas por fugas de agua por etapas de proceso (para una partida). | 237 |
| Cuadro 5.45 | Resumen de las Opciones de Producción de Producción Mas Limpia Generada a partir de la Investigación de Campo Realizada a la Empresa B. | 253 |
| Cuadro 5.46 | Materia Prima y Desechos de cada una de las Empresas en un mes de Trabajo. | 259 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Cuadro 5.47 | Materia Prima y Desechos por cada Piel procesada en la Empresa A y B. | 259 |
| Cuadro 5.48 | Parámetros de Comparación de la Empresa A para las opciones de Reciclaje y Agotamiento. | 270 |
| Cuadro 5.49 | Parámetros de Comparación de la Empresa B para las opciones de Reciclaje y Agotamiento. | 272 |

INDICE DE ANEXOS

| N° | | Pág. |
|---------|--|------|
| Anexo 1 | Terminología técnica del proceso de curtiembre de pieles. | 282 |
| Anexo 2 | Estadísticas de Importaciones y exportaciones de diferentes tipos de pieles y cueros a nivel mundial. | 287 |
| Anexo 3 | Lista de verificación y recolección de información para un estudio preliminar. | 294 |
| Anexo 4 | Hojas de software informático eco-inspector para la evaluación preliminar en producción más limpia de la empresa "A". | 307 |
| Anexo 5 | Hojas de software informático eco-inspector para la evaluación preliminar en producción más limpia de la empresa "B". | 317 |
| Anexo 6 | Manual de aplicación de tecnologías de producción / Más Limpia para la pequeña y mediana industria de curtiembre en El Salvador. | 326 |

INTRODUCCION

El proceso de formación del cuero a partir de la piel animal es una industria que se ha desarrollado con poco o nulo conocimiento técnico en el sector de la pequeña y mediana empresa, tomando en cuenta que los procesos conllevan a grandes volúmenes de agua y diversidad de contaminantes químicos.

En la actualidad el sector de curtiembre de pieles es uno de los que mayor impacto ambiental genera a los ecosistemas, debido principalmente a la excesiva cantidad de químicos que se emplean para el procesamiento de las pieles en la obtención del cuero como producto terminado, químicos que se convierten en vertidos líquidos, o emisiones gaseosas, y que en la mayoría de empresas curtidoras en El Salvador son descargados hacia los ríos a alcantarillas o hacia la atmósfera sin ningún tipo de tratamiento, descargas que son altamente tóxicas y que provocan daños a la salud de los trabajadores de estas empresas, es así como surge la iniciativa de implementar sistemas de producción más limpia enfocados a la pequeña y mediana industria, sistemas que proporcionen alternativas de solución mediante la generación de opciones de producción más limpia y que permitan el uso eficiente de insumos y recursos que sean menos dañinos al medio ambiente y que a la vez mejoren la rentabilidad de sus procesos productivos para obtener un producto de mayor valor agregado.

En El Salvador existen instituciones como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la Asociación de Teneros de El Salvador (ATES), el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML), que buscan en conjunto con las empresas, disminuir los efluentes contaminantes de esta industria, además de contar con el apoyo organizaciones internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industria (ONUDI), El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), La Cooperación Técnica Alemana (GTZ) la cual Cuenta con el Programa de Fomento para la Gestión y Producción Más Limpia para la Pequeña y Mediana Industria (FOGAPEMI) y el proyecto de Gestión Ambiental para la Pequeña y Mediana Industria de Centroamérica (GESTA), instituciones que cuentan con programas de producción más limpia para apoyar a las PyMES.

CAPITULO I.

GENERALIDADES DEL PROYECTO.

1.0 ANTECEDENTES GENERALES DEL SECTOR DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE DE PIELES EN EL SALVADOR.

Las tenerías o curtiembres son las fábricas que poseen capacidad de convertir las pieles frescas de ganado vacuno, porcino y otros animales de sangre caliente y ciertos reptiles como culebras, iguanas o garrobos, en un producto terminado conocido como *cuero*. El cuero es considerado un producto de mucha utilidad comercial debido a que es la materia prima para la elaboración de calzado, carteras, cinchos y otros artículos de uso del ser humano.

La industria de curtiembre, es una industria húmeda y como toda industria de este tipo utiliza grandes cantidades de agua en su proceso y productos químicos (ver cuadro 1.4), una vez utilizada esta agua es vertida como agua de desecho, generalmente sin recibir ningún tipo de tratamiento para la reducción de los contaminantes que dicha agua pueda contener, por lo que se incrementa la contaminación y el efecto destructivo a lo largo de los ríos o quebradas donde es vertida.

Según la Agencia de los Estados Unidos de Norteamérica para el Medio Ambiente (EPA por sus siglas en ingles Enviromental Protection Agency) (1986) el promedio para dicho sector en consumo de agua es aproximadamente 50 m³ de agua / tonelada de piel tratada. Los consumos de de agua varían según el tipo de piel a tratar y el proceso aplicado por la empresa. Entre las cantidades utilizadas de agua en dicha industria se tienen las siguientes cantidades **(EPA, 1986)**.

Piel Vacuna 50 – 90 litros / kg de piel , Piel Lanar 100 – 300 litros / kg de piel

Se puede generalizar diciendo que existen tres grandes corrientes de consumo de agua en el sector de curtiembre, las cuales se mencionan a continuación:

1. Procedente de las operaciones de remojo, pelambre y encalado, desencalado, piquelado y desengrase.
2. Procedentes de las operación de curtición
3. Procedentes de los trabajos de tintura y engrase.

El principal consumo de agua se realiza en las primeras operaciones de Ribera con un rango del (50-75%), seguido por la operación de curtido con un 20-25% y por ultimo las operaciones de tintura y engrase con un 15-20%.**(SERRANO, 1998)**.

En la actualidad el sector tenero o Industria de Curtiembre de Pieles en El Salvador cuenta con 12 empresas de las cuales 10 se encuentran registradas en el Centro Nacional de Producción más Limpia de El Salvador, de éstas un total de 7 empresas son consideradas como pequeñas, tres como mediana y dos como grandes empresa (cuadro N°1.1).

De acuerdo a la capacidad instalada de cada tenería en particular, se sabe que el monto de producción total, supera al monto de pieles arrojadas por el destace de reses en los rastros nacionales, lo que indica que, la cantidad de reses destazadas no satisface las necesidades industriales, por lo que algunas tenerías importan pieles frescas procedentes de Estados Unidos, Guatemala y México, **(CASTILLO, MENA, 1993)**, aumentando así las descargas líquidas provenientes del procesamiento de pieles nacionales, principalmente las que se dan en las operaciones de piquelado, curtido y tintura de engrase además de desechos sólidos por la generación de residuos de cuero (Viruta) las cuales no tienen ningún tipo de tratamiento, en la actualidad existe una empresa la cual se encarga de reutilizar dichos residuos solidos para la generación de cuero regenerado para la producción de suelas de zapatos.**(GESTA, 2004)**.

En el cuadro N°1.1 se clasifican para El Salvador cada una de las empresas curtientes de pieles de acuerdo a su ubicación, Volumen de producción (mensual) y Número de Empleados

Cuadro 1.1: Clasificación General de Tenerías en El Salvador

| Nombre de la empresa | Ubicación | Volumen de producción promedio (Mensual) | Origen de Materia Prima | Tipo de Producto | Numero de empleados |
|-----------------------------|--|---|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Tenería Búfalo | Santa Ana, Departamento de Santa Ana | 3800 pieles/mes | Nacional e Importado | Piel de res | 60 |
| Tenería Jardines | Barrio El Calvario, Usulután. | 1200 pieles/mes | Nacional | Piel de res | 7 |
| Tenería Libertad | Zapotitán, Departamento de la libertad | 1500 pieles/mes | Nacional e Importada | Piel de res | 25 |
| Tenería Rosario | Usulután, Departamento de Usulután | 200 pieles/mes | Nacional | Piel Cerdo | 10 |
| Tenería NOES | Col. Lamatepec, Santa Ana. | 250 pieles/mes | Nacional | Piel de res | 7 |
| Tenería Alonso | San jacinto, Barrio la vega, San Salvador | 500 pieles/mes | Nacional | Piel de res | 8 |
| Tenería Milagro | San jacinto, Barrio la vega, San Salvador | 150 pieles/mes | Nacional | Piel de res | 6 |
| Tenería Dipolsa | Col. La Esperanza, Santa Ana. | 470 pieles/mes | Nacional | Piel de res y de cerdo | 15 |
| Tenería San Francisco | Lotificación San Carlos El Molino, Santa Ana. | 380 pieles/mes | Nacional | Piel de res | 6 |
| Tenería La Sirenita | Cantón Natividad, Calle a Tacachico, Santa Ana | 1800 pieles/mes | Nacional e Importada | Piel de res | 31 |
| Tenería ADOC | Ateo, La Libertad | 25,000 pieles/mes | Nacional e Importada | Piel de res | 200 |
| Tenería San Miguel | Col. Santa Isabel Santa Ana | 5000 pieles/mes | Nacional e Importada | Piel de res | 110 |

FUENTE: (CNPML, 2003).

1.1 IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DEL SECTOR CURTIEMBRE A NIVEL MUNDIAL

El panorama del sector curtiembre al nivel mundial no es muy desarrollado, encontrándose la participación de algunos países (Honduras, Guatemala, El Salvador, EEUU, China, Taiwán, Costa Rica, Ecuador, Brasil, Italia, México, Hon Kong, Grecia, Colombia, España, Malasia, Túnez, Panamá, entre otros). El Salvador tiene participación tanto en las importaciones como en las exportaciones, destacándose que las exportaciones de cuero bovino frescos o salados (pieles enteras) y Exportaciones de cuero semicurtido vegetal y mineral al cromo húmedo (Wet Blue) encontrando una gran representatividad en el sector para este ultimo rubro de exportación siendo su valor mas alto en 1998; Así como además se encuentran exportaciones nacionales de cuero terminado. En las importaciones El Salvador no ha encontrado representatividad en todos los rubros de importación, destacándose los rubros de importación de cuero terminado (teniendo poca representatividad solo en el año de 2001) y la importación de cuero regenerado (teniendo representatividad de 1998 a 2002, siendo la mas alta en el 1998). En el Anexo N°1 se presentan algunos indicadores relacionados principalmente a las exportaciones e importaciones de diferentes tipos de cueros a nivel mundial, el procesamiento de estos y su posterior comercialización.

Según el cuadro A-N.1 del anexo 1 se puede observar el comportamiento de las exportaciones de cuero de bovino frescos o salados (pieles enteras) para el caso de El Salvador este no realiza exportaciones para 1998 sin embargo para años posteriores hay un aumento de exportaciones de pieles oscilando entre 15 y 20 kilogramos de cuero de bovino para los años de 1999 a 2001 para luego tender a la baja llegando a un valor de 8.8 kilogramos de cuero de bovino para el 2002 un descenso de aproximadamente la mitad de su valor máximo de 19.3 kilogramos de cuero de bovino. Como puede apreciarse en el Figura A-N.1, esta variación no es un caso aislado en el contexto internacional de las exportaciones de cuero de bovino frescos o salados, sino que todos los países exportadores presentan esta tendencia poco regular.

En cuanto a las exportaciones de cuero semi-curtido y vegetal al cromo húmedo (wet blue) las cuales se encuentran descritas en el cuadro A-N.2, del Anexo 1 en el caso de El Salvador presenta un decrecimiento casi exponencial teniendo para 1998 un valor de 1453.1 de kilogramos de cuero semi-curtido, y para el año de 2000 se tuvo una caída de exportaciones hasta un valor de 579.8 kilogramos de cuero semi-curtido, y para los años posteriores no se reportan exportaciones. Según la Figura A-N.2 el comportamiento no es similar a los otros países exportadores pidiéndose observar pequeñas variaciones para Guatemala que termina con un leve decrecimiento al igual que Honduras, Es importante ver que para 1998 El Salvador fue el principal exportador de cuero semi-curtido, modificándose sustancialmente el escenario para el 2002, ya que Italia se coloca en la primera posición de exportaciones de cuero semi-curtido, Guatemala y Honduras se mantienen en segunda posición en exportaciones de cuero semi-curtido.

El cuadro A-N.3 presenta las Exportaciones de Cuero Terminado para El Salvador el cual muestra una tendencia mas o menos constante para el 2001 y 2002 teniendo su máximo valor 1998 de 18.3 kilogramos de cuero terminado, ocupando con estos datos el segundo lugar en exportaciones de cuero terminado para 1998 y 2000 siendo el primer lugar para esos años Honduras el cual para los años posteriores decaen sus exportaciones a cero como puede apreciarse en la figura A-N.3.

Para las Importaciones de Cuero Terminado las cuales se describen en el Cuadro A-N.4, del Anexo 1 se puede observar que El Salvador solo tiene representación para el año 2001 ocupando un valor medio en comparación a los demás países importadores, los que tienen mayores volúmenes de importaciones son México y Costa Rica teniendo estos un comportamiento regular de 1998 a 2002. En la figura A-N.4 se observa los comportamientos irregulares que corresponden a Panamá, El Salvador y Guatemala que solo importaron para un año.

En el cuadro A-N.5, del Anexo 1 se hayan representados se puede determinar que El Salvador presenta 12.1 kilogramos de cuero regenerado para 1998, luego tiene un decrecimiento mas o menos exponencial hasta llegar a 2.4 kilogramos de cuero regenerado,

el panorama internacional de este rubro es irregular en todos los países, notándose que el valor del cuero regenerado importado es mayor Guatemala que en El Salvador. En base de figura A-N.5 se puede observar que los demás países no han tenido una representación notoria en la importación de cuero regenerado.

1.2 PANORAMA GENERAL DE LA INDUSTRIA DEL CUERO Y LOS DESECHOS GENERADOS.

Las tenerías o curtiembres se califican como industrias húmedas y como tales descargan grandes volúmenes de aguas de desecho saturadas de residuos químicos que son vertidas a ríos o quebradas, lo que resulta en un mayor problema por sus efectos al medio ambiente, especialmente a los recursos hídricos, que cada vez son mas escasos en nuestro país, afectando tanto a la flora como a la fauna acuática debido a la falta de oxígeno necesario que se concentra en degradar materias contaminantes de dichas aguas. Otro problema que generan estos vertidos líquidos es un pH variable que puede ir desde muy ácido hasta muy básico.

Las Curtiembres hacen uso intensivo de agua, principalmente en las etapas de ribera y curtido. Además, en los procesos se utilizan importantes cantidades de reactivos químicos, destacando el uso de cloruro de sodio, sulfuro de sodio, cal*, sales de cromo y solventes de diferente naturaleza (ver cuadro 1.4).

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 (CASTILLO, MENA, 1993).

Es muy importante saber que cada una de las operaciones realizadas en la producción de cueros se utiliza una serie de químicos que producen desechos y que muchas veces son tirados a los desagües municipales o ríos y quebradas sin recibir ningún tratamiento que permita disminuir o eliminar la carga contaminante de estos efluentes.

En el cuadro 1.2 se muestran los resultados de la caracterización de las aguas de las diferentes etapas que comprenden el procesamiento de pieles, realizado en El Salvador el año 2003 por Santos C, para la Asociación de Teneros de El Salvador (ATES).

*En el lenguaje Técnico de Curtiembre al Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 se le denomina CAL.

Cuadro 1.2: Resumen de parámetros fisicoquímicos obtenidos en el sector de curtiembre de pieles de El Salvador (Fuente: Santos. C y ATES, 2003).

| Operación | pH | DBO₅ | DQO | DBO / DQO | sulfuro |
|------------------|-----------|------------------------|------------|------------------|----------------|
| Remojo | 7 – 9 | 9100 | 16900 | 0.54 | 60 |
| Pelambre | 12 | 2500 | 22500 | 0.11 | 2500 |
| Desencalado | 7 – 8 | 1625 | 8900 | 0.18 | 350 |
| Curtido | 4 | > 1000 | > 2500 | 0.4 | > 100 |
| Re-curtido | | | | | |
| Engrase-teñido | 4 | 10520 | 12675 | 0.82 | 85 |
| Promedio | 5 – 7 | 5950 | 15250 | 0.4 | 750 |

Dichos resultados fueron obtenidos a través de la Asociación de Teneros de El Salvador (ATES).

En la figura 1.1 se muestran las entradas y salidas en cada una de las operaciones que involucran el procesamiento de pieles, dando así una idea generalizada de los desechos líquidos, sólidos y emisiones gaseosas producidas en la industria de curtiembres.

En general en El Salvador país el sector curtiembre de pieles a través de la Asociación de Teneros de El Salvador ha realizado grandes esfuerzos para mejorar su proceso productivo y que esta sea más amigable con el medio ambiente, en el año 2003 dicha asociación trabajó con el Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador en la implementación de un proyecto denominado “Calendario la Empresa Eficiente” el cual tenía por objetivo primordial trabajar mes a mes en una mejor gestión ambiental de sus recursos, materias primas y mejor manejo de sus desechos.

En el presente año ATES se encuentra trabajando con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN) en un Acuerdo Voluntario en producción Más Limpia el cual tiene como objetivo primordial que todas las tenerías de dicha Asociación realicen su Diagnóstico Ambiental y Programa de Adecuación Ambiental, para posteriormente obtener su Permiso Ambiental de Funcionamiento.

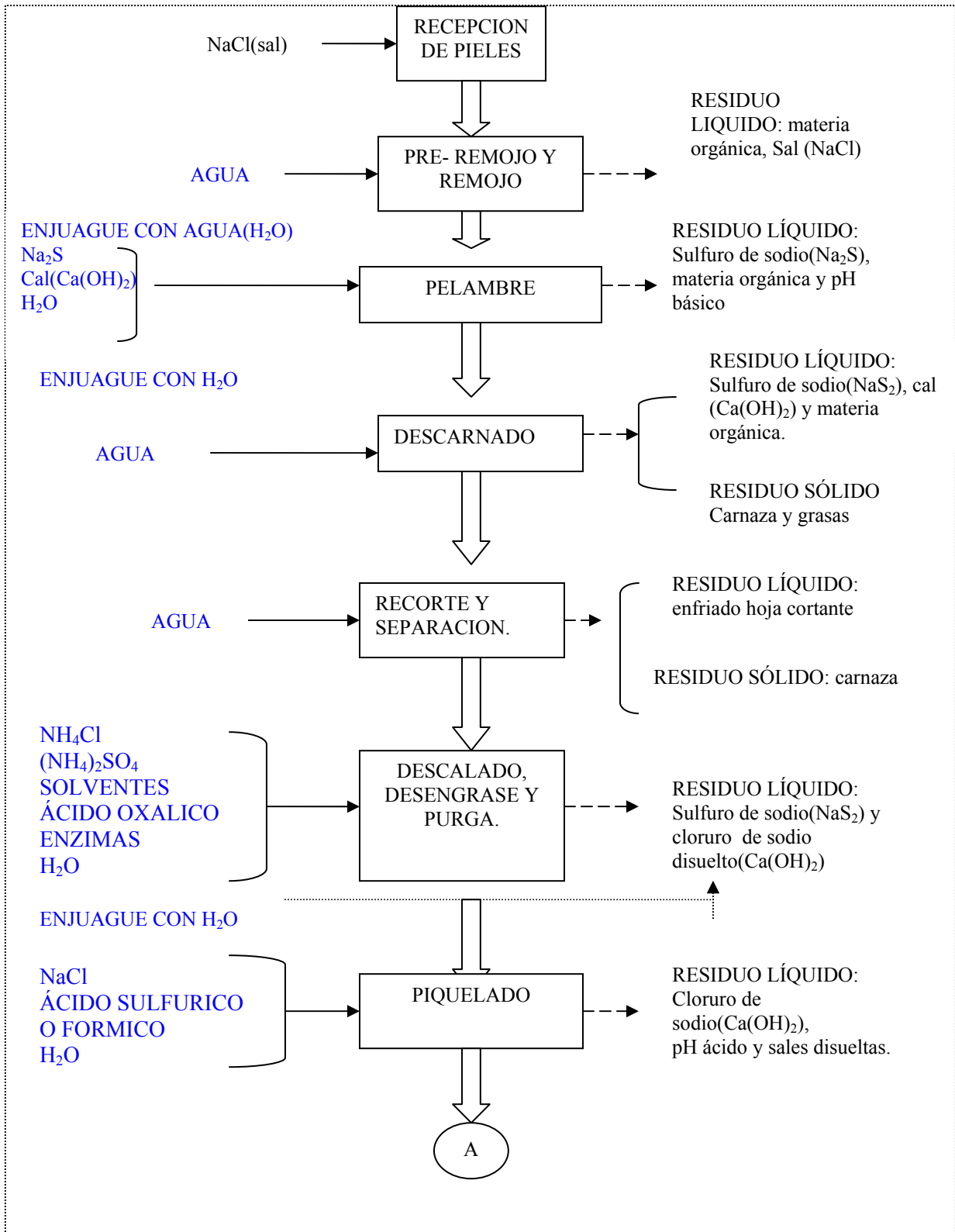


Figura 1.1: Diagrama de Flujo de la Generación de residuos por el Proceso Productivo en una Curtiembre. Fuente (CEPIS,1995).

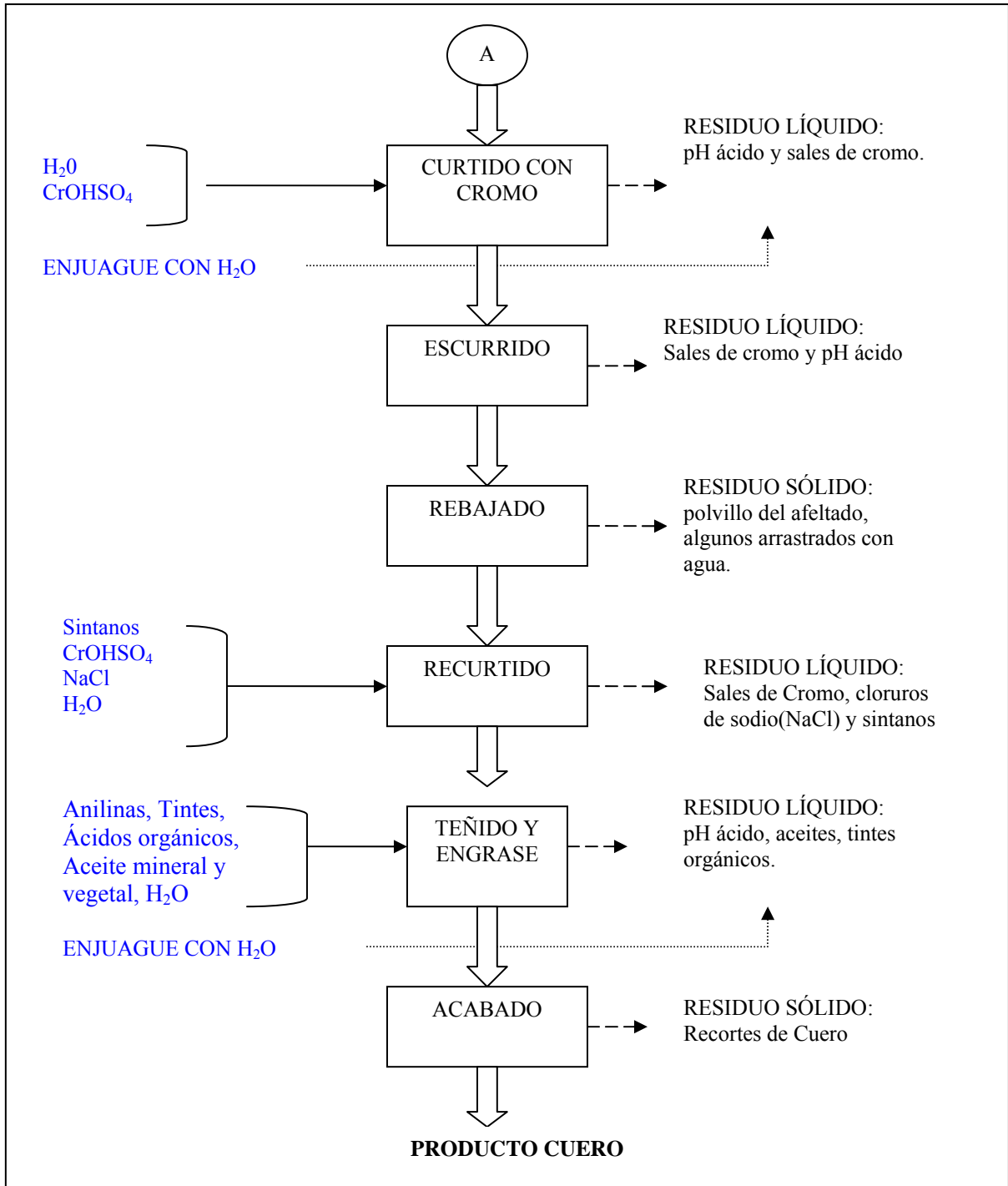


Figura 1.1: Diagrama de Flujo de la Generación de residuos por el Proceso Productivo en una Curtiembre. Fuente (CEPIS,1995).

1.3 PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE.

Para el procesamiento de curtiembre de pieles se cuenta con una gran cantidad de materias primas entre las cuales se puede mencionar:

La piel en bruto, sea ésta de tipo Bovino (piel de res) o Porcino (piel de cerdo), las cuales provienen de los diferentes rastros municipales o mataderos existentes. Considerándose ésta como la principal fuente de materia prima para el sector de curtiembre de pieles, además de las pieles el sector curtiembre para dicho procesamiento cuenta con el uso químicos los cuales son utilizados para la preparación de dichas pieles en las diferentes etapas que así lo requieran utilizando también insumos como agua, energía eléctrica los cuales son indispensables para que se lleve a cabo dicho proceso y obtener como producto final el cuero terminado o acabado el cual es materia prima necesaria para el proceso de elaboración de productos a base de cuero como zapatos, cinchos carteras entre otros **(SERRANO, 1998)**.

1.3.1 Características de la Piel.

La piel es la materia básica en el proceso de fabricación. Es una materia heterogénea que forma la envoltente externa del cuerpo de los animales y ejerce funciones de protección, regulación de la temperatura del cuerpo, eliminación de sustancias perjudiciales, almacén de sustancias grasas, albergue de los órganos sensoriales etc.

En una piel se distinguen tres zonas: El crupón, el cuello y las faldas (ver figura 1.2).

El crupón es la parte más homogénea y su peso aproximado es del 46% respecto al total de la piel fresca, la piel de cuello representa el 26% y las faldas el 28%.

El lado externo de la piel contiene el pelo del animal y una vez eliminado este se denomina lado de flor. El lado interno se llama lado de carne. Dentro de una misma especie las pieles pueden representar grandes diferencias en función de la raza, las regiones de procedencia y condiciones de vida de los animales **(SERRANO,1998)**.

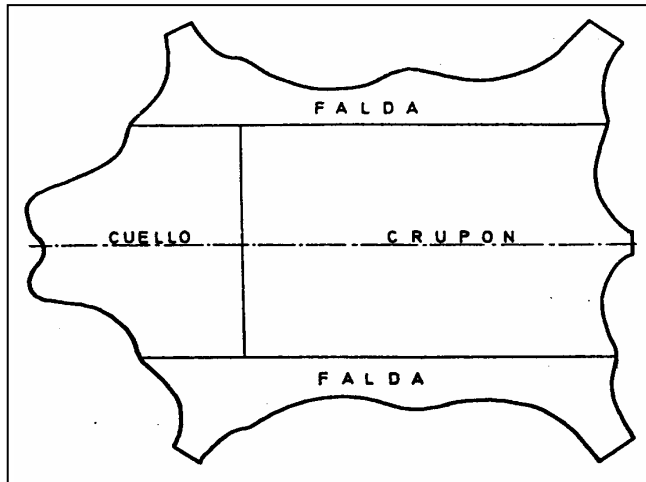


Figura 1.2: Esquema de zonas de una piel fresca.

Efectuando un corte transversal de la piel se distinguen las siguientes zonas:

a. Epidermis:

Representa aproximadamente el 1% del espesor total de la piel. Se elimina en la operación de pelambre.

b. Dermis o Corium:

Está situada debajo de la epidermis y separada de ésta por la membrana hialina que es característica de cada tipo de animales. Representa aproximadamente el 84% de la piel y es la parte aprovechable para la fabricación del cuero. Se divide en dos capas (ver figura 1.3): La **CAPA DE LA FLOR** o papilar y la capa reticular o **SERRAJE**. Al final de la capa reticular hay una membrana que da resistencia al serraje y que se denomina capa terminal.

c. Tejido Subcutáneo:

Constituye el 15% del espesor de la piel y se elimina en la ribera mediante la operación de descarnado. Dentro de las distintas especies animales utilizadas en curtición la proporción de las diferentes capas y sus características pueden variar considerablemente.

En el cuadro N° 1.3 se presenta un resumen de la composición química de la piel en forma general:

Cuadro 1.3: Composición Química de la Piel

| SUBSTANCIAS | % |
|-----------------------|-----|
| Agua | 64 |
| Proteínas | 33 |
| Grasas | 2 |
| Substancias Minerales | 0,5 |
| Otras sustancias | 0,5 |

Fuente: (Sharphouse,1983)

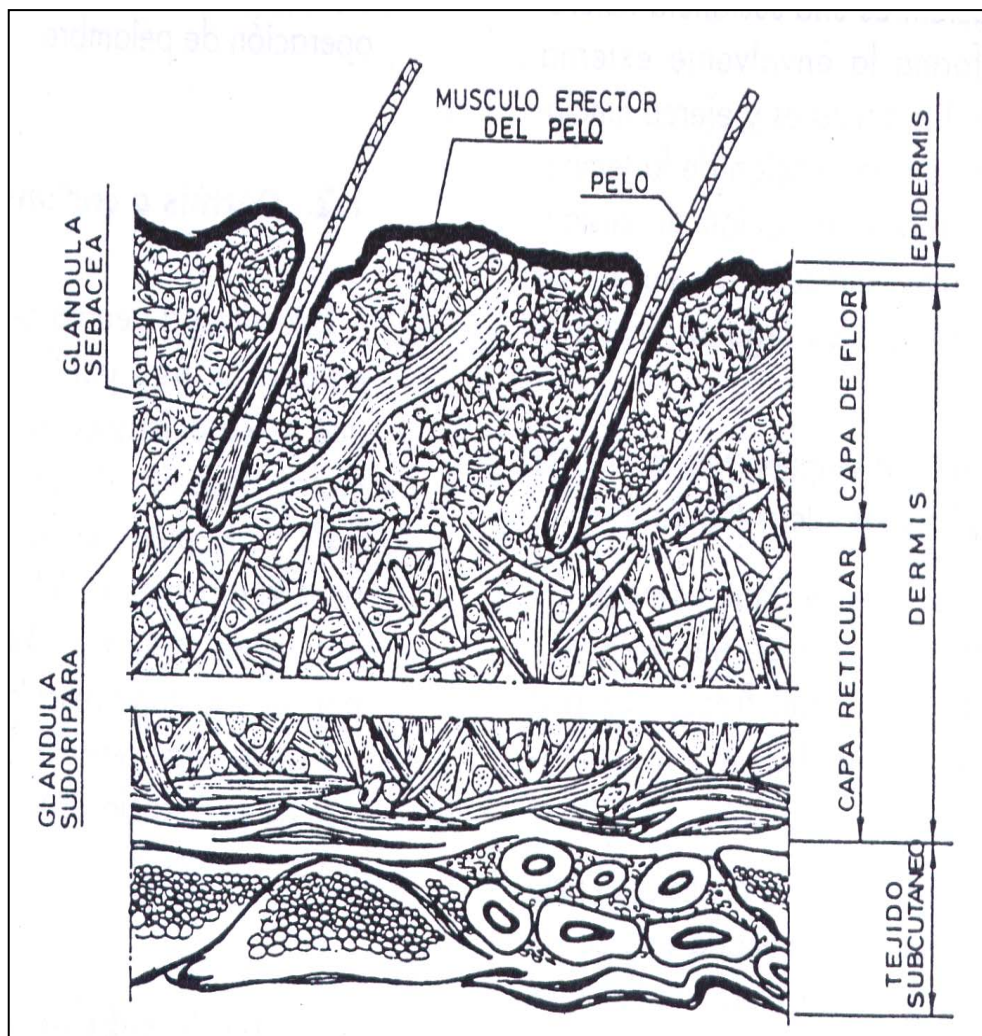


Figura 1.3: Capas de la Dermis o Corium (Serrano, 1998).

1.3.2 Métodos de Conservación de la Piel.

La piel en el matadero sufre una degradación en función de la temperatura, bacterias y el tiempo que se encuentra sometido a estos factores. La degradación presenta su máxima acción en el periodo comprendido entre el desuello del animal y el inicio de la conservación.

Con la conservación se trata de detener este proceso natural de degradación y viene a representar una primera fase del proceso de fabricación, aunque se realiza fuera de las propias industrias de curtición. Los métodos más normales para la conservación de la piel se describen a continuación:

a. Conservación Por Secado:

Consiste en deshidratar las pieles las cuales con colocadas en túneles de secado hasta que éstas alcancen una humedad comprendida entre el 12 y 15%. Se aplica a un porcentaje reducido de pieles vacunas y la mayoría de pieles de cordero, cabras y reptiles.

b. Conservación por Salado:

Se utiliza sal común. El salado puede efectuarse de muy diversas maneras (en pila y utilizando sal en grano, empleando conjuntamente sal y antisépticos).

c. Conservación por Piquelado:

Es un proceso normal en el caso de pieles lanares. Consiste en tratar las pieles con una solución de cloruro sodio a la que normalmente se le añade ácido sulfúrico.

d. Conservación Por Curtición:

Requiere que las pieles hayan sido sometidas a las operaciones previas de ribera. La curtición puede efectuarse con extractos vegetales o sales minerales (**SERRANO, 1998**).

1.3.3 Otras Materia Primas.

Además de la materia prima básica que es la piel en bruto o ya curtida, para el proceso de fabricación se requiere una serie de materias primas las cuales se mencionan a continuación y se describen en el cuadro 1.4:

- Productos desengrasantes
- Curtientes Vegetales (taninos)
- Curtientes Minerales (Sales de cromo)

- Productos engrasantes
- Tensoactivos
- Diversos Ácido y álcalis
- Sales
- Productos Pigmentados (ligantes, pigmentos y modificadores)
- Colorantes
- Productos para tratamiento de agua

1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO.

El proceso de curtido, en general, se puede dividir en tres etapas principales: **ribera, curtido y terminación**. 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 o batanes. 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.



1.4.1 Operación de Ribera (INTEC, 2000).

La operación de Ribera esta dividida en las siguientes etapas:

a. 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, siendo los procedimientos más usados 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.

b. 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.

c. Pelambre: El objetivo de esta etapa es eliminar el pelo de la piel, los productos químicos que se utilizan en esta etapa destruyen o sueltan el pelo de la epidermis. Simultáneamente a la eliminación del pelo se produce un hinchamiento apreciable en la estructura fibrosa y se emulsiona parcialmente la grasa de la piel. El pelambre puede llevarse a cabo de diferentes formas, donde la más utilizada es aquella donde se utiliza hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH}_2)$) conocida en el lenguaje de Tenerías como Cal, sulfuro de sodio (Na_2S) o bien con un ataque enzimático mediante proteasas en solución acuosa. A veces se agrega algún agente coadyuvante en el proceso de pelambre como: agentes tensoactivos, humectantes, aminas, etc.

d. 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. El proceso de descarnado puede aplicarse antes o después del pelambre y encalado, y muchas veces no se aplica debido que en el proceso de encalado se le adiciona cal adicional para que sea por medio de esta que se elimine todo resto de piel o tejido subcutáneo.

e. Dividido: el grosor de la piel es muy importante para la obtención de determinado tipo de cuero, así, si la piel es demasiado gruesa para un propósito específico es necesaria dividirla. Este proceso se consigue por medio de una maquina, la cual divide la piel en: la flor correspondiente al lado superior y la carne correspondiente al lado inferior, conocido comúnmente como carnaza. De estos dos tipos de pieles la de mayor importancia comercial es el lado de la flor, mientras que la carnaza es considerada como un subproducto, que puede utilizarse para la elaboración de suelas de zapatos.

1.4.2 Operación de Curtido (INTEC,2000).

La curtición es un tratamiento químico para estabilizar el colágeno de la piel, haciéndolo resistente a la putrefacción y dándole una cierta resistencia a la temperatura. Los procedimientos de curtición son muy diversos, dependiendo de los tipos de piel y del destino que esta tendrá.

Entre estos procedimientos los más comunes son aquellos donde se utilizan sales de cromo y extractos vegetales. Generalmente este proceso se realiza en dos etapas, la primera curtición, que tiene como objetivo la estabilización del colágeno, y la segunda que se le llama recurtición que tiene como objetivo conferir a la piel ya curtida todas las características necesarias según el artículo o producto que se prepara con dicho cuero.

En el momento de curtición normalmente se realiza la eliminación de la grasa natural de la piel, el cual es un componente no deseado que ha sido poco alterado durante el proceso de ribera. La operación de curtido se realiza en las siguientes etapas:

a. 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 (HCl), sulfúrico (H₂SO₄), fórmico, etc.

b. 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.

c. 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.

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

e. 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).

Existen tres formas de realizar la operación de curtición:

e.1. Curtición vegetal.

En esta se incluyen las curticiones realizadas con productos orgánicos tales como los numerosos extractos vegetales, diversos aldehídos y quinonas, así como las parafinas sulfocloradas y múltiples resinas. De todas las anteriores la más importante es aquella que se realiza con extractos vegetales.

En la curtición vegetal se recomiendan temperaturas máximas del orden de 38-40°C. En la actualidad las curticiones modernas se realizan en bombones y requieren varios baños.

e.2. Curtición mineral con sales de cromo.

La curtición con sales de cromo es un de los procesos mas comunes. Este se realiza en bombo y requiere de diversos factores como la velocidad, el tratamiento previo de piquelado, la concentración de sales de cromo, el pH de baño (normalmente es de 3-3.5), la cantidad y el tipo de sal neutra, el tiempo, etc y que son importantes para regular esta operación. Cabe destacar que un factor muy importante para la fijación

del cromo es la temperatura, es importante saber que la velocidad de curtición aumenta con la temperatura, por ejemplo:

A 20°C se necesitan 48 horas.

A 40°C se necesitan 8 horas

A 50°C se necesitan 4 horas.

Sin embargo, la calidad de la piel mejora cuando se opera a 40°C y además se favorece al posterior tratamiento de las aguas residuales.

El costo de las sales de cromo ha ido en aumento en los últimos días, además el problema ambiental también ha aumentado, debido a la falta de tratamiento y excesivo uso de sales de cromo. Estos factores han influido para que la industria de curtimientos busque métodos para la recuperación de dichas sales. Entre estos métodos tenemos:

- Mezcla de baños residuales ácidos y alcalinos para precipitar el cromo.
- Utilización directa de los baños residuales de curtición.
- Precipitación de cromo de los baños residuales y su posterior redisolución.

Una vez terminada la curtición al cromo es conveniente dejar reposar la piel durante 24-48 horas para continuar la coordinación de la sal de cromo con el colágeno y liberar el ácido sulfúrico retenido por la piel.

e.3. Curtición mineral con otras sales.

Además de la curtición al cromo existen otras posibilidades para el proceso de curtición, utilizando diversos productos inorgánicos, entre los que podemos mencionar: *curtición con sales de aluminio, curtición con sales de circonio, curtición a la sílice, con polifosfatos, con sales ferricas, con sales de titánio y curtición con sales de cobre.*

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

El engrase tiene por objeto dar a la piel un tacto suave y flexible, lo cual se logra por la incorporación de materias grasas solubles o no en agua.

En la operación de engrase existen dos procesos distintos y consecutivos; el primero es la *penetración*, que es un proceso físico; el segundo es la *fijación*, que es un proceso químico.

La operación de engrase se realiza en bombo a una temperatura entre 40-70°C y la duración de este proceso suele ser de 30-45 minutos.

g. 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.

h. Ecurrido.

Es una operación mecánica que tiene por finalidad eliminar de la piel restos de los baños residuales del tratamiento químico de curtición/ recurtición que han quedado absorbidos en ella, dejándola en un estado adecuado para las operaciones posteriores. Es necesario que el escurrido se lleve hasta los límites de humedad acordes con el tipo de piel con el que se está trabajando.

i. Rebajado.

El rebajado, es una operación destinada a uniformar el grueso de la piel, eliminando los excesos de grueso propios de la contextura natural de la piel.

En los casos de las curticiones al cromo, la piel es sometida seguidamente después de la operación a una operación de neutralización, que consiste en pasar el pH del extracto acuoso de la piel tratada al cromo a un valor de 3.5-4.5 para evitar que se produzcan problemas de corrosión.

La principal acción del neutralizado es la de eliminar parte del exceso de ácido sulfúrico que procede del piquel o bien se ha producido en el cuero al cromo al fijarse la sal de cromo, transformándolo en una sal neutra o bien sustituyéndolo por un ácido débil que tenga menos acción sobre las fibras.

Normalmente este proceso se realiza en un bombo en 3 fases: *lavado final*, *tratamiento con productos alcalinos* y *lavado final*.

j. Teñido.

Las pieles recurtidas son teñidas en fulones mediante colorantes ácidos o básicos. La tintura comprende el conjunto de operaciones que dan a la piel curtida una coloración determinada, sea esta superficial o completa. Los colorantes pueden ser naturales, análogos a los curtientes vegetales o sintéticos.

La tintura se hace normalmente en bombos altos y estrechos para favorecer la penetración y rápida distribución del colorante.

Normalmente se trabaja en baños a 50-60°C con un 200% de agua sobre peso rebajado. El tiempo de operación esta en función del artículo a tratar, la penetración, la temperatura, etc. Normalmente esta operación dura de 30 a 40 minutos.

Para esta operación es muy importante el pH, ya que es un factor que ayuda en la fijación del colorante, siendo el pH deseado de 7.8-8. Una vez concluida la tintura, el pH, si se trata de cuero al cromo debe de fijarse en 3-3.5.

1.4.3 Operación de Acabado (INTEC, 2000).

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, bruñido, desempolvado y recortado.

a. Ablandado.

El secado provoca un encolamiento de las fibras colagénicas constitutivas de la piel al eliminar el agua que las mantenía separadas, en la operación del ablandado se provoca una separación de fibras, obteniendo de la piel el tacto deseado.

b. **Estirado.**

Es un complemento del primer secado y en el se eliminan los restos de agua presente en la piel. Para ello se provoca en la piel un estado de tensión mediante un estiraje. Así se consigue que la piel alcance su forma definitiva.

c. **Raspado.**

Operación mecánica para afinar el lado carne de la piel e impedir que las irregularidades del lado de la carne pasen al lado de la flor. Este afinado se consigue mediante un papel esmeril de grano fino.

d. **Recortado.**

Operación mecánica para pulir el aspecto de la piel, eliminando colgajos y desgarramientos producidos en el transcurso de la fabricación.

e. **Desempolvado.**

Eliminar de la piel el polvo producido en el raspado mediante la aplicación de una fuerte corriente de aire y una succión posterior.

f. **Pintado.**

Operación que consiste en aplicar mediante un sistema aerográfico productos filmógenos colorantes sobre el lado de la flor de la piel, para uniformar el color y dar a la flor el aspecto, tacto y brillantez propios del artículo deseado.

g. **Bruñido.**

Operación mecánica que da brillantez a la flor, aprovechando el efecto calorífico y de rozamiento provocado por el deslizamiento rápido de un cilindro de vidrio sobre el lado flor de la piel, adecuadamente preparada.

h. Planchado.

Operación mecánica que da lisura a la flor uniformando la brillantez y dando a la piel el aspecto de acabada. Se trata de aplicar sobre la piel una presión y temperatura adecuadas (esta se consigue eléctricamente o mediante vapor).

Luego de conocer en forma general cada una de las etapas de procesamiento de pieles, se presentan en el cuadro 1.4 el listado de porcentajes de químicos y materia prima necesarios en cada etapa de procesamiento de los pieles, según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente(CEPIS, 1996).

Cuadro 1.4. Rango de cantidades de materias primas utilizadas en cada etapa del procesamiento de pieles (CEPIS, 1996).

a. Operación de Remojo

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| AGUA | (H ₂ O) | 100 – 300 % |
| BACTERICIDA | n.d* | 0.05-0.10 % |
| TENSOACTIVO | n.d* | 0.2 - .1.5 % |
| CARBONATO DE SODIO | (Na ₂ CO ₃) | 0.10 – 0.30% |

*n.d Información no disponible

b. Operación: Pelambre

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| AGUA) | H ₂ O | 80.00-250.00% |
| TENSOACTIVO | n.d* | 0.2 – 1.00 % |
| SULFURO DE SODIO | Na ₂ S | 0.80 - 2.50 % |
| CAL (CaOH)2 | n.d* | 3.50 - 6.00 % |
| SULFHIDRATO DE SODIO | NaSH | 0.10 - 1.50 % |
| DERIVADOS DEL PETROLEO | n.d* | 0.50 - 1.50 % |
| ENZIMAS | n.d* | 0.05 - 1.50 % |

*n.d Información no disponible

c. Operación: Desencalado

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|--------------------|---|------------------------------------|
| AGUA | H ₂ O | 50.00 -150.00% |
| SULFATO DE AMONIO | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 1.00 - 3.00 % |
| TENSOACTIVO | n.d* | 0.20 - 0.50% |
| BISULFITO DE SODIO | n.d* | 0.20 - 0.50% |

*n.d Información no disponible

d. Operación de Piquelado

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| AGUA | H ₂ O | 40.00 -100.00 % |
| SAL | NaCl | 6.00 -10.00% |
| ÁCIDO FÓRMICO | HCOOH | 0.00 - 1.00% |
| ÁCIDO SULFÚRICO | H ₂ SO ₄ | 0.50 -1.50% |
| FORMIATO DE SODIO | HCOONa | 0.50 -1.00% |

e. Operación: Curtido Al Cromo

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| SULFATO BÁSICO DE CROMO* | 2Cr(OH)SO ₄ | 6.00 - 8.00% |
| CARBONATO DE SODIO * | Na ₂ CO ₃ | 0.80 -1.20% |
| BICARBONATO DE SODIO * | NaHCO ₃ | 1.50 - 1.80% |
| ÓXIDO DE MAGNESIO* | MgO | 0.30 - 0.50% |
| SALES DE CROMO AUTOBASIFICABLES * | n.d*** | 6.00 - 8.00% |
| FUNGICIDAS** | n.d*** | 0.15 - 0.25% |
| ACEITES SULFITADOS | n.d*** | 0.20 - 0.50% |

* Estos productos se utilizan indistintamente y el uso de unos excluye a otros.

** Los fungicidas sólo se usan cuando el cuero curtido se va a almacenar.

*** n.d Información no disponible

f. Operaciones: Recurtido y Engrase

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|--|--|-------------------------------------|
| SINTÉTICOS BLANQUEANTES (ÁCIDOS ORGÁNICOS) | n.d* | 1.0 - 2.0% |
| SECUESTRANTE DE SALES METÁLICAS (EDTA) | n.d* | 0.1 - 0.5% |
| SULFATO DE MAGNESIO | Mg SO ₄ | 1.5 - 3.0% |
| GLUCOSA LÍQUIDA | n.d* | 1.0 - 2.0% |
| ÁCIDO OXÁLICO | C ₂ H ₂ O ₄ | 0.3 - 0.5% |
| ACEITE SULFATADO | n.d* | 1.5 - 3.0% |
| ACEITE CRUDO | n.d* | 0.5 -1.0% |

n.d* Información no disponible

g. Operación de Acabado

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|---------------|--|-------------------------------------|
| AGUA | H ₂ O | 100 - 150 % |
| ACIDO OXALICO | C ₂ H ₂ O ₄ | 0.2 - .05 % |
| TENSOACTIVO | n.d* | 0.2 - .05 % |
| ACIDO ACETICO | CH ₃ COOH | 0.2 - .05 % |
| ACIDO FORMICO | HCOOH | 0.2 - .05 % |

n.d* Información no disponible

h. Neutralizado

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| AGUA | H ₂ O | 100.0 - 150.0% |
| FORMIATO DE SODIO | HCOONa | 0.5 - 2.0% |
| BICARBONATO DE SODIO | NaHCO ₃ | 0.3 - 1.5% |
| SALES NEUTRALIZANTES Y TAMPONANTES | n.d* | 0.5 - 2.0% |

n.d* Información no disponible

i. Recurtido

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|--|------------------|-------------------------------------|
| AGUA | H ₂ O | 80.0 - 100.0 % |
| RECURTIENTES VEGETALES*(mimosa, quebracho o castaño) | n.d* | 2.0 - 18.0% |
| RECURTIENTES FENÓLICOS | n.d* | 2.0 - 6.0% |
| RECURTIENTES NAFTALÉNICOS | n.d* | 2.0 - 6.0% |
| RECURTIENTES ACRÍLICOS | n.d* | 2.0 - 4.0% |
| RECURTIENTES PROTEÍNICOS | n.d* | 2.0 - 4.0% |
| RECURTIENTES RESÍNICOS | n.d* | 2.0 - 4.0% |
| GLUTARALDEHIDOS | n.d* | 2.0 - 6.0% |

n.d* Información no disponible

j. Teñido

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|----------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| ÁCIDO FÓRMICO | HCOOH | 0.2 - 1.0% |
| ANILINAS ÁCIDAS | n.d* | 0.1 - 5.0% |
| ANILINAS DIRECTAS | n.d* | 0.1 - 1.0% |
| ANILINAS BÁSICAS (CATIONICAS) | n.d* | 0.1 - 0.5% |
| NIVELADOR DE ANILINA | n.d* | 0.1 - 1.0% |

n.d* Información no disponible

k. Engrase

| Producto | Formula Química | % (En función del peso de la Piel) |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|
| ACEITE SULFATADO* | n.d** | 2.0 - 6.0% |
| ACEITE SULFITADOS* | n.d** | 1.0 - 4.0% |
| ACEITE SULFONADOS* | n.d** | 2.0 - 10.0% |
| ACEITE SULFOCLORADOS* | n.d** | 2.0 - 10.0% |
| CRUDOS | n.d** | 0.5 - 1.0% |
| ÁCIDO FÓRMICO | HCOOH | 0.5 - 3.0% |

*Estos aceites pueden ser de origen natural o sintético.

n.d** Información no disponible

CAPITULO II.

**DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE LOS PRINCIPALES DESECHOS
GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE DE PIELES EN
EL SALVADOR.**

2.0 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y SUS CARACTERÍSTICAS.

Las operaciones y procesos de curtiembres generan residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos, como es el caso del sulfato de cromo que en concentraciones elevadas puede ser nocivo para la salud de los trabajadores en la empresa y el medio ambiente. Las variaciones en cuanto al volumen de los residuos y a la concentración de la carga contaminante se presentan de acuerdo a la materia prima procesada y el tipo de tecnología empleada.

2.1 OPERACIÓN DE RIBERA.

Los desechos generados en la operación de ribera son presentados en el Cuadro 2.1, al mismo tiempo se mencionan una serie de alternativas para el manejo de estos con las cuales pueda disminuirse el impacto al medio ambiente.

2.2 OPERACIÓN DE CURTIDO.

Los desechos generados en la operación de curtido se presentan en el Cuadro N° 2.2 donde al mismo tiempo se presentan una serie de alternativas para el manejo de estos y de esta manera disminuir el impacto al medio ambiente.

Cuadro 2.1. Desechos Generados y Alternativas de Manejo en la Operación de Ribera.

| OPERACIÓN | DESECHOS GENERADOS | ALTERNATIVAS DE MANEJO |
|------------------------|--|--|
| <i>Recepción</i> | Sal impura | 1. Las pieles deben descargarse en un área que no tenga desagüe. 2. Sacudir las pieles saladas para recuperar la sal sólida, evitando que sea arrastrada a los desagües internos. |
| <i>Recorte</i> | Recorte de partes como el cuello, cola y extremidades, restos de piel que contienen carnaza, grasa, sangre y excrementos. | Comercializarlos con industrias que puedan transformar estos desechos como abono agrícola |
| <i>Remojo y lavado</i> | Se emplean grandes volúmenes de agua que arrastran consigo tierra, cloruros y materia orgánica, así como sangre y estiércol, entre los compuestos químicos que se emplean podemos mencionar el hidróxido de Sodio, el hipoclorito de sodio, los agentes tensoactivos y las preparaciones enzimáticas | Optimizar el consumo de agua, reciclar los baños de lavado, optimizar el uso de bactericidas y tensoactivos, siendo de mayor beneficio el uso de formulaciones con agentes biodegradables. |
| OPERACIÓN | DESECHOS GENERADOS | ALTERNATIVAS DE MANEJO |
| <i>Pelambre</i> | Utiliza grandes volúmenes de agua y la descarga de sus efluentes representa el mayor aporte de carga orgánica. Además de la presencia de sulfuros y cal. Los efluentes poseen un pH alcalino(11-12) | 1. Se puede optar por un reciclado del baño de pelambre considerando un pretratamiento y el manejo de purgas y lodos 2. No mezclar los lodos de pelambre con materiales o Efluentes ácidos y mantener el pH arriba de 8. Se pueden mezclar efluentes previamente neutralizados que tienen un pH arriba de 7 3. Los lodos pueden oxidarse previamente o recuperar el sulfuro. Los lodos alternativamente pueden ser tratados por métodos anaeróbicos o pirolíticos. |
| <i>Descarnado</i> | Operación mecánica que elimina las carnazas y grasas unidas a la piel en estado de tripa; estos residuos presentan gran porcentaje de humedad, además de S ²⁻ y Na ⁺ , pH»12.5 | Reusar, comercializar, considerando la oxidación de los sulfuros se recomienda evitar usar agua oxigenada, permanganato de potasio o cualquier oxidante cuya producción tenga un costo ambiental muy alto. |
| <i>Desencalado</i> | Proceso donde se remueve la cal y el sulfuro de la piel para evitar posibles interferencias en las etapas posteriores del curtido y en el que se emplean volúmenes considerables de agua. Entre los compuestos químicos que se emplean tenemos los ácidos sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico y mezclas, sales de amonio, bisulfito de sodio y peróxido de hidrógeno. | 1. Reemplazar el sulfato de amonio por CO ₂ , bisulfito de sodio o Ácidos dicarboxílicos. 2. Optimizar el proceso para utilizar menores cantidades de desencalante, considerando la solubilidad de los reactivos químicos 3. Utilizar en la purga, enzimas puras y mezcladas con bajo contenido de sulfato de amonio. |

(CPTS,2003).

Cuadro 2.2: Desechos Generados y Alternativas de Manejo en la Operación de Curtido.

| OPERACIÓN | DESECHOS GENERADOS | ALTERNATIVAS DE MANEJO |
|---------------------------|---|---|
| <i>Piquelado</i> | Operación donde se emplea cloruro de sodio la cual tiene como objetivo proteger la piel de la acción posterior de los ácidos que bajan al PH a niveles de 2.5 a 3, los ácidos más utilizados son el sulfúrico y el fórmico, para lo cual dicha operación representa una descarga líquida ácida y de alta salinidad. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Es posible reciclar el baño utilizando para el curtido. 2. Se puede sustituir el uso de ácido fórmico, sal y ácido sulfúrico por mezclas de ácidos sulfónicos que no requieren |
| <i>Curtido</i> | Los efluentes que contienen ácidos y sales de cromo y sodio alcanzando niveles tóxicos además de bajo PH. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Agotar los baños de cromo mediante el control de pH, temperatura y tiempo de reacción. Probar productos para la curtición que permiten un mejor agotamiento 2. No mezclar con efluentes alcalinos sin neutralizar previamente hasta un pH > 7. |
| <i>Ecurrido</i> | Operación mecánica que quita gran parte de la humedad del wet blue con contenido de cromo y bajo pH | Unirlo al efluente de las operaciones anteriores (curtido) |
| <i>Rebajado</i> | Generación de viruta de cuero con contenido de humedad. | La viruta puede reciclarse para la producción de cuero regenerado con el que se producen: cinchos, plantillas de zapatos y otros. |
| <i>Recurtido y Teñido</i> | Efluentes con base de anilina y otros minerales para dar color al cuero. | Reuso y/o agotamiento de las aguas. |

(CPTS,2003).

2.3 EFLUENTES LÍQUIDOS (INTEC, 2002).

Los efluentes líquidos son considerados de los mayores problemas ambientales y económicos para este sector, y esto es debido al alto consumo de agua que se ocupa en todas y cada una de las operaciones que se requiere, y que a su vez llevan consigo una gran cantidad de químicos, por lo que su tratamiento y disposición lo hace que sea mas costoso y problemático tanto para la empresa como para el medio ambiente.

Composición de Los Efluentes.

La composición de las aguas residuales de las tenerías es difícil de predecir, sin un estudio previo, ya que los efluentes son diferentes según sean los tipos de piel manipuladas y la tecnología aplicada. Como característica general se puede indicar que poseen un elevado contenido en proteínas, conjuntamente con importantes restos de productos químicos.

En el cuadro N° 2.3 se muestra una comparación de la caracterización fisicoquímica de las aguas generadas en el proceso de curtiembre para la operación de curtido ya sea al cromo o vegetal; mientras que en el cuadro 1.2 se muestra la caracterización fisicoquímica para cada una de las operaciones en el procesamiento de pieles.

Cuadro 2.3: Características Fisicoquímicas de los Efluentes del Sector Curtiembre en la Operación de Curtido.

| Parámetro/ Tipo de Curtido | Curtido Vegetal (mg/litro) | Curtido al Cromo (mg/litro) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| DBO ₅ | 1000 | 900 |
| DQO | 3000 | 2500 |
| Sulfuro de amonio | 160 | 160 |
| Sulfato de cromo | 2000 | 2000 |
| Cloruro de sodio | 2500 | 2500 |
| Nitrógeno Total | 120 | 120 |
| Aceites y Grasas | 200 | 200 |
| Fósforo | 1 | 1 |
| Cromo +3 | | 70 |
| Sólidos Totales | 10000 | 10000 |
| Sólidos Suspendidos | 1500 | 1500 |
| Sólidos Sedimentables | 50 | 100 |
| pH | 9 | 9 |
| Ceniza Total | 6000 | 6000 |

(CEPIS, 1996)

La carga contaminante procede, en parte de los productos químicos adicionados en el proceso. La contaminación del agua puede tener dos orígenes:

i. Contaminación del agua por vía Intrínseca:

Esta es debido a la propia constitución de la piel, y trata sobre los componentes de la piel que no se aprovechan. Parte de los mismos son insolubles y constituyen los residuos sólidos o materiales de desecho, y la otra parte que es soluble pasa a formar parte del agua.

ii. Contaminación del agua por vía Extrínseca:

Es debida a los distintos productos químicos que son necesarios para el proceso y que en mayor o menor medida pueden pasar a formar parte de las aguas residuales o emisiones gaseosas. Estos compuestos son distintos para diferentes tipos de piel.

2.3.1 Impacto al Ambiente de los Efluentes Líquidos Generados en la Industria de Curtiembre.

Las aguas residuales de la industria de curtido tienen altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pH variable que puede ser ácido en algunas etapas o básico en otras, 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 un valor de pH de carácter básico (entre 9 y 11) y sulfatos. Estos residuos cuando son descargados directamente a los sistemas de alcantarillado los cuales producen corrosión en las cañerías. 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.

El cuadro N°2.4 muestra el tipo de contaminantes y los residuos líquidos del proceso de curtiembre de pieles que se producen en las operaciones consideradas como las más contaminantes, las cuales son: operación de Ribera, Curtido, Tintura y Engrase.

Cuadro 2.4: Residuos Líquidos del Proceso de Curtiembre de Pieles

| Operación Básica | Ribera | Curtido | Tintura y Engrase |
|-----------------------------|---------------|----------------|--------------------------|
| Aguas Residuales | | | |
| 1. Caudal (m ³) | 18 | 7 | 5 |
| 2. pH | 11-13 | 6-7 | 4-5 |
| 3. DQO(ppm) | 5000 | 500-900 | 500-900 |

(SERRANO, 1998).

2.4 RESIDUOS SÓLIDOS (INTEC,2002).

En el procesamiento de curtiembre de pieles se genera una importante cantidad de otros residuos o subproductos, por cada 100 kg de pieles en bruto se generan las siguientes cantidades:

20 kg de piel limpia y seca

17 kg de trozos de piel en bruto

15 kg de proteínas solubilizadas

25 kg de insolubles hidrosolubles, tierra y grasa.

Otro tipo de residuos sólidos que se generan en el procesamiento de pieles podemos mencionar, recorte de pieles, raspado y lijado de los cueros, los residuos del descarnado que 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.

2.4.1 Impacto al Ambiente de los Residuos Sólidos Generados en la Industria de Curtiembre.

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 infiltrarse en la tierra o en las aguas subterráneas.

El cuadro N°2.5 muestra el tipo de contaminante y los residuos sólidos del proceso de curtiembre de pieles que se producen en las operaciones consideradas como las más contaminantes, las cuales son: operación de Ribera, Curtido, Tintura y Engrase.

Cuadro 2.5: Residuos Sólidos y Químicos utilizados en el Proceso de Curtiembre de Pieles.

| Operación Básica | Ribera | Curtido | Tintura y Engrase |
|--|---|---|---|
| Productos químicos de proceso utilizados en cada operación | <ul style="list-style-type: none"> - Tensoactivos (iónicos y no iónicos) - Sulfuro Sódico - Cal (Hidróxido Cálcico) - Hidróxidos Sódicos y amoniacales - Cloruro Sódico - Ácido Sulfúrico | <ul style="list-style-type: none"> - Cloruro sodico - Hidrocarburos - Tensoactivos - Sulfato Bórico de Cromo III - Taninos Vegetales - Taninos Sintéticos - Aceites de engrasado - Ácidos | <ul style="list-style-type: none"> -Tensoactivos - Colorantes - Ácido Fórmico -Productos Auxiliares |
| Generación de productos y Subproductos (en base a 100 kg de pieles en bruto) | 23 kg de piel seca y limpia 20 kg de lana limpia y seca 17 kg de retazos de piel en bruto 15 kg de proteínas solubilizadas 25 kg de hidrosoluble, tierra, grasa. | 24 kg de piel rebajamientos(residuos de piel o viruta) | 25 kg de piel acabada retazos de piel |

(SERRANO,1998).

2.5 EMISIONES GASEOSAS (INTEC, 2002)

En la industria de curtimientos 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.

2.5.1 Impacto al Ambiente debido a las Emisiones Generadas en la Industria de Curtiembre.

Las emisiones a la atmosférica 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, especialmente cuando existe poco o ningún uso de equipo adecuado de extracción de olores.

Debido a la naturaleza de las materias primas que son utilizadas en cada una de las etapas del proceso de curtición de pieles, las aguas de desecho descargadas contienen contaminantes provenientes de los cueros, productos de su descomposición, productos químicos y diversas soluciones agotadas utilizadas para la preparación del mismo, por lo que poseen diferentes parámetros fisicoquímicos en cada una de los vertidos líquidos generados por etapa.

2.6 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES PARA LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE DE PIELES (SERRANO, 1998).

Existen diferentes sistemas de tratamiento para los efluentes líquidos y residuos sólidos procedentes de la industria de Curtiembre de Pieles, esto principalmente a la cantidad y tipo de desecho que se genera en dicha industria principalmente a las aguas con alto contenido de químicos entre las cuales podemos mencionar la generadas en el operación de curtido con un alto contenido de cromo y las procedentes de la operación de recurtido en la que se ocupan tintes y engrases para el acabado del cuero. Algunos de estos sistemas se presentan a continuación.

2.6.1 Tratamiento de Efluentes Líquidos.

Las técnicas de reducción en la fuente y de recicl/reuso/recuperación permiten bajar en forma considerable el tamaño de una planta de tratamiento de residuos líquidos. Al disminuir el volumen total de efluente a tratar y segregarlos para atacar contaminantes específicos.

Se indican los requerimientos mínimos que deben tener una planta de tratamiento primario y una planta de tratamiento secundario para una curtiembre y luego, una breve descripción de algunos de ellos:

a) Tratamiento del baño de pelambre.

Los baños de pelambre neutralizados liberan ácido sulfhídrico, gas altamente tóxico, por lo que deben ser tratados en forma separada. Algunas posibilidades de tratamiento son las siguientes:

- i. Oxidación catalítica de sulfuros: Consiste en la aireación del efluente en presencia de un catalizador de manganeso (sulfato o cloruro), en concentraciones de 100ppm de manganeso y pH alrededor de 10. La aireación puede realizarse en torres altas, con aire inyectado en la base, por medio de difusores, o por aireación superficial.
- ii. Precipitación directa: Consiste en la adición de sulfato ferroso y cloruro férrico al efluente, para que precipite el sulfuro. El tratamiento debe realizarse a pH bajo,

para evitar la precipitación de los hidróxidos metálicos. Los volúmenes de lodos producidos son importantes.

Existen otras técnicas para eliminar el sulfuro de los efluentes como la acidificación y la oxidación con cloro o peróxido de hidrógeno.

b) Tratamiento del baño de curtido al cromo.

La remoción del cromo se realiza simplemente por la precipitación con cal de su hidróxido a pH sobre 8 y, si es necesario, la adición de algún coagulante y floculante (sales de aluminio y polielectrólitos). Este método solo transfiere el problema del cromo de una fase líquida a otra sólida.

Luego las necesidades de tratamiento dependerán de la normativa existente para las concentraciones de cromo en los lodos generados. Por ello, el reciclaje del cromo se ve como la mejor alternativa, ya que genera lodos prácticamente libres de cromo.

c) Tratamiento físico-químico para la remoción de sólidos y DBO.

Los tratamientos físico-químicos convencionales consisten en la adición de agentes coagulantes, como sulfato de aluminio o cloruro férrico, seguido por una sedimentación, manejo y disposición de sólidos.

Las dosis de reactivos y el pH del tratamiento se determinan mediante ensayos de laboratorio prueba de jarras (jar-test). La eficiencia de coagulación puede ser mejorada por la adición de polielectrólitos floculantes en bajas concentraciones

(< 10ppm). Estas tecnologías permiten la remoción de hasta un 95% de sólidos suspendidos y 70% de la DBO total del efluente.

Las posibles soluciones para minimizar el problema de la contaminación de los efluentes de las tenerías, contemplan actuaciones en el proceso tales como:

- Alta recuperación y reciclaje de los productos empleados
- Depuración de efluentes.

Algunas posibles vías para el ahorro del consumo de agua y productos químicos pueden ser:

- i. Agrupación de las operaciones del proceso al número mínimo posible.
- ii. Reutilización de los baños.

- iii. Reducción del volumen de baños al número menor posible.
- iv. Reutilización del agua residual depurada.

El tratamiento de estos efluentes deberá contemplar la obtención de una calidad tal que permita su reutilización en algunas operaciones que no comprometan la calidad del artículo final. Esta reutilización puede oscilar entre la cuarta parte y la mitad del vertido.

Partiendo de la base de que hay que realizar un estudio previo antes de tomar la decisión sobre el tipo de proceso a aplicar, los puntos clave de estudio son:

- Volúmenes a tratar
- Cargas contaminantes
- Calidad del vertido, según la legislación a cumplir.

2.6.2 Tratamiento Primario (SERRANO, 1998).

El tratamiento primario esta conformado por las siguientes etapas:

a. Pretratamiento:

Mediante esta etapa se eliminará los sólidos gruesos en suspensión y se regulará y homogenizará el efluente antes de proceder al tratamiento propiamente dicho.

b. Tamizado o Cribado:

Se elimina lo que podríamos llamar contaminación grosera, mediante la retención de sólidos de tamaño superior a los 5mm. Para que la retención sea eficaz, es recomendable montar en serie dos o más tamices de malla creciente.

c. Homogenización:

Debido al régimen discontinuo de los vertidos, esta técnica es aconsejable para la regulación y neutralización con los diferentes efluentes. Para ello se dispone una balsa para almacenamiento de agua, con capacidad para varias horas de retención, donde se mezclan los vertidos.

Esta homogeneización puede ir seguida, o no, de una decantación de los sólidos formados con la neutralización, llegando a reducir en un 60% la mayoría de los parámetros contaminantes.

Para asegurar una buena mezcla y homogeneización, deberá instalarse en la balsa algún tipo de aireación la cual puede ser por turbinas o difusores.

2.6.3 Tratamiento Secundario (SERRANO, 1998)

Este puede ser químico o biológico o bien una combinación de ambos en función de la composición del efluente. Como regla general puede decirse que la elección dependerá de la carga:

- Para altas cargas no biodegradables ($DBO/DQO < 0.3$), es aconsejable el tratamiento físico-químico.
- Para altas cargas biodegradables y en ausencia de tóxicos ($DBO/DQO > 0.6$), es aplicable el tratamiento biológico, con obtención de buenos resultados.

a. *Tratamiento Químico:*

Este puede variar en función de la composición de las aguas residuales. La Línea más general consistirá en:

a.1 Percloración o Postcloración: Imprescindible si se quiere reutilizar el agua en la propia planta. Consistirá en la adición de cloro-gas, u otro compuesto de cloro. La percloración elimina sulfuros y materia orgánica. La postcloración elimina la coloración de las aguas.

a.2 Coagulación y Floculación: Mediante la adicción de sales de hierro o aluminio para la coagulación, y polielectrolito para la floculación, previo ajuste de PH, en función del producto químico a utilizar están en función del producto químico a utilizar.

Las dosis y tipos de reactivos a utilizar están en función de las características del efluente. La operación se efectúa en un tanque provisto de agitador (con velocidad lenta) para facilitar la mezcla del aditivo con el efluente y la aglutinación de los flóculos formados.

a.3 Decantación: Operación mediante la cual se separan los lodos formados en la etapa anterior, permitiendo obtener un agua clarificada. Consiste en dejar reposar el efluente en un tanque diseñado para ello, de modo que los flóculos se extraen por fondo y el efluente clarificado por superficie.

Un esquema del proceso con tratamiento químico en líneas generales se presenta en la figura 2.1

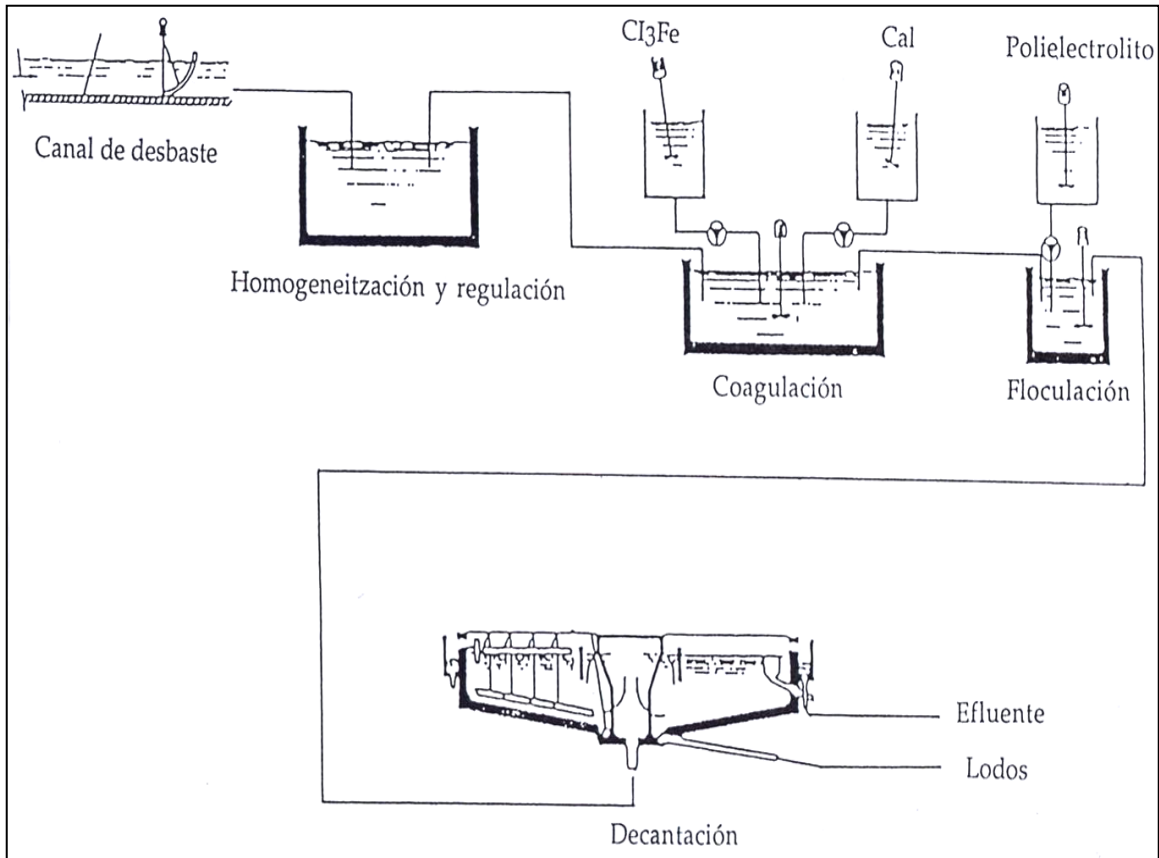


Figura 2.1: Línea de Depuración de aguas residuales.

(SERRANO, 1998)

b Tratamiento Biológico.

Este tratamiento está condicionado por diversos factores como los son: luz, nutrientes orgánicos, oxígeno disuelto y temperaturas.

Las tecnologías más utilizadas en tenerías son:

- Filtros Bacterianos
- Fangos Activos
- Tanques de Aireación

En cualquier caso el tratamiento consiste en provocar el desarrollo de bacterias que se reúnen en películas o flóculos y que retienen la contaminación orgánica y se alimentan de ella. Para ello el efluente se mantiene retenido en un medio bien aireado, para dar lugar al desarrollo bacteriano y a la oxidación catalítica de la materia. La duración es muy variable desde unas horas hasta varios días.

El efectuar el tratamiento en un medio aerobio, bien oxigenado, los productos finales son oxidación del Carbono a Dióxido de Carbono, del nitrógeno a nitratos y del azufre a sulfato. Esta etapa tiene que ir seguida de una decantación ya que también aquí se producen fangos que es preciso separar.

2.6.4 Tratamiento de la Línea de Fangos (SERRANO, 1998).

Tal como se ha descrito tanto el tratamiento físico-químico como el biológico, generan grandes cantidades de fangos que pueden llegar a tener un 97% de humedad y que es preciso separar del efluente.

El tratamiento de estos va destinado a reducir los gastos de evacuación, por una parte y a la protección del medio ambiente, por otra. Las técnicas empleadas se dividen en dos grupos según los objetivos perseguidos:

a. Reducción del Volumen: Este puede efectuarse en etapas sucesivas mediante:

- i. Espesamiento en decantadores estáticos o bien provistos de rascadores de velocidad muy lenta. Pueden alcanzarse concentraciones del orden del 10% en materia seca, y reducción del volumen de lodos de 2 a 5 veces.
- ii. Deshidratación por medio de secado, filtración a presión (filtro Prensa), filtración al vacío y centrifugación.

b. Estabilización o reducción del poder de fermentación:

Los métodos más utilizados son:

1. Digestión aerobia (aporte de aire y oxidación de la materia orgánica durante un tiempo de retención prolongado.)
2. Tratamiento químico (el más simple y económico). Consiste en la aplicación de productos (cal por ejemplo), que inhiben la posible fermentación de los lodos hasta conseguir un pH superior a 11.

2.6.5 Comparación de los Tratamientos Biológicos y Químicos (SERRANO, 1998).

Las Principales ventajas de los tratamientos biológicos frente a los químicos son:

- Menos costos en el volumen de reactivos
- Menor volumen de fangos
- No incrementan la salinidad ni la dureza

Por el contrario sus inconvenientes son:

- Más consumo de energía eléctrica en las oxidaciones
- Necesidades de grandes áreas de tratamiento
- Necesidad de pretratamiento químicos para eliminar los inhibidores tóxicos del proceso o simple separación previa de los mismos.
- Alta dependencia de las condiciones climáticas.
- Procesos bioquímicos difíciles de mantener en régimen constante.
- No se obtiene agua directamente utilizable.

2.7 DESCRIPCION GENERAL DEL DISEÑO ÓPTIMO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DEL PROCESO DE CURTIEMBRE DE PIELES (SERRANO, 1998).

Proceso de Tratamiento.

Este consta de las siguientes etapas:

- a) Desbaste General: Paso del efluente a través de una reja separadora de sólidos, para la eliminación de los sólidos gruesos.
- b) Homogeneización Primaria: Consiste en dos cámaras de mezcla.
- c) Filtración: Separación de sólidos finos por medio de filtros rotativos.
- d) Homogeneización Secundaria: Consta de un tanque de regulación de caudal, con capacidad para 24 horas, equipado con parrilla de difusores.
- e) Coagulación-Floculación: Se da mediante la adición de los productos siguientes:
 - Cloruro Férrico, el cual elimina los sulfuros.
 - Hidróxido Cálcico el cual precipita el posible exceso de cloruro férrico y mantiene el pH en un valor ligeramente alcalino.
 - Polielectrolito, el cual se agrega a los flóculos y aumentar con esto la velocidad de sedimentación
- f) Sedimentación: Separación de los flóculos en un decantador circular provisto de un puente barredor.
- g) Cloración: La dosificación de cloro se da en dos etapas:
 - Precloración: Después de la homogeneización para facilitar la eliminación de los sulfuros.

- Post-cloración: Después de la sedimentación para mejorar el valor de la DQO y para la esterilización.
- h) Filtración: La eliminación de los pequeños sólidos, obteniendo así un agua clarificada para ser reutilizada en fábrica, esta se efectúa mediante filtros de arena.
- i) Tratamiento de Fangos: Los lodos extraídos del fondo del decantador se envían a un espesador, y posteriormente a un filtro prensa para su secado. Estos fangos secos se depositan finalmente en un vertedero público junto con los residuos sólidos urbanos.

Este proceso de tratamiento permite obtener unos rendimientos elevados de depuración como:

- 100% para sólidos en suspensión
- 85% para el DQO

En la figura 2.2 se muestra un esquema del proceso de tratamiento de aguas residuales generadas en una fábrica de curtiembres.

2.8 TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRES (SERRANO, 1998).

Las técnicas de tratamiento más importantes para la disposición de los residuos sólidos se describen a continuación:

- Compostaje
- Incineración
- Biometanización

Cuya aplicación en las tenerías se describen a continuación:

a. Compostaje: Esta técnica es aplicable a los residuos de ribera y a los lodos, susceptibles de fermentar en condiciones aerobias y producir un abono utilizable en agricultura. No es aplicable a los residuos con contenido de Cromo.

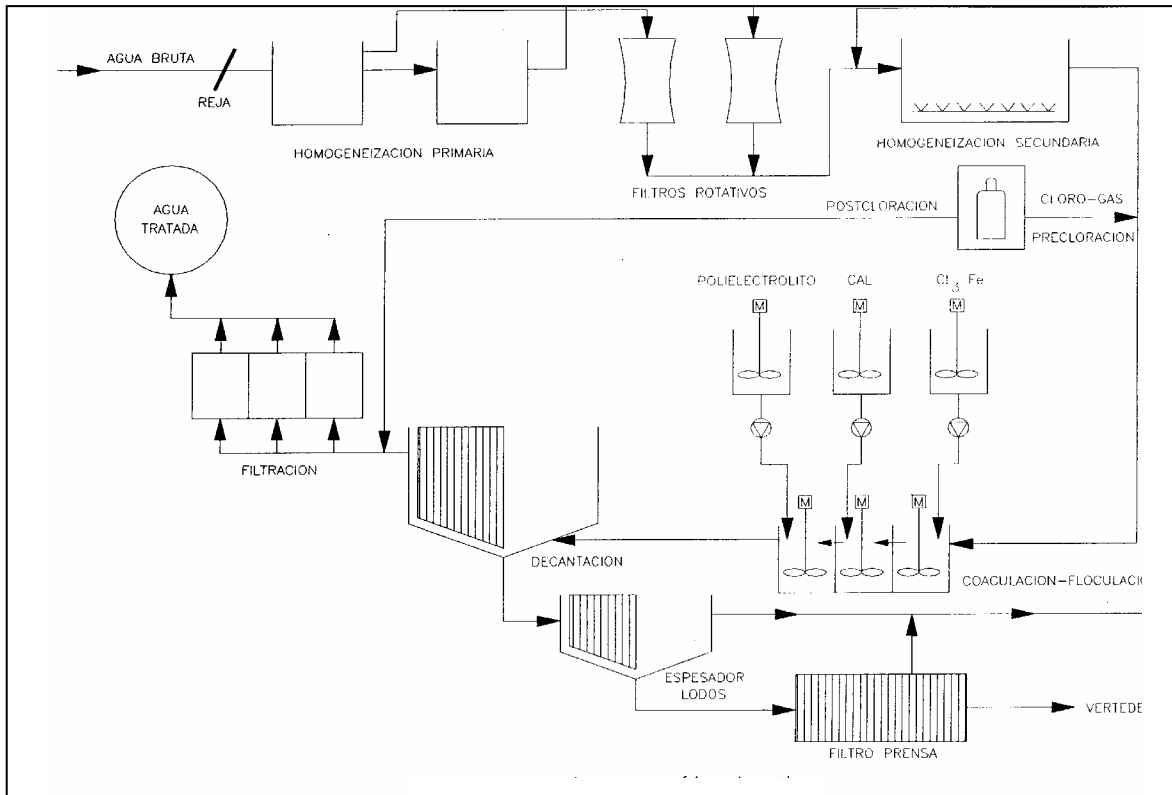


Figura 2.2: Tratamiento de Aguas en una Fábrica de Curtidos. (FUENTE: SERRANO, 1998)

El compostaje puede realizarse de dos maneras diferentes, en función de los residuos a tratar:

- **Natural:** Se permite la circulación del aire de forma natural a través de pilas alargadas, controlando la humedad (60% como máximo). Este proceso tiene una duración de 20 a 40 días.
- **Acelerado:** El aire circula a presión a través de las pilas, para lo cual debe mantenerse una cierta porosidad para facilitar dicha circulación, añadiendo una material, como aserrín. La duración del proceso es de 20 días máximo.

b. Incineración: Este tratamiento está especialmente indicado para los residuos obtenidos a partir de la etapa de curtido, aprovechando sus características como el poder calorífico el cual es relativamente elevado (4000-5000 Kcal / Kg).

Dada la heterogeneidad de los residuos el poder calorífico varía dentro de un rango bastante amplio. En los cuadro 2.6a y 2.6b se muestran dichos valores, los cuales dependen del tipo de residuo y piel tratada (sea está Bovina u Ovina).

Cuadro 2.6a: Poder calorífico inferiores (PCI) de los diferentes tipos de residuos de Tenerías de Bovino.(SERRANO, 1998)

| Residuos de Tenerías (Bovino) | Agua % | M.V. % | PCI en seco kcal/kg | PCI en bruto kcal/kg |
|-------------------------------|--------|--------|---------------------|----------------------|
| Bovino con piel salada | 44,3 | 67,8 | 4.040 | 2.250 |
| Descarnado con piel | 76,5 | 95,9 | 6.800 | 1.600 |
| Descarnado en pelambre | 79,7 | 84,6 | 5.850 | 1.190 |
| División de piel en tripa | 87,3 | 92,6 | 4.960 | 630 |
| División de piel cromada | 65,0 | 84,5 | 4.200 | 1.470 |
| Polvos de esmerilado | 9,9 | 89,7 | 5.430 | 4.890 |
| Cuero bovino acabado | 14,5 | 91,6 | 5.420 | 4.630 |
| Curtición vegetal | 10,1 | 98,5 | 5.290 | 4.760 |

Cuadro 2.6b: Poder calorífico inferior (PCI) de los diferentes tipos de residuos de Tenerías de Ovino.(SERRANO,1998)

| Residuos de Tenerías (Ovino) | Agua % | M.V. % | PCI en seco kcal/kg | PCI en bruto kcal/kg |
|------------------------------|--------|--------|---------------------|----------------------|
| Piel en bruto | 55,3 | 94,8 | 6.060 | 2.710 |
| Cuero bruto | 15,2 | 98,1 | 6.510 | 5.520 |
| Piquelado en bruto | 40,5 | 86,9 | 5.720 | 3.400 |
| Semicurtido en bruto | 15,1 | 94,6 | 5.150 | 4.370 |
| Piel descarnada con lana | 76,7 | 98,1 | 7.870 | 1.830 |
| Descarnado del cuero | 81,9 | 97,4 | 6.820 | 1.230 |
| Descarnado en piquel | 50,1 | 93,6 | 7.670 | 3.830 |
| Descarnado al cromo | 88,3 | 87,5 | 5.220 | 610 |
| Dividido al cromo | 75,3 | 91,5 | 4.500 | 1.110 |
| Dividido en vegetal | 56,0 | 96,3 | 5.530 | 2.430 |
| Badana | 13,0 | 98,0 | 5.860 | 5.100 |
| Vegetal sobre piquel | 12,7 | 98,1 | 5.900 | 5.150 |
| Sintético sobre piquel | 13,3 | 95,2 | 5.520 | 4.790 |
| Cromo sobre piquel | 15,7 | 94,5 | 5.890 | 4.970 |
| Cuero acabado | 15,5 | 94,0 | 5.450 | 4.610 |
| Piel acabada | 13,0 | 92,9 | 5.200 | 4.520 |

M.V. = Materias Volátiles.

c. Biometanización (Biogas): Consiste en la obtención de metano y un residuo estabilizado, mediante una digestión anaerobia mesófila (20 días de contacto). Los residuos viables son todos aquellos que no contengan sales de cromo y los lodos que se obtienen con el tratamiento de las aguas residuales. Este proceso puede constar de:

- Pretrituración de los Sólidos a un tamaño de 10 mm.
- Mezcla y Homogeneización de todos los residuos
- Precalentamiento
- Digestión anaerobia mesófila (20 días)
- Deshidratación del residuo final.
- Purificación del biogás, para eliminar el contenido de SH_2 .

En la figura 2.3 se muestra el diagrama de proceso para la generación de biogas:

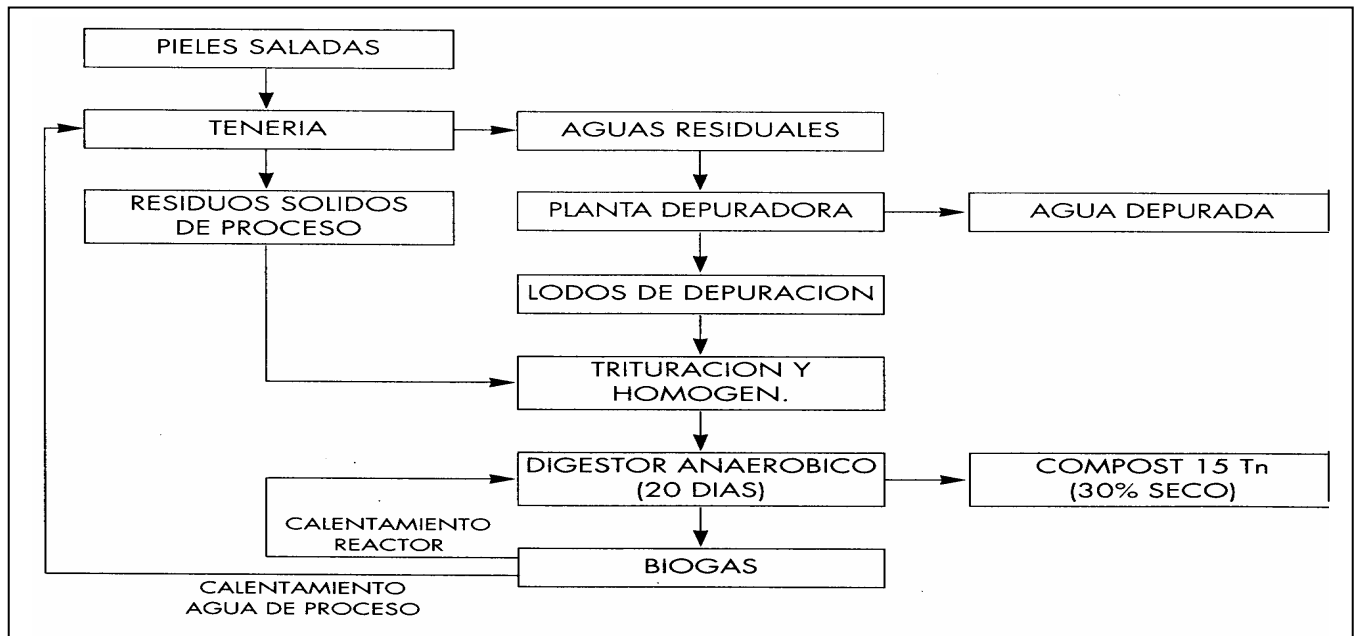


Figura 2.3: Diagrama de Proceso de Biometanización. (SERRANO,1998).

CAPITULO III

TEORÍA GENERAL SOBRE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.0 INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define *Producción Más Limpia* como "la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integral a los procesos y productos con el fin de reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente". Son parte fundamental de la Producción Más Limpia la conservación y uso eficiente de la materia prima, agua y energía, así como la disposición y eliminación de materiales que puede ser tóxicos o peligrosos, y la disminución de las emisiones y los desechos de la fuente, centrándose de igual forma en la reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida de los artículos producidos.

El concepto de *Producción Más Limpia* surge como una alternativa para lograr un desarrollo compatible con el ambiente y las necesidades socioeconómicas de los países en desarrollo 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 (**GASPAR PULIDO,1999**).

La Producción Más Limpia no solo con lleva a la reducción de los impactos sobre el medio ambiente, también fomenta y genera mejoras en la calidad, la productividad, aumenta la disponibilidad y la competitividad, promueve la innovación tecnológica y la excelencia en el servicio y principalmente reduce costos que se traducen en ganancias.

3.1 PRINCIPIOS DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

Los principios de la producción mas limpia estudiados en este documento estan basados el estudio de dos autores, Moser(1994) y Gaspar Pulido(1999), además de la resolución del Diario Oficial en El Salvador sobre la Política de Producción Más Limpia.

De acuerdo a la política de Producción Más Limpia de El Salvador, la cual fue publicada en el Diario Oficial el miércoles 9 de junio de 2004 Tomo 363, No. 106 Acuerdo No. 28 se mencionan los siguientes principios:

Voluntariedad: Adoptar un conjunto de condiciones para desarrollar la producción más limpia, las que una vez aceptadas se conviertan en compromisos y responsabilidades de cada una de las partes involucradas

Prevención: Ejecutar un proceso de producción más limpia, en el que se previenen acciones que puedan deteriorar o degradar los recursos naturales y el medio ambiente.

Gradualidad: Aplicación de acciones y metas en la producción más limpia, establecidas cronológica y progresivamente bajo un enfoque de mejoras continuas, a fin de lograr la sostenibilidad de los procesos de producción.

Concertación: Forma de integrar el diálogo, la coordinación y los acuerdos entre el sector público y privado, facilitando la introducción, en el desarrollo e impacto de la producción más limpia en el sector productivo.

Moser (1994), plantea que el emergente concepto de “tecnologías más/limpias de producción” (Cleaner production) no es nuevo; pero esta recibiendo actualmente un mayor reconocimiento. La industrialización de todos los países, desarrollados y no desarrollados, ha demostrado tener algún costo en la salud pública y en el medio ambiente; y cuando no se toman las medidas adecuadas, esto resulta ser especialmente verdad. Si los controles de la contaminación de las descargas finales son puestos en práctica en los sistemas de producción de las industrias, se minimiza el daño al medio ambiente; pero estas soluciones traen consigo un incremento en costos para la industria y la sociedad y no siempre resulta ser lo óptimo para el medio ambiente. Por otra parte la “Producción más / limpia” resulta ser un alcance preventivo para la protección del ambiente.

De acuerdo a (MOSER, 1994), la protección a la contaminación del medio ambiente puede lograrse al aplicar los siguientes cuatro principios:

1. **Desarrollo Sustentable**: El desarrollo es sustentable se da cuando se busca satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades. (**fundacionsostenible, 2005**).
2. **Principio de precaución**, prevención de la contaminación lo que minimiza la creación de contaminantes y desechos.
3. **Principio de Racionalidad**, control/abatimiento de la contaminación lo que limita la liberación al ambiente de contaminantes que han sido generados.
4. **Principio de Responsabilidad**, corrección de la contaminación con lo que se intenta recuperar o hacer menos dañinos los contaminantes generados (pago al ambiente)

Como consecuencia (**MOSER, 1994**) plantea las siguientes cinco estrategias a seguirse en la aplicación de las tecnologías más limpia de producción:

1. Prevención de la contaminación
2. Reciclo y reutilización de desechos
3. Implementar Sistemas de Gestión de Desechos.
4. Transformación de desechos
5. Disposición segura de desechos

Tomándose como estrategia predominante la prevención de la contaminación. Enfatizándose que en el manejo de la contaminación, debe cambiarse la forma de pensar tradicional de reacción al problema por tratamiento de los desechos y en su lugar anticiparse para prevenir la contaminación.

Gaspar Pulido (1999) en su libro “Producción Más Limpia, Principios y Herramientas” explica cinco principios, según estudios realizados por él mismo, sobre Producción Más Limpia que son descritos a continuación y los que comparados con los descritos por Moser y otros autores, se toman más como estrategias y acciones ó prácticas que como principios.

1. **Modificación en Tecnologías**: Modificaciones que tienden a disminuir la generación de desechos sólidos y peligrosos, *ahorro en el consumo de agua y energía*.

2. **Mantenimiento:** Un adecuado mantenimiento de las instalaciones permite tener un mejor control y manejo de los desechos, y *prevención de pérdidas de insumos*.
3. **Sustitución de materias primas o insumos:** La reducción o eliminación de materiales peligrosos que entren al proceso.
4. **Reuso en el Sitio:** Incorporar el material de desecho, ya sea al proceso de origen como materia prima *sustituta* o para otro proceso como materia prima.
5. **Modificación de Productos:** Incluye acciones que van desde la sustitución del producto hasta cambios en la composición del mismo. En la figura 3.1 se muestran los principios de producción más limpia, las cuales son enfocadas hacia el proceso productivo.

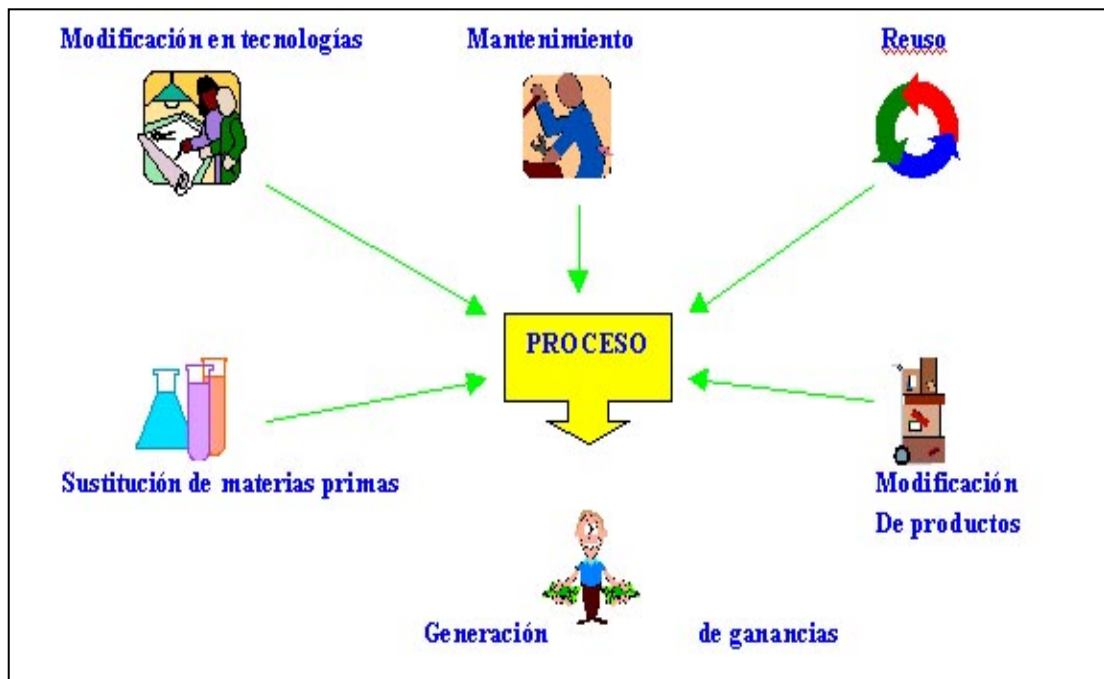


Figura 3.1 Estrategias que provocan cambios positivos orientados de la Producción Más Limpia tomada de los principios según GASPAR PULIDO(1999).

3.2 OTRAS DEFINICIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (GASPAR, PULIDO, 1999)

- Producción más limpia significa la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas e integradas en los procesos y productos, con el fin de reducir los riesgos para las personas y el ambiente.
- Esfuerzo continuo para prevenir la contaminación, reducir el uso de energía, agua y materia prima, minimizar los residuos y desechos en los procesos de producción.

La introducción de prácticas de producción más limpia significa la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, producciones y servicios, para incrementar la eficiencia de los procesos, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico.

Ello significa implementar un grupo importante de acciones y medidas dirigidas a garantizar la eficiencia en el uso de las materias primas, agua y energía, reducir el uso de sustancias tóxicas, prevenir y minimizar la generación de residuales y lograr su reuso o reciclaje.

Como enfoque global de la actividad productiva, estas estrategias deben abarcar tanto a los productos y procesos, como a las prácticas y actitudes, describiéndose a continuación:

- Para los procesos de producción: Incluye el uso eficiente de las materias primas, energía y recursos naturales, eliminación de materias primas y sustancias tóxicas y reducción de los volúmenes y toxicidad de las emisiones y residuos antes de que abandonen un proceso.
- Para los productos: Incluye la reducción de los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final.
- Para las prácticas: Incluye la aplicación de conocimientos científico-técnicos, el mejoramiento de las tecnologías y el cambio de actitudes.

3.3 FACTORES O ELEMENTOS PARA ALCANZAR PRODUCCIÓN MÀS LIMPIAS (GASPAR, PULIDO, 1999)

Para alcanzar una producción mas limpia en cualquier industria se necesita la conjugación y complementación de los siguientes factores o elementos:

3.3.1 Mejoramiento de la Gestión de Producción.

Contempla la toma de medidas internas que no provocan cambios en los procedimientos de fabricación, sino que mejoran aspectos tales como la organización de la producción, el control de las fuentes de contaminación y el adecuado manejo del agua, materias primas y productos. Las medidas internas pueden ser:

a. Uso eficiente del agua:

El consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes concentraciones de los residuales líquidos a manejar y por ende la capacidad y características de los sistemas de tratamiento y disposición final.

Para consumir menos agua es necesario cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento.

b. Inventario, almacenamiento y manejo adecuado de los materiales utilizados en el proceso productivo.

Incluye la compra de materiales cuando se necesite y en las cantidades necesarias, el registro de las fechas de caducidad para el establecimiento de prioridades en el uso, la utilización de contenciones alrededor de tanques, contenedores y equipos del proceso para evitar derrames o fugas, el manejo cuidadoso de los materiales peligrosos y el establecimiento de los procedimientos de eliminación de materiales contaminados o caducados.

c. Separación y tratamiento independiente de los residuos generados:

Implica la separación en la fuente de los diversos residuales generados en la instalación, para permitir su manejo diferenciado de acuerdo a su peligrosidad, grado de contaminación y posibilidades de tratamiento y aprovechamiento, reduciendo de esta manera los volúmenes y costos de manejo. Por otra parte, se facilita la reincorporación de los residuales no contaminados o no diluidos al proceso de producción, o su envío a otro sitio para la recuperación de materiales o sustancias de valor económico.

d. Mantenimiento preventivo y correctivo:

Consiste en inspecciones regulares, limpiezas, pruebas, y sustitución de partes gastadas o descompuestas, a fin de limitar las posibilidades de fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas de equipos y accesorios, o en la solución inmediata cuando éstos se produzcan, evitando que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento, o se produzcan contaminaciones cruzadas.

e. Reciclaje o reuso de residuales:

Las medidas internas son también un factor de gran importancia para el posible reuso o aprovechamiento de residuales sin afectar al ambiente, la calidad del producto o el proceso receptor de los mismos.

f. Educación y capacitación de los recursos humanos:

Puede ser la técnica de prevención de la contaminación más elemental, pues es importante que conozcan y entiendan los beneficios económicos, ambientales y sanitarios de lograr una producción más limpia. La toma de medidas internas como la aplicación de buenas prácticas de higiene industrial, el control eficiente de los procesos, la eliminación de errores operativos que impliquen la liberación al ambiente de corrientes contaminantes, etc., complementan los impactos positivos que pudieran tener los cambios tecnológicos.

3.3.2 Modificaciones en los Procesos Productivos.

Muchas veces la toma de medidas internas puede ir acompañada por cambios tecnológicos en el proceso de producción que van a promover el reuso del agua, la sustitución de algunos materiales usados en el proceso y la recuperación de determinadas sustancias que previamente se vertían en los efluentes y que a partir de los cambios se pueden utilizar dentro del mismo proceso tecnológico. En algunas industrias como la química, se considera el cambio tecnológico como la acción fundamental para disminuir la contaminación ambiental. Este aspecto contempla:

a) Cambios en el proceso:

Consisten en cambiar uno o más procesos o el equipamiento usado en ellos. Pueden tener como resultado la reducción en volumen y/o toxicidad del residual generado. No tienen que ser necesariamente extensos o costosos para implementarse.

b) Sustitución de materiales:

Comprende los cambios de la materia prima, de composición o uso de un producto intermedio o final o de productos y sustancias tóxicas que se usan en un proceso, con el objetivo de reducir la generación de contaminantes en la fuente.

c) Aprovechamiento económico de residuales:

Debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de producción más limpia en nuestro país. Aún con la introducción de prácticas de producción más limpia se producirán determinados volúmenes de residuales, por lo que resulta necesario agotar las posibilidades de cierre del sistema productivo y tratar éstos como recursos que al aprovecharse, disminuyen simultáneamente la demanda de recursos naturales y las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente.

d) Controles de salida:

Aunque la tendencia actual es diseñar los procesos productivos y las tecnologías previniendo la producción de residuales en la fuente, no se puede prescindir de la utilización de sistemas de tratamiento de las emisiones contaminantes a la salida de

los procesos productivos, que remuevan contaminantes seleccionados y garanticen el cumplimiento de los parámetros de vertimiento o reuso. Estos sistemas reducen la contaminación cuando su funcionamiento es adecuado, pero son soluciones costosas para la sociedad y la industria, que pueden generar problemas.

CAPITULO IV.

PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO PARA EL SECTOR CURTIEMBRE DE EL SALVADOR.

4.0 QUE ES UN ESTUDIO PRELIMINAR DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (ONUFI, 1994).

Es un análisis inicial de los métodos de producción de una empresa, con el objetivo de descubrir impactos ambientales significativos y la existencia de potencial en la empresa para la puesta en marcha de un programa de Producción Más Limpia.

Dicho estudio preliminar de Producción Más Limpia es una apreciación inicial de los métodos de producción de la empresa, el cual es realizado en el sitio e incluye un análisis breve de los procesos de la planta y se enfoca en lo siguiente:

- Impactos ambientales significativos de la empresa
- Costo de los insumos utilizados en el proceso
- Medidas para mejorar la eficacia ambiental y productividad de la empresa.

Cuando el potencial para Producción Más Limpia se identifica, los resultados del Estudio Preliminar pueden aplicarse como un primer paso en un proceso de análisis más extenso.

4.1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL ESTUDIO PRELIMINAR

a) Ficha de la Empresa: En este componente se recopila información general de la empresa como dirección y ubicación exacta de la misma, consumo de materias primas, energía eléctrica, consumo de agua, productos y/o servicios que presta, giro de la empresa, desechos generados y número de empleados.

b) Descripción General: Se realiza una descripción general de la empresa mencionándose el número de empleados que esta posee, giro, la ubicación, si la empresa tiene o no alguna política ambiental y cuales son sus líneas de producción.

c) Descripción de los Procesos de Producción: Se hace una descripción general del proceso de producción involucrado haciendo énfasis en cada una de las operaciones sobre el tipo de materia prima utilizada así como el desecho generado en cada una de estas.

d) Diagramas de Flujo de Proceso: Se realizan los diagramas de flujo de proceso de cada una de las líneas de producción existentes en los cuales se toman las entradas y salidas en cada una de las operaciones todo con el objeto de identificar el tipo de desecho que se genera en cada una de ellas.

4.2 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO PRELIMINAR AL SECTOR DE CURTIEMBRE DE PIELES.

Para la realización de los estudios preliminares en las empresas se visitara a cada una de las empresas todo con el objeto de recopilar información necesaria para realizar el estudio preliminar e identificar los procesos críticos y áreas potenciales para implementar la Producción Más Limpia, la cual se realizara de manera cualitativa, dependiendo, dicho estudio del personal de la planta y del criterio del evaluador, se utilizara un formato el cual es utilizado por el Centro Nacional de Producción Mas Limpia de El Salvador donde se presenta dicho formato en el Anexo 2, tomando en cuenta los siguientes puntos:

4.2.1 Proceso de Evaluación.

Finalizada las visitas se llevara a cabo un análisis utilizando una herramienta informática conocida como Programa *Eco Inspector v. 2.0*, el cual será proporcionado por el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML). Dicho programa está elaborado para estudiar en forma particular cada proceso dentro de la planta, así como almacenamiento, sus sistemas de calor, refrigeración y la seguridad industrial. En este caso particular, se omitió el sistema de refrigeración por no ser necesario para la industria seleccionada.

4.2.2 Análisis de los Procesos de Acuerdo al Criterio y Clasificación de los Potenciales.

El potencial en PML en las diferentes etapas de los procesos, incluyendo los de energía y administración de insumos, son examinados de acuerdo criterios como los siguientes:

Entradas:

- ¿Existe algún problema con los insumos los cuales son dañinos para el ambiente o la salud?
- ¿Se ocupan grandes cantidades de materia prima, insumos auxiliares y de producción?
- ¿Es el consumo de energía elevado?
- ¿Se incurren altos costos en la entrada (insumos o energía)?

Salidas:

- ¿Se generan grandes volúmenes (problemáticos) de desechos, desechos especiales, aguas residuales, aguas residuales con residuos y emisiones?
- ¿Se incurren altos costos internos o externos en el manejo y disposición?

Tecnología:

- ¿La tecnología es apropiada?
- ¿Cuál es el nivel de automatización?
- ¿Se producen pérdidas o desechos por fallas en la producción?
- ¿De qué manera se le da limpieza y mantenimiento a la maquinaria?
- ¿Son altos los costos de mantenimiento, limpieza y el costo por paros en la producción?

Cuadro 4.1: Puntos Potenciales- Evaluación del Nivel Potencial de cada criterio

| NIVEL DE POTENCIAL | PUNTUACIÓN |
|---|-------------|
| Criterio no aplicables en esta área de proceso | Cero puntos |
| Potencial moderado anticipado en Producción Más Limpia | 1 punto |
| Potencial significativo anticipado en Producción Más Limpia | 2 puntos |

4.2.3 Evaluación del Nivel de Optimización de los Actuales Procesos (Definición Del Ponderado).

El siguiente paso examina cada subproceso de acuerdo a la escala en la Cuadro 4.2, y determina el nivel de optimización actual, esto es, que explora si todavía existen otras posibilidades de potenciales de producción más limpia; por esta razón “la importancia” de los potenciales identificados se anotan y se les asigna un valor ponderado.

Esta es una estimación cualitativa y se basa en la experiencia de la persona que conduce la Evaluación Preliminar (opinión experta).

Cuadro 4.2: Escala para estimación de los niveles de Optimización de los actuales procesos.

| NIVELES DE OPTIMIZACIÓN | EXISTENCIA DE OPTIMIZACIÓN | PUNTUACIÓN |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Nivel de optimización “alto” | Poca posibilidad de optimización | 0 Puntos |
| Nivel de optimización “medio/alta” | | 0.5 Puntos |
| Nivel de optimización “mediana” | Existe posibilidad de optimización | 1.0 Punto |
| Nivel de optimización “bajo/mediano” | | 1.5 Puntos |
| Nivel de optimización “bajo” | Proceso no optimizado | 2.0 Puntos |

4.2.4 Cálculos y Comparaciones de los Potenciales de Producción Más Limpia en los Procesos de Producción.

El *Eco Inspector 2.0* utiliza el resultado del puntaje potencial y el promedio ponderado para calcular el potencial actual de producción más limpia para cada criterio del puntaje de cada subproceso.

El ponderado del puntaje de cada diferente categoría brinda un punto de referencia para el potencial de producción más limpia en los diferentes pasos de los procesos.

El programa diferencia los criterios de procesos relacionados y criterios económicos y presenta los resultados en una matriz con ejes “Potencial ambiental de producción más limpia y Potencial económico de producción más limpia (ver ejemplo en Fig. 4.1).

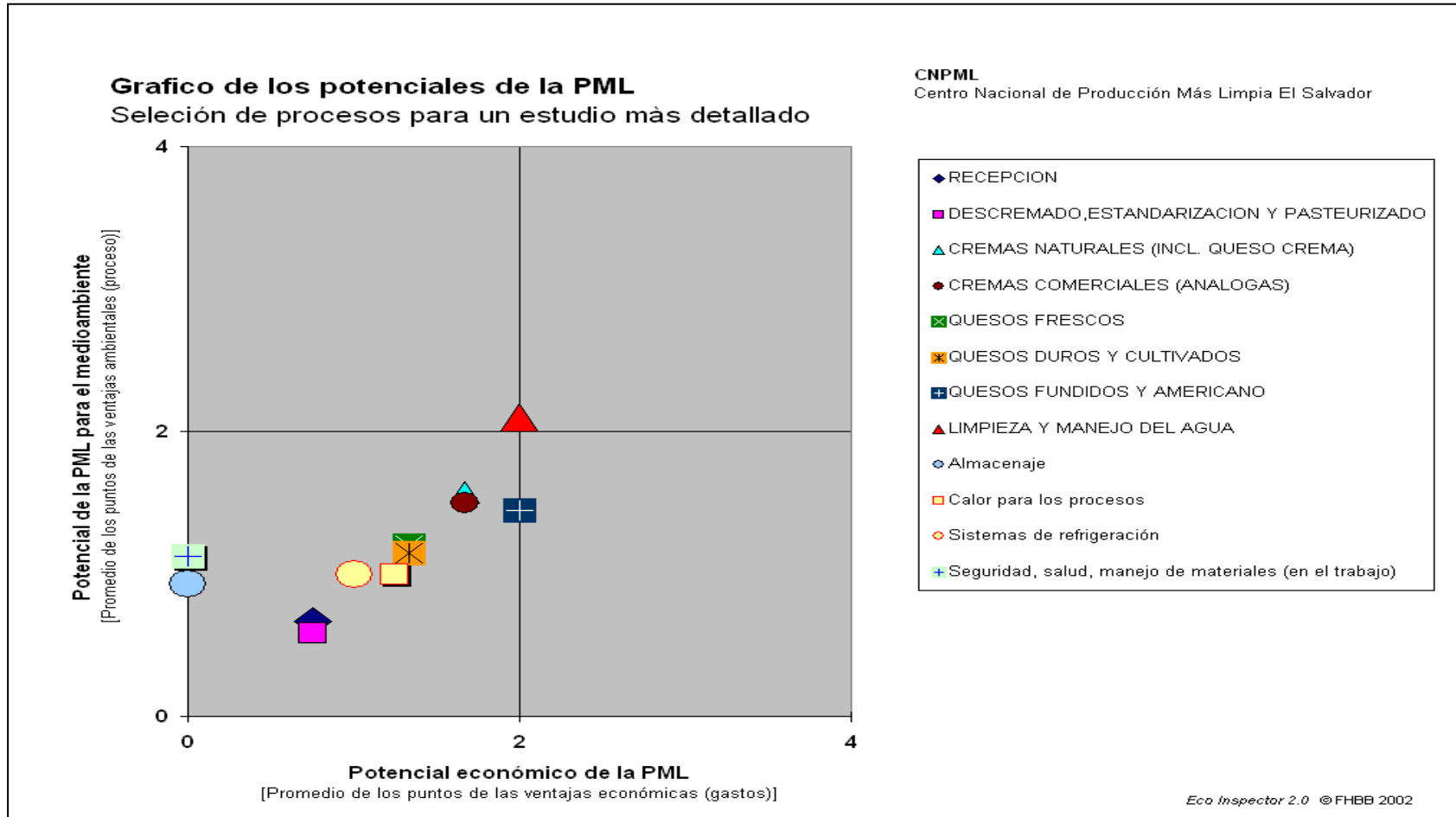


Figura 4.1: Ejemplo de la Matriz del Potencial en Producción Más Limpia

4.3 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UNA EVALUACIÓN EN PLANTA EN EL SECTOR DE CURTIEMBRE DE PIELES.

La realización de una evaluación en planta en cualquier industria arroja varias alternativas de tecnologías de producción más limpia en cualquier industria que este en estudio. La metodología de realización de una evaluación en planta se describe en los siguientes apartados siendo específicos para el sector curtiembre.

4.3.1 Que es una Evaluación en Planta de Producción Más Limpia. (ONU, 1994)

Una Evaluación en Planta en Producción Más Limpia es un análisis detallado de los procesos de producción de una empresa, con el objetivo de optimizar el uso de los recursos –agua, materia prima y energía- y minimizar la generación de desechos –sólidos, líquidos y emisiones-, lo que generalmente da como resultado beneficios ambientales y económicos para la empresa.

La evaluación en planta involucra la elaboración de diagramas de flujo de proceso, descripción de los procesos de producción, recolección de datos de entrada y salida de las diferentes corrientes en los procesos productivos para realizar los balances de materia y energía, generar las alternativas de producción más limpia, las cuales son evaluadas desde el punto de vista económico, técnico, ambiental y organizacional.

4.3.1.1 Producción Actual.

La producción actual de la empresa debe ser en forma anual o mensual debe indicarse basándose en el sistema de contabilidad de la empresa.

Deben considerarse las variaciones anuales de la producción, como por ejemplo la temporada alta y la temporada baja y por ende, el desglose de la producción según corresponda.

4.3.1.2 Principales Entradas.

El propósito de esta sección es dar una descripción de las entradas de la empresa de acuerdo al enfoque de estudio de la Evaluación en Planta.

Una o más tablas deben contener:

- a. Consumo de agua (anual o mensual).
- b. Consumo de energía (combustibles y electricidad; anual o mensual).

- c. Materias primas más importantes según la evaluación; y también para la empresa en general (anual o mensual).

Si existen variaciones o fluctuaciones mensuales o anuales considerables en el consumo, deben presentarse. Como anexo es necesario incluir una tabla con materiales o recursos y su precio por unidad. Se recomienda el uso uniforme de unidades, de preferencia SI (Kg, litros, m, etc.)

4.3.1.3 Desechos Y Emisiones

El propósito de esta sección es listar las emisiones o desechos generados a raíz del proceso de producción de la empresa (especialmente lo comprendido en el área enfocada durante la evaluación). Ej. aguas residuales, emisiones al aire y desechos peligrosos. Los desechos deben ser convenientemente descritos y cuantificados, y debe mencionarse si son tratados o no.

4.3.1.4 Balance de Materia y Energía

En esta sección se debe presentar los resultados del balance de materia para cada proceso investigado. El propósito de elaborar el balance de materia es obtener información detallada del proceso, especialmente del consumo de recursos y también de la generación de productos y de desechos. Es decir, el balance permite por ejemplo identificar y cuantificar pérdidas de material y constituye una base importante para la generación de opciones de producción más limpia.

Los datos ingresados al balance de materia deben ser discutidos. Es importante describir:

- La calidad de los datos (cómo han sido recolectados/ medidos/ estimados)

Es importante mantener la consistencia con los periodos de estudio y las unidades utilizadas en la información que se presenta. El balance de materia puede ser realizado por medio de un diagrama de flujo o en una tabla como la que se muestra más adelante, estableciendo claramente la base de cálculo.

Cuadro 4.3: Hoja de Balance de Materia.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|----------|-----------------|----------------------|----------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| | | | | | | | | |

4.3.1.5 Caracterización de los Flujos de Desecho.

El propósito de este apartado es describir todos los flujos de desechos (dentro del área de análisis).

Para cada flujo de desecho describir:

- Cantidad de desecho (por unidad de tiempo o unidad de producción). Esta cuantificación debe basarse en mediciones actuales o en estimaciones válidas (que sean correspondientes con la información del balance de materia).
- La caracterización de los flujos de desecho tiene un enfoque hacia el impacto ambiental (las mediciones que fueron hechas deben especificarse; ej: caracterización de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica).
- Asignación de costos a los flujos de desechos. Debe hacerse por ejemplo en base a las pérdidas identificadas de materias primas, valorización de disminuciones en reproceso y gastos por tratamiento o disposición. Donde sea relevante (y posible) se deben incluir los costos indirectos. La caracterización de los flujos de desechos puede presentarse en forma tabular según el formato que se muestra en el cuadro 4.4

Cuadro 4.4: Caracterización de los flujos de desechos

| Flujos de Desecho | Cuantificación del Flujo De Desecho | Caracterización del Flujo De Desecho | Asignación de Costos |
|-----------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Nombre del flujo de desecho | Cantidad y frecuencia de generación | Propiedades como pH, DBO, DQO, ST, SS, etc., | Considerar: pérdidas de material, pérdidas por reproceso. |

Es importante describir cómo han sido recolectados los datos (una o varias mediciones, estimaciones, etc.) Esto indicará que tan buena es la estimación del costo asignado.

La columna de asignación de costo puede estar dividida en dos: una columna con los costos por unidad y otra con los costos por año

4.3.1.6 Identificación de Opciones de Producción Más Limpia

El propósito de este apartado es presentar las opciones de producción más limpia resultantes del análisis de la información recopilada en las Fases I y II del proyecto. Las opciones deben ser agrupadas en:

- Opciones que pueden ser implementadas directamente
- Opciones que necesitan algún otro análisis (ensayos y estudios de factibilidad)
- Opciones que son rechazadas por diversas razones; incluir las razones

Una pequeña descripción introductoria de cada grupo es recomendable para entender mejor las opciones de producción más limpia generadas y para posteriores aplicaciones.

Todas las opciones deben ser clasificadas en:

- Buenas prácticas de manejo(incluyendo mantenimiento)
- Segregación
- Control de proceso o mejoras en las condiciones del proceso (temperatura, velocidad, monitoreo, etc.)
- Cambios de materias primas
- Cambios en proceso o de productos
- Modificaciones de equipo (cambios en equipo existente). Instalación de nuevo equipo o nueva tecnología de proceso
- Reciclaje y reutilización en la fuente
- Modificación de producto
- Aprovechamiento como subproductos

En el cuadro 4.5 puede ser utilizada para la presentación de las opciones. Es recomendable identificar cada opción con un número y formular la opción de forma clara, manteniendo ambos parámetros a lo largo del documento, incluso en el plan de acción.

Cuadro 4.5: Hoja de Monitoreo e Identificación de Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Categoría | Directamente implementada | Mayor análisis | Opción rechazada | Comentarios/ Razones |
|---|----------------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| 1. Controlar las variaciones de temperatura | Mejoras en el proceso de control | | x | | Las muestras necesarias |
| 2. Reemplazo del torno | Nuevo equipo | | | X | Alta inversión |

4.3.1.7 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

Un estudio detallado de factibilidad de todas las opciones puede resultar complicado, por lo que es recomendable tomar 10-15 opciones solamente. Las otras opciones no deben ser olvidadas. Las 10 o 15 opciones deben ser las más representativas/attractivas en cuanto a:

- Reducción esperada en desechos y emisiones.
- Beneficios económicos potenciales.
- Beneficios ambientales potenciales.
- Facilidad de implementación.

Además, estas opciones deben ser las que convengan a la gerencia de adoptar producción más limpia como una estrategia de aplicación continua.

Una hoja de trabajo, como la mostrada adelante, puede ser usada para identificar las 10 o 15 opciones más prometedoras. Estas opciones deben ser resaltadas.

Si la selección ha sido hecha a través de la sinergia de grupo con la gerencia, entonces presentar las conclusiones de tal sinergia.

Cuadro 4.6: Hoja de Trabajo para la Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---------------|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|----------|------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo | o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | | | |

La tabla que identifica las opciones de acuerdo a su prioridad de implementación es la siguiente:

Cuadro 4.7: Identificación de Opciones de acuerdo a la Prioridad de Implementación.

| Puntaje total Obtenido | Orden de Prioridad |
|------------------------|--------------------|
| 12 - 9 | 1 |
| 8 - 5 | 2 |
| 4 - 0 | 3 |

FUENTE: CNPML, 1998

4.3.1.8 Estudio de Factibilidad y Viabilidad de cada una de las Opciones de Producción Más Limpia.

Viabilidad Técnica:

La viabilidad técnica puede dividirse en "requerimientos" y en "beneficios". Para los requerimientos deben considerar:

- Descripción de los cambios técnicos o instalación de equipos.
- Requerimientos de equipo existente (balance de equipo).
- Necesidad de paros de producción y su costo implícito.
- Requerimientos de mantenimiento.

- Requerimientos de espacio.
- Necesidades de coordinación y de personal.
- Necesidades de capacitación.

Para las ventajas o desventajas considerar:

- Impactos en la calidad del producto.
- Impactos en la capacidad de producción.
- Aspectos del orden de seguridad e higiene ocupacional.
- Entre otros.

Listar los beneficios como por ejemplo ahorros de agua, energía y consumo de materiales.

Factibilidad Económica:

Si la opción es considerada técnicamente factible entonces debe ser analizada su viabilidad financiera.

Al estudiar la factibilidad financiera de la Opción 1 de producción más limpia es necesario calcular la inversión necesaria, los costos operacionales en que se incurre y los ahorros logrados. El estudio debe presentarse con base a tres consideraciones: "Periodo de recuperación de la inversión", "Monto promedio de la inversión" o "Tasa de retorno sobre la inversión", si aplica.

Periodo de recuperación de la inversión:

$$P = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Flujo}_{\text{entrante}} - \text{Flujo}_{\text{saliente}}}$$

Con Flujo_{entrante} como los ahorros anuales (ganancias)

Con Flujo_{saliente} como los costos anuales de operación

El monto promedio de la inversión puede ser incluido en el valor del Flujo_{saliente} como:

Factibilidad Ambiental

Si la opción es considerada económica y técnicamente factible entonces debe ser analizada desde el punto de vista del medio ambiente.

La factibilidad ambiental debe ser dividida en "Desventajas" y "Beneficios". Un ejemplo de desventaja es mayor consumo de electricidad, mientras que los beneficios pueden ser expresados en términos de una reducción en la cantidad agua y contaminantes desechados, entre otros.

Viabilidad Organizacional:

Si la opción es considerada económica y ambientalmente factible, como técnicamente viable, entonces debe ser analizada desde el punto de vista de la organización.

La viabilidad organizacional debe ser dividida en "Desventajas" y "Beneficios". Un ejemplo de desventaja es que se necesita interrumpir el proceso de producción por un periodo mayor que el tiempo de mantenimiento anual que se le brinda a la planta; mientras que los beneficios pueden ser expresados en términos de que los trabajadores sólo necesitan un entrenamiento corto, máximo un día.

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking):

Los Indicadores Ambientales son importantes porque permiten obtener valiosa información de la calidad ambiental de cada uno de los recursos naturales que se están monitoreando, como desechos sólidos, consumo de agua y emisiones gaseosas. La implementación y fortalecimiento de un sistema de indicadores ambientales se convierte en una poderosa herramienta de seguimiento y control de la gestión ambiental local, ya que permite la oportuna y adecuada toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

Requerimientos Básicos para la implantación y Operación de Indicadores Ambientales en un Proceso Productivo:

1. Disponibilidad de Indicadores ambientales cuantitativos
2. Disponibilidad del Sistema de Medición
3. Disponibilidad del personal capacitado y responsabilizado
4. Llevar un sistema de Administración Ambiental de dichos indicadores.

Los indicadores ambientales más importantes en cuantificar o medir en el sector de curtiembre de pieles, son:

1. Vertido liquido generado / Pie² de cuero acabado
2. Emisiones de NH₃ / Pie² de cuero acabado
3. Emisiones de H₂S / Pie² de cuero acabado
4. Emisiones de SO₂ / Pie² de cuero acabado
5. Desecho sólidos / Pie² de cuero acabado
6. Cromo de agua Residual / Pie² de cuero acabado
7. Consumo de Químicos / Pie² de cuero acabado

4.3.1.9 Resumen de Opciones de Producción Más Limpia

Debe contener un cuadro resumen con la descripción de las principales opciones generadas, la inversión, los beneficios económicos y ambientales y el período de retorno. Al mismo tiempo, debe hacerse mención del número total de opciones generadas y de aquellas que ya hubiesen sido implementadas. El cuadro que se presenta a continuación muestra un ejemplo del resumen de las opciones de producción mas limpia que pueden ser generadas en la investigación.

Cuadro 4.8: Resumen de Opciones de Producción Más Limpia Generadas

| Opciones Generadas | Inversión (\$) | Beneficio Económico(\$/año) | Beneficio Ambiental | Periodo de Retorno(años) | Indicador Ambiental de Desempeño Actual | Indicador Ambiental de Desempeño con P+L |
|--|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|
| Recirculación del Consumo de agua en la operación de lavado. | | | | | | |
| Reducción del Consumo de hielo en la Operación de lavado. | | | | | | |

4.3.1.10 Conclusiones y Recomendaciones de la Evaluación en Planta

Se hacen conclusiones y recomendaciones a la empresa sobre las opciones de producción más limpia encontradas durante el estudio que son presentadas en el Manual de Producción Más/Limpia.

CAPITULO V.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

La investigación de campo consiste en realizar a una o mas empresas, previamente seleccionadas según las facilidades presentadas por las empresas del sector curtiembre, una evaluación preliminar y una evaluación en planta en producción mas limpia que le permitan al sector tenero a partir de dichos estudios una mejora en sus procesos productivos y generar de esta manera beneficios ambientales y económicos potenciales en un periodo determinado.

5.0 EVALUACIÓN PRELIMINAR EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE LAS EMPRESAS PROTOTIPO DEL SECTOR DE CURTIEMBRE

Se seleccionaron dos empresas para el desarrollo del estudio. Por los aspectos de confidencialidad entre las empresas se acordó no mencionar ciertos aspectos internos de las mismas como: nombre de la empresa, dirección, materias primas importantes entre otras. Para identificar cada una de las empresas, se les designó como Empresa A y Empresa B. Se recolecto información de cada una de las empresas, relacionadas principalmente al proceso de producción en general, consumo de materia primas, manejo de insumos como agua, energía eléctrica u otra fuente de energía, también se recolecto información general de la empresa relacionado con el aspecto de higiene y seguridad industrial, administración de energía todo con el principal objetivo de detectar áreas con potenciales de mejora en producción más limpia.

La calidad de la información obtenida en esta fase, es de manera cualitativa, porque depende en gran manera de los datos proporcionados por el empresario, sumado a la opinión del entrevistador. Para facilitar la recolección de información necesaria en cada empresa, se trabajó un formato de lista de chequeo el cual es utilizado el Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador.

5.1 COMPONENTES DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA EMPRESA “A”.

La Empresa A tiene como actividad principal el procesamiento de pieles de cerdo para elaborar el cuero. El mercado de acción son las zapaterías del departamento de Usulután, así como también Santa Ana y San Salvador.

Para dicho procesamiento se utiliza una amplia variedad de químicos entre los cuales se pueden mencionar: Sal industrial(NaCl), sulfato de sodio(Na_2S), sulfato de cromo($\text{Cr}(\text{OHSO}_4)$), soda cáustica(NaOH), cal hidratada(CaOH)₂, sulfato de amonio($\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$), ácido sulfúrico(H_2SO_4), anilina básica. Todos estos químicos son necesarios en las diferentes operaciones, siendo estas: recepción de pieles, remojo, descarnado, desorillado, pelambre, curtición, desencalado, piquelado, rebajado, recurtido, teñido, engrase. Las características específicas del producto terminado (cuero) dependen en cierto grado del cliente o del mercado objetivo, pudiendo variar el color, el grosor, textura y el tamaño del cuero.

La empresa A, se encuentra diseñando un sistema de tratamiento para sus aguas de desecho. Actualmente, las aguas se vierten sin ningún tratamiento que disminuya la concentración de los químicos que se encuentran en estos vertidos. Por otro lado en cuanto a los desechos sólidos, la viruta producto de la etapa de rebajado es vendida a otras tenerías que tienen la capacidad técnica de procesarla como cuero regenerado.

En términos generales, no existe una política ambiental definida; sin embargo la empresa reconoce el componente ambiental como importante, y actualmente se encuentra desarrollando un plan de adecuación ambiental, que es requerido por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (MARN)

En el cuadro 5.1 se presenta un resumen de la información principal que se recolecto en la empresa A.

Cuadro 5.1 FICHA DE LA EVALUACION PRELIMINAR EN LA EMPRESA “A”

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------------|---|---|
| | Empresa A | | | |
| Persona de contacto | | Año de fundación | | |
| Dirección | ----- | | | |
| Teléfono | ----- | Fax | | |
| Giro y tipo de empresa | Curtiembre de Pieles. | | | |
| Empleados 10 empleados 8 horas al día. | Administración | 3 | No. de mujeres | 1 |
| | Producción | 7 | No. de mujeres | 0 |
| | Total | 10 | % de mujeres | 1 |
| Productos/Servicios prestados | Producen cuero de cerdo | | | |
| Producción Procesan entre 300-450 cueros de cerdo mensual | Producto | | Producción mensual | |
| | Cuero de cerdo | | 300-450 cueros procesados | |
| | | | | |
| | | | | |
| Mercado/clientes más importantes | Peleterías del mercado nacional | | | |
| Materias primas principales Cuero salado (de cerdo) | Materia prima | | Consumo mensual en función del peso del cuero procesado | |
| | Agua | | 1Lt x c/2Lbs.de cuero | |
| | Sulfato de cromo | | 3 al 5% del peso del cuero | |
| | Cal hidratada | | 4% “ | |
| | Cloruro de Sodio (sal común) | | 0.5-8% “ | |
| | Sulfhidrato de sodio | | 2.5% “ | |
| Desechos principales Aguas residuales de cromo Aguas de lavado Residuos de cuero | Desecho generado | Cantidad mensual | Disposición final | |
| | Aguas residuales de cromo y de lavado | n.d | Verterlas en la quebrada | |
| | Residuos de la obtención de grasa | n.d | Verterlos en la quebrada | |
| | Residuos de cuero grasas | n.d | Hacia el camión recolector | |
| | Residuos de cuero viruta | n.d | Camión recolector de Basura | |
| Consumo de agua | Consumo | 800 litros de Agua | Costo (\$) | |
| | Fuente de suministro | | Pozo | |
| Consumo de energía Energía eléctrica | Tipo de energía | Consumo mensual | Costo (\$/mes) | |
| | Eléctrica | 850Watt | \$126.267mes | |
| | | | | |
| | Otra (combustión de la madera) | Carbón | | |
| Fecha de visita | 5 Mayo del 2004 | Consultor(es)* | | |

n.d.: información no disponible por la empresa

5.1.1 Procesos de Producción de la Empresa A

El Proceso de producción de cuero inicia en el área de recepción, en la que se pueden tener pieles saladas y sin salar, las pieles sin salar se salan en seco, para luego seguir con el pesado de las pieles, y de esta forma aplicar los diferentes químicos en las operaciones. Posteriormente, este es llevado a unos barriles con agua para eliminar la sal, siguiendo con la eliminación del sebo y las partes en mal estado de la piel (roturas o manchas) en forma manual.

El proceso continua, cuando tienen descarnadas 100 pieles, siguiendo entonces con la eliminación del pelo colocando las pieles en unos tambores grandes de madera denominados batanes, donde se le agrega cal hidratada($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y sulfato de amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$; una vez terminada la operación se descarga el agua con la mezcla de químicos, la cual arrastra consigo pelos, las pieles se comienzan a acondicionar al proceso de curtición, donde posteriormente se le adiciona ácido fórmico(HCOOH) y ácido sulfúrico(H_2SO_4), con el objeto de preparar las pieles para la siguiente operación de curtición, en esta operación se adiciona sulfato de cromo comercial $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$, una vez absorbido parte del cromo en solución, la piel pasa a una etapa de reposo de 24 horas para su escurrido, y la solución de cromo es descargada en los vertidos líquidos.

Las pieles presentan una coloración azul debido a la absorción del cromo, a lo que se le conoce como “wet blue”. Llegando a la etapa de rebajado en donde se genera la viruta o aserrín de cuero, siendo la viruta vendida a otras tenerías que poseen maquinaria para poder tratarla y producir el cuero regenerado, las pieles pasan a la etapa de engrase y teñido que tiene la finalidad de darle suavidad y color al cuero, en la etapa de engrase se utiliza en la misma agua del batan y aceite de tiburón, luego es estirado en unos marcos de madera (poseen 100 marcos) en donde son clavados para un proceso de secado al ambiente, y debido a todos los procesos por los que ha pasado la piel, esta sufre ciertas roturas y rayones, por lo que es necesario aplicar el desorillado para eliminar todas las imperfecciones que posea el cuero en este momento.

Posteriormente el cuero pasa a una operación de pulido donde se afina la superficie del mismo, para luego pasar al pigmentado con anilina básica del color determinado a exigencias del cliente los cuales pueden ser café o negro. Terminando todo el proceso del cuero este es valorizado según la medida que posea en pies cuadrados (ft^2).

El diagrama de flujo para la empresa “A” se describe para cada una de las operaciones más importantes del proceso como lo son: Ribera, Curtido y Acabado en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, se describen estas operaciones tomando en cuenta las entradas, la operación o etapa y las salidas de las mismas.

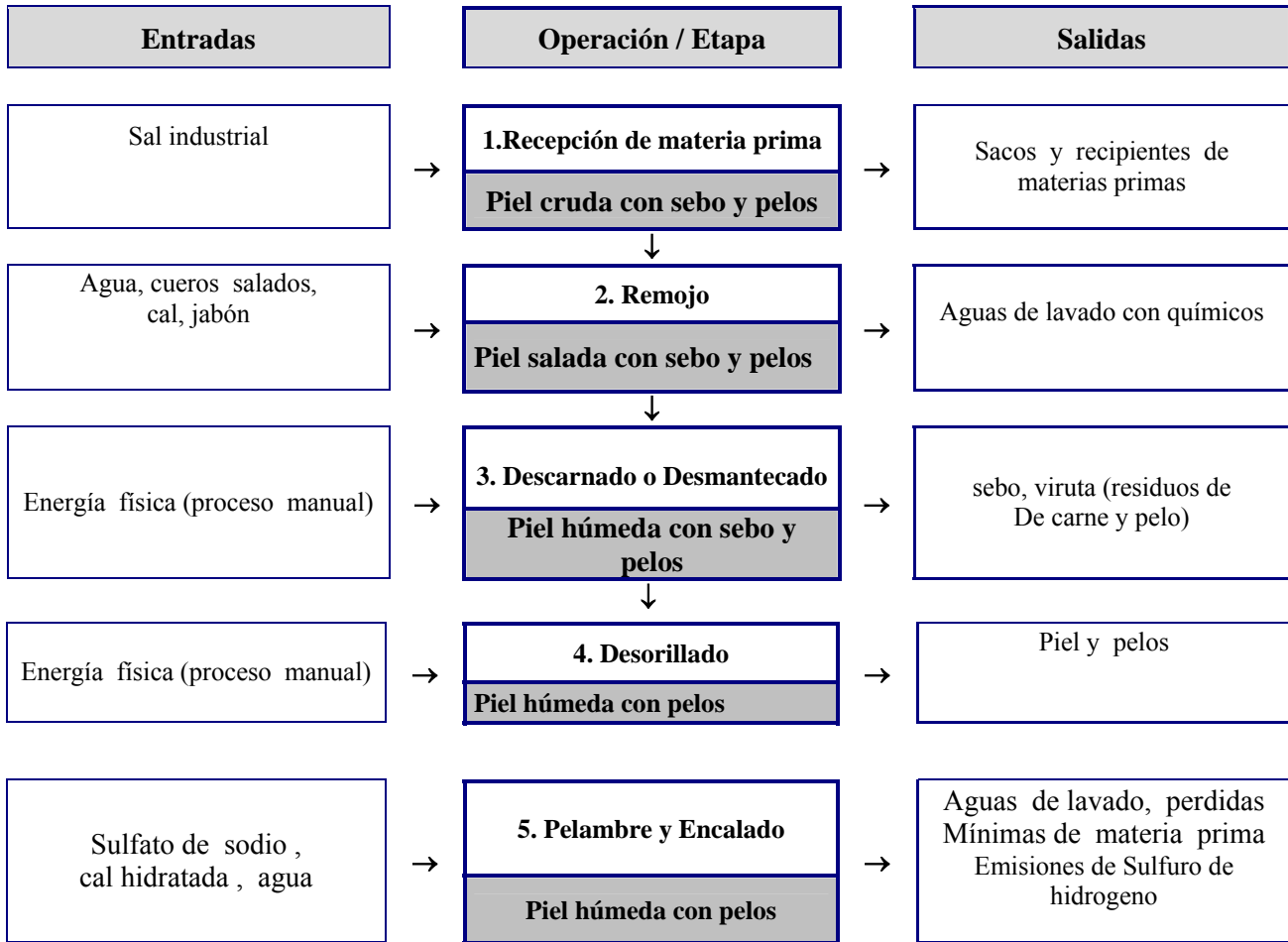


Figura 5.1: Diagrama de Flujo del Proceso Ribera de la Empresa A

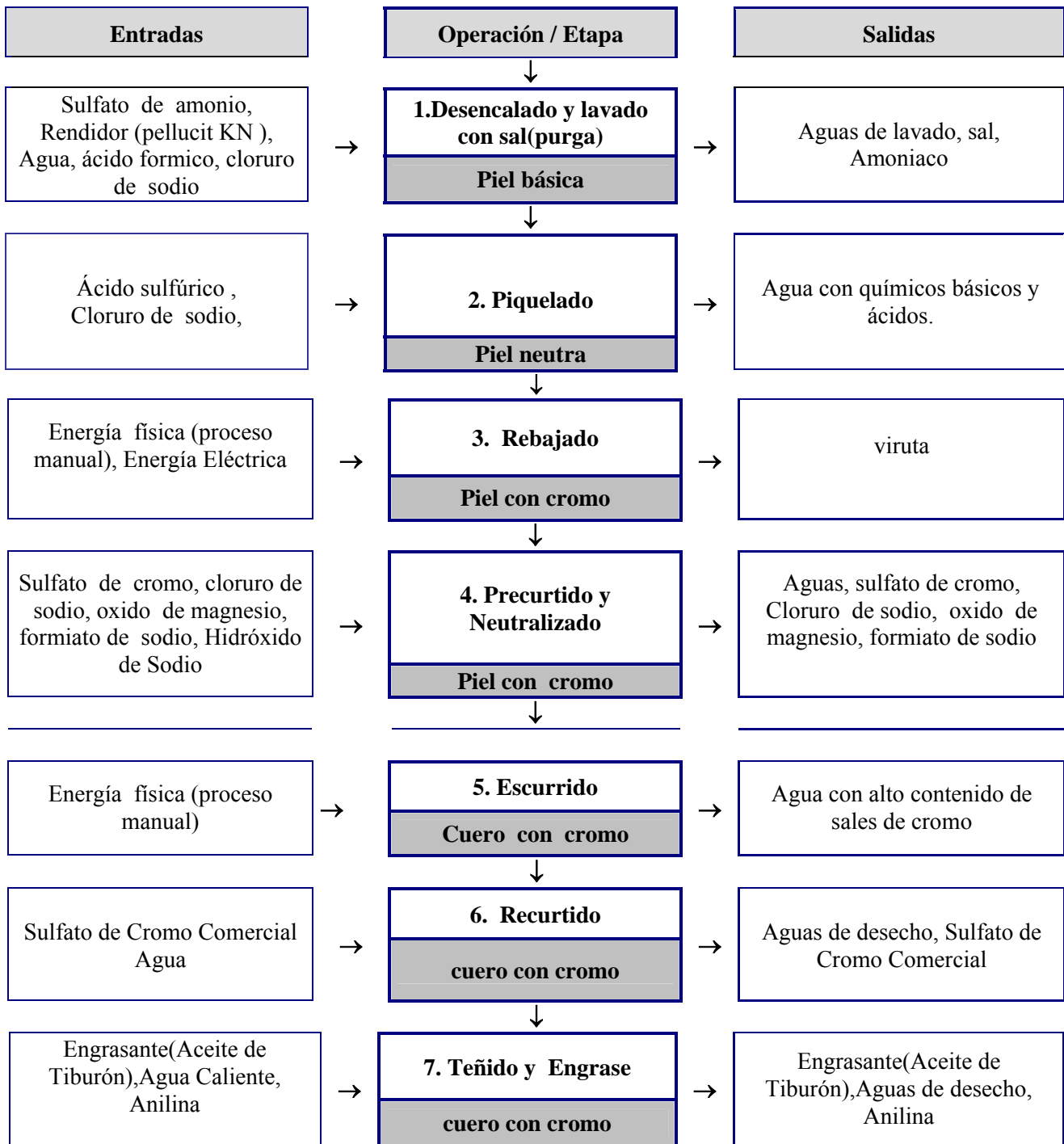


Figura 5.2: Diagrama de Flujo de Proceso de Curtido de la Empresa A.

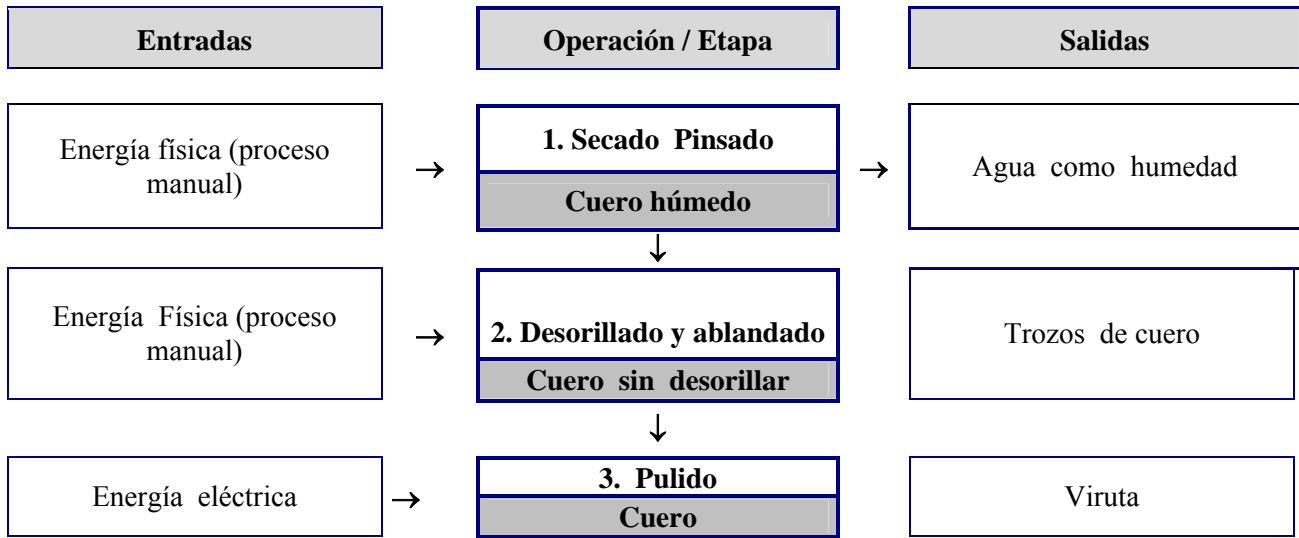


Figura 5.3: Diagrama de flujo de Proceso Acabado de la Empresa A.

5.1.2 Resultados de la Evaluación Preliminar de la Empresa A.

Las tablas en el Anexo 4 muestran la evaluación preliminar de los procesos de producción de cueros de EMPRESA “A”, desde el punto de vista de la producción más limpia. Además se muestra una comparación de los procesos de acuerdo al puntaje obtenido a través de la herramienta informática Eco-inspector.

La figura 5.4 presenta la matriz de los potenciales de producción más limpia para las diferentes áreas/procesos analizados. El eje de las abscisas, Potencial Económico de P+L, representa el promedio de los puntos de “costo”; el eje de las ordenadas, Potencial Ambiental de P+L, representa el promedio de los puntos de “proceso”.

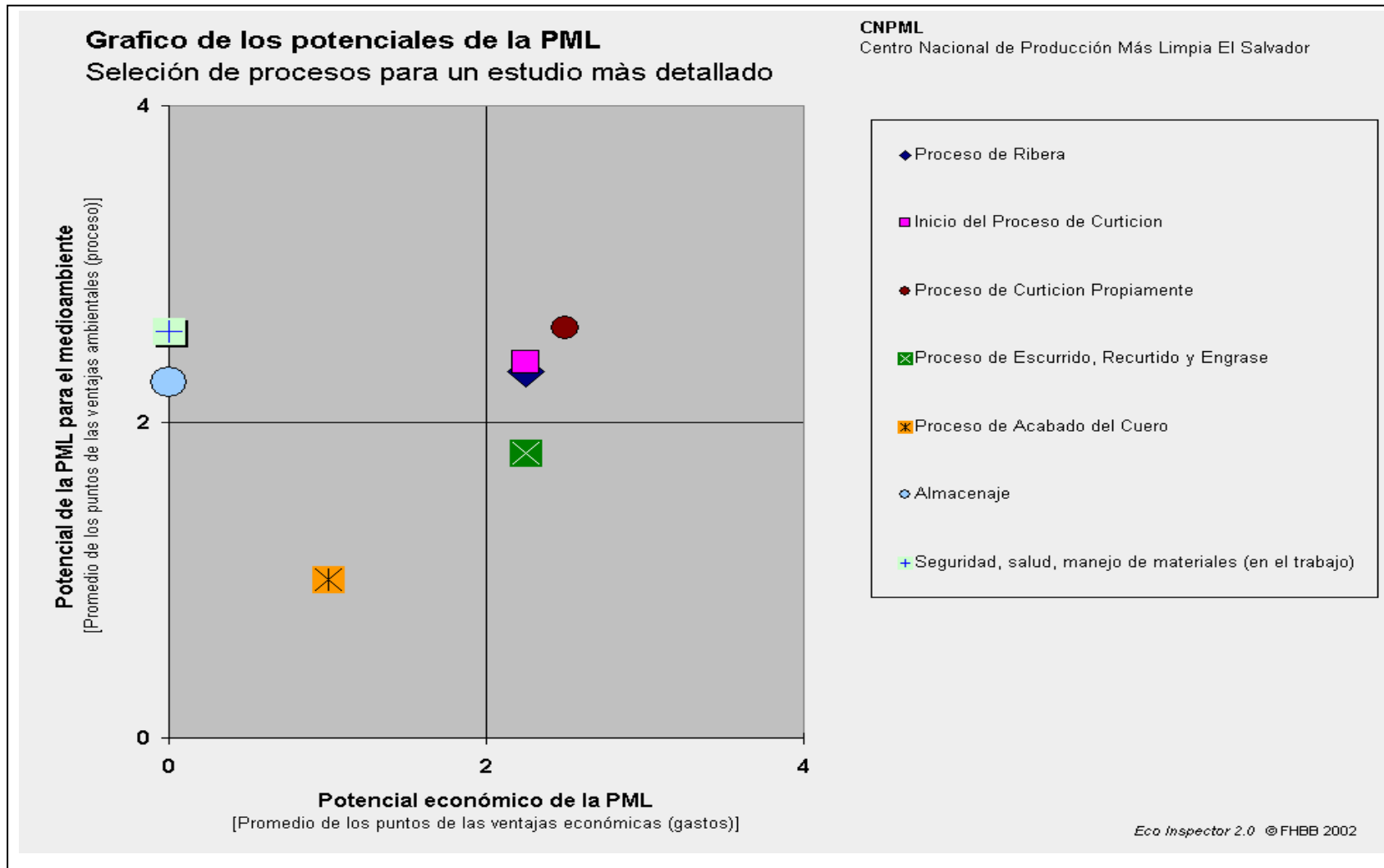


Figura 5.4: Matriz de potenciales de P+L generada a partir de los datos de la Empresa A.

5.1.3 Selección de Procesos para Evaluación en Planta en la Empresa A.

La Evaluación Preliminar muestra que existe potencial de mejora en diferentes áreas de producción en la Empresa A. Estas áreas son:

- ✓ **Proceso de Ribera.** Principalmente en las operaciones de recepción de materia prima para cuantificar el consumo de sal que es utilizado en las pieles frescas; operación de descarnado, donde se generan desechos sólidos como pelos, grasa animal; pelambre, debido al alto consumo de químicos que generan aguas de lavado con alta carga química, además de generarse emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) por el uso de Sulfuro de Sodio (Na_2S).
- ✓ **Inicio del Proceso de Curtición.** En las operaciones de desencalado y piquelado, cuantificando el consumo de químicos así como de la cantidad de vertidos líquidos generados así como también las emisiones de Amoniac (NH_3) por el uso de sales amoniacaes(NH_4) $_2$ SO_4 en la operación de desencalado; en la Operación de rebajado para la cuantificación de viruta generada.
- ✓ **Proceso de Curtido y Neutralizado.** Cuantificando la cantidad de sulfato de cromo utilizada, así como la cantidad de agua residual generada a la salida del proceso de curtición, principalmente por la cantidad de sal de cromo comercial que no es absorbida por el cuero y que se incorpora al vertido líquido sin ningún tipo de tratamiento.
- ✓ **Proceso de Ecurrido, recurtido y engrase.** Principalmente para cuantificar las aguas con cromo en la operación de escurrido y de engrasantes utilizados para darle una consistencia suave al cuero.
- ✓ **En el área de seguridad industrial** principalmente relacionada al manejo de químicos y disposición final de los desechos tanto liquidas como sólidos.

5.1.4 Observaciones para la Empresa A

Como resultado de la Evaluación Preliminar, se observo que:

- a) Debido a la falta de bodega de almacenamiento y materia prima, que para este caso es la recepción de pieles ya preparadas con sal, se presenta una alta contaminación bacteriológica y emanación de malos olores, lo que se manifiesta en un ambiente inadecuado de trabajo y posibles pérdidas de materia prima, aunque se utiliza la técnica de primeras entradas - primeras salidas (PEPS).

- b) El almacenamiento de químicos se hace dentro de la vivienda de los propietarios, y no se posee el equipo de protección para la manipulación de químicos tóxicos (mascarillas para polvo y gases, guantes, indumentaria).
- c) Existe poca protección en la operación de los batanes; están sin protección eléctrica y con su movimiento presentan derrames.
- d) Existe poca capacitación y orientación de los trabajadores sobre la peligrosidad de los químicos utilizados, sobre su correcta manipulación y sus consecuencias a la exposición directa.
- e) Los desechos líquidos son efluentes con químicos, mientras que los sólidos son desechos orgánicos (grasa, carne), pelos y viruta de cuero con químicos.
- f) La tenería espera también invertir en una prensa para dar mejor acabado al producto y tener un mayor valor agregado, y en una cocina para calentar el agua del batán y así no limitar el proceso de curtiembre sólo al mediodía, cuando se llega naturalmente a la temperatura óptima de reacción.

5.1.5 Conclusiones para la Empresa A.

1. La Empresa A no realiza un análisis del proceso productivo, ni mucho menos una caracterización fisicoquímica de sus aguas de desecho por lo que no conoce la eficiencia de dicho proceso, ni la utilización u optimización adecuada de sus materias primas y disposición de sus desechos.
2. La Empresa A no cuenta con un sistema de Seguridad Industrial adecuado que asegure un ambiente de trabajo libre de riesgos para la salud de los operarios y el medio ambiente.
3. La Empresa A no posee un programa de monitoreo del consumo de agua, el cual tendría como objetivo de minimizar el uso de este recurso, estandarizar procedimientos de limpieza y, por tanto, minimizar los desechos líquidos generados. Una vez los desechos líquidos han sido reducidos, diferentes opciones de tratamiento (incluyendo separación de sólidos y tratamiento biológico) pueden ser evaluados.

5.1.6 Recomendaciones para la Empresa A.

Como resultado de la realización de la Evaluación Preliminar en la Empresa A, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- a) Realizar una caracterización físico-química de las aguas de desecho tener una mejor noción del rendimiento de sus diferentes procesos así como también para comparar dichos valores con los establecidos según la norma salvadoreña de medio ambiente.
- b) Invertir en máscaras de gases, polvos, y equipo de protección especial para el proceso específicos.(guantes de hule, delantales, gabachas) logrando con esto un mejor ambiente laboral bajo el concepto de Seguridad Industrial.
- c) Señalizar y etiquetar correctamente los químicos y las áreas de almacenaje.
- d) Definir indicadores ambientales de desempeño para analizar los rendimientos de los procesos u operaciones con las que cuentan dichas empresas (masa de químico utilizado por masa de cuero).
- e) Sustituir el sistema de calentamiento del agua actual utilizada en la etapa de teñido y engrase, por un sistema que no produzca emisiones al medio ambiente.
- f) Mejorar el diseño de los batanes para reducir pérdidas generadas por el desgaste en la estructura del batan.
- g) Realizar una redistribución de planta para optimizar espacio

En el Anexo 4 se muestran las hojas de trabajo que se obtienen por medio del programa Eco Inspector, y que fueron utilizadas para el procesamiento y el análisis de la información que fue recopilada en las visitas técnicas realizadas a la EMPRESA “A”, Asimismo se adjunta una gráfica de comparación entre los procesos analizados, en base al total de puntos obtenidos en las áreas denominadas entradas, salidas y tecnología, que han sido utilizadas para la evaluación individual de estos procesos

5.2 EVALUACIÓN EN PLANTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE LAS EMPRESAS PROTOTIPO DEL SECTOR DE CURTIEMBRE. (EMPRESA A)

5.2.1 Producción Actual de la Empresa A

Para establecer la producción actual de la empresa A se recopiló información del procesamiento de dicho producto de los tres meses anteriores, los cuales corresponden a los meses de mayo junio y julio de 2004.

Dicho procesamiento es por lotes, debido a que la empresa espera primero tener una buena cantidad de pieles crudas para luego empezar con su procesamiento, el promedio de pieles que la empresa A realiza es 100-150 pieles en crudo por lote, realizando en total de 3 lotes en el mes, por lo que el procesamiento de pieles totales es de aproximadamente entre 300 y 450 pieles de cerdo por mes.

A continuación se muestra un cuadro resumen que muestra el procesamiento de cueros de tres meses.

Cuadro 5.2: Procesamiento de pieles de cerdo en crudo (TRANSITO,2004)

| Procesamiento de Pieles de Cerdo en Crudo | | |
|--|--------------|--------------|
| Mayo | Junio | Julio |
| 450 | 300 | 450 |

5.2.2 Principales Entradas

La empresa A cuenta como sus principales insumos el agua y la energía eléctrica, químicos para realizar el curtido de pieles, dicha agua es suministrada a la empresa por medio de un pozo, el cual se encuentra dentro de la empresa, por lo que dicho costo es asociado al bombeo de esta agua, el cual se realiza por medio de una bomba que se encargan de enviarla las operaciones que así lo requieran.

La energía eléctrica es adquirida por la Compañía Eléctrica de Oriente (EEO), la cual es utilizada para realizar las operaciones importantes dentro de la empresa.

Entre las materias primas más importantes de la empresa podemos mencionar la piel de cerdo en crudo y químicos, los cuales son utilizados en las diferentes etapas, cumpliendo diferentes funciones entre las que se pueden mencionar: conservación de la piel, acondicionamiento y acabado de la misma

En el cuadro 5.4 se muestra un resumen de las de principales entradas con las que cuenta la empresa A para el procesamiento de las pieles de cerdo, dichos datos fueron tomados a partir de la visita realizada a la empresa son en base a un lote de 150 pieles en crudo (Batch) proporcionados por (TRANSITO,2004) que es el supervisor de la empresa, tomando en cuenta que la empresa A realiza un promedio de aproximadamente 3 lotes por mes se calcula a partir de esto los consumos mensuales de los químicos.

Cuadro 5.3: Resumen de las materias primas principales de la empresa.

| Materia Prima | Cantidad (Kg mensual) | Costo Unitario(\$/kg) | Costo(\$) |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| Pielés de Cerdo | 10,206.0 * | n.d | n.d |
| Soda Cáustica | 7.0 | 0.83 \$/kg | 5.81 |
| Formiato de Sodio | 20.40 | 0.53 \$/kg | 10.812 |
| Cal (CaOH) ₂ | 57 | 0.20 \$/kg | 11.4 |
| Sulfato de Amonio | 60.0 | 0.40 \$/kg | 24 |
| Rendidor | 11.55 | 1.74 \$/kg | 20.09 |
| Humectante | 12.5 | 1.29 \$/kg | 16.12 |
| Ácido Sulfúrico | 18.36 | 0.257 \$/kg | 4.71 |
| Coratyl – O (agotador) | 5.43 | 1.30 \$/kg | 7.059 |
| Baychrom | 120 | 1.017 \$/kg | 122.04 |
| Cloruro de Sodio | 550 | 0.20 \$/kg | 110 |
| Grassan F | 82.71 | 2.14 \$/kg | 176.99 |
| Sulfato de Aluminio | 5.43 | 0.226 \$/kg | 1.22 |
| Anilina | 0.33 | 10 \$/kg | 3.3 |
| Recurtientes Vegetales | 5.43 | 1.54 \$/kg | 8.36 |
| Dióxido de Titanio | 0.66 | 3.43 \$/kg | 2.26 |
| Sulfuro de Sodio | 14.94 | 0.845 \$/kg | 12.62 |
| | | | |

*Peso de 150 cueros en salado (el peso de un cuero salado es de 50 libras / cuero(22.67 kg), el costo no fue proporcionado por la empresa (n.d)

Cuadro 5.4 Resumen de los principales insumos con los que cuenta la empresa.

| Insumo | Cantidad(mensual) | Costo(\$) |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| Agua (m ³)* | 8.43 | 9.61 |
| E. Eléctrica** | n.d | 30 |

*Costo calculado en base al consumo de agua en la empresa (balance de materia)

** Costo calculado en base a la facturación de los últimos 3 meses de la empresa.

5.2.3 Desechos y Emisiones

5.2.3.1 Vertidos Líquidos

Los principales desechos líquidos generados en la empresa A son los correspondientes a las operaciones de pelambre, piquelado, precurtido al cromo, escurrido recurtido y engrase, esto debido principalmente al alto contenido de químicos que se utilizan en estas operaciones, debido a que el equipo con el que cuenta la empresa A para realizar estas operaciones no es el adecuado (Batanes) ya que este tiene mucho tiempo de uso, por lo que se producen fugas durante la rotación en el procesamiento de las pieles, provocando pérdidas económicas para la empresa y generando importantes cantidades de vertidos líquidos que poseen un pH básico (provenientes de las operaciones de remojo, pelambre, desencalado) y de carácter ácido (provenientes de las operaciones de piquelado, precurtido, recurtido y engrase) que son descargados al río sin ningún tipo de tratamiento o disposición.

En el cuadro 5.5 se muestran cuantificadas cada una de las descargas líquidas generadas en la empresa A.

Cuadro 5.5: Principales vertido líquidos generados en el procesamiento de pieles de cerdo

| Pelambre (Batch) | Piquelado (Batch) | Precurtido al Cromo (Batch) | Desencalado (Batch) | Remojo y Enjuague (Batch) | Engrase (Batch) | Recurtido y Enjuague (Batch) |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 110 gal | 8.5 gal | 46.5 gal | 192.5 gal | 148.41 gal | 55 gal | 110 gal |

BASE: 1 Batch = 150 pieles

En total se tiene 670.91 galones de agua de desecho generadas a partir del procesamiento de 150 pieles.

Para un mes de producción en el que la empresa realiza en promedio 3 batch, se tiene que las aguas de desecho generadas son de 2012.73 gal / mes (7.61 m³ de agua de desecho por mes).

Aguas de Desecho =670.9 galones por Batch

5.2.3.2 Desechos Sólidos

En cuanto a la generación de desechos sólidos dentro de la empresa podemos mencionar los generados en las operaciones de desmantecado, rebajado y desorillado de la piel, generándose en la primera grasa que es separada de la piel de manera manual por medio de cuchillas, en el rebajado la piel es colocada en una máquina que busca reducir el espesor de los cueros de acuerdo a las necesidades del cliente, generando residuos o viruta.

En la operación de desorillado el desecho generado es debido al corte de las imperfecciones que posee el cuero producto de el estirado durante el secado.

Los desechos sólidos generados por la empresa en especial los de viruta no poseen ningún tipo de tratamiento y disposición final y son llevados al botadero de basura que se encuentra cercano a la empresa.

En el cuadro 5.6 se muestran cuantificadas cada una de los vertidos sólidos generados en la empresa A.

Cuadro 5.6: Principales desechos sólidos generados en la empresa A para un Batch de 150 pieles en proceso.

| Desorillado(Batch) | Rebajado(Batch) | Desmantecado (Batch) |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 304.3 kg* | 685. 83 kg* | 464 kg* |

*Datos de desecho son expresados como peso húmedo

BASE: 1 Batch = 150 pieles.

5.2.3.3 Emisiones Gaseosas

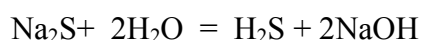
En cuanto a las emisiones gaseosas se identificaron y cuantificaron de manera estequeométrica las causadas por la quema de carbón para el calentamiento del agua que es suministrada en la operación de engrase.

Además se cuantificaron de forma estequeométrica las generadas en la operación de desencalado que son relacionadas a emisiones de amoniaco por la reacción del sulfato de amonio, que produce el hidróxido de amonio y que luego se disocia en amoniaco, así como también las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno provenientes de la operación de Pelambre.

Para el cálculo estequiométrico de las emisiones anteriormente mencionadas se tomaron en cuenta las siguientes reacciones:

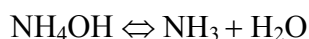
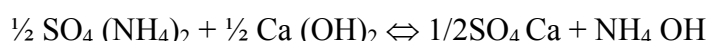
Reacción que ocurre en la operación de Pelambre y Encalado:

Calculo de las emisiones de H₂S



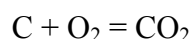
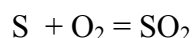
Reacción que ocurre en la operación de Desencalado:

Calculo de las emisiones de NH₃



Reacción que ocurre por la quema de carbón:

Calculo de las emisiones de CO₂ y SO₂



Cuadro 5.7: Emisiones gaseosas calculadas basándose en un Batch de producción (150 pieles).

| Operación / Proceso | Emisión Gaseosa (kg/ Batch) |
|---------------------|---|
| Desencalado | 5.14 kg de NH ₃ |
| Quema de Carbón | 0.81 kg de SO ₂ y 149.6 kg CO ₂ |
| Pelambre | 2.176 kg de H ₂ S |

BASE: 1 Batch = 150 pieles.

Emisiones generadas en un mes:

15.44 kg NH₃ por mes

2.44 kg de SO₂ por mes

448.8 kg de CO₂ por mes

6.52 kg de H₂S por mes

5.2.4 Balance de Materia y Energía

Los balances de materia se realizarón principalmente con el objetivo de cuantificar el consumo de agua que se utiliza en las diferentes operaciones involucradas, así como también el consumo de los diferentes tipos de químicos que son necesarios para el procesamiento de las pieles de cerdo, además mediante dicho balance de materia se

cuantifico la cantidad de desecho sólido generado proveniente de las operaciones de desmantecado, rebajado, desorillado y la cantidad de sal (NaCl) utilizada por la empresa para la conservación de las pieles, ya que ellos reciben en promedio 50 pieles mensuales en fresco.

También a través de dicho balance se calculó de manera estequeometrica la cantidad de emisiones gaseosas de SO₂ y CO₂ generadas por la quema de carbón para el calentamiento del agua que es utilizada en la operación de engrase, así como también las emisiones de amoniaco generadas en la operación de desencalado y de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) en la operación de Pelambre.

Se realizó un monitoreo de los recursos anteriormente mencionados durante un período que fue entre 6 y 8 días en el cual se procesan 150 pieles en crudo (proceso en el cual la piel cruda tarda desde que entra a proceso hasta obtener el producto final que es el cuero acabado) con el cual se puede obtener un dato bastante preciso sobre el consumo de estos durante el tiempo anteriormente estipulado.

a. Recepción de Materia Prima:

Pieles de cerdo en Crudo: 150 pieles saladas.

Se peso uno de las pieles en salado dando un peso aproximado de 50 libras/ piel (22.7 kg /piel salado).

Asumiendo que las 150 pieles son aproximadamente iguales se tiene que el peso total de las pieles es de:

$$150 \text{ pieles} \times 22.7 \frac{\text{kg}}{\text{piel}} = 3405 \text{ kg de piel salado}$$

Peso de las pieles saladas: 3405 kg de pieles saladas.

Extrapolando para un mes y sabiendo que la empresa A realiza en promedio de 3 batch por mes tenemos: 3504 kg de piel / Batch X 3 Batch = 10,512 kg de pieles por mes

Calculando el consumo de la sal para conservar las pieles en la recepción de materia prima.

La empresa A informó que de las 150 pieles que entran al procesamiento de curtiembre se tiene que ellos por partida (batch) reciben en promedio un total de 50 pieles frescas, el resto son proporcionadas a la empresa ya con la sal incorporada, así también se nos dijo que ellos alas 50 pieles restantes se les adicionaba en promedio 4-6 libras de sal por piel (1.81- 2.72

kg sal por piel) por lo que el consumo de sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima es de:

$$2.72 \frac{\text{kg sal}}{\text{piel}} \times 50 \text{ pieles frescas} = 136.07 \text{ kg de sal por batch}$$

Por lo que el consumo por Batch de sal:

136.07 kg de sal por batch

b. Operación de Remojo y Enjuague:

Base 150 pieles o una partida (batch)

Datos de Entrada

Pieles saladas: 3405 kg de piel

Agua: para estimar el consumo de agua en esta operación la empresa mediante su pozo y a través de una bomba recolecta el agua en unos barriles los cuales tienen una capacidad de aproximadamente 55 galones, por lo que para dicha operación se ocuparon dos barriles por lo que el consumo de agua es:

Volumen de un Barril = 55 galones

Volumen de agua ocupado en remojo = $55 \times 2 = 110$ galones de agua

Soda Cáustica (NaOH): Se adicionan entre (1.8 kg y 2.7 kg) por partida (batch)

Humectante: Se adicionan entre (1.3 kg y 2.2 kg) por partida (batch)

Calculando las aguas de desecho generadas en la operación de remojo y enjuague tenemos:

Se peso 4 pieles en la balanza de la empresa para estimar un promedio de la cantidad de agua que es absorbida por dichas pieles teniendo los siguientes resultados:

Peso promedio de las pieles en húmedo: 56 libras/piel

Peso promedio de la piel en seco (salado): 52 libras/piel

Diferencia de peso: 56 libras – 52 libras = 4 libras de agua / piel o 1.81 kg de agua/piel

A partir de la densidad del agua tenemos:

$$\text{Densidad: } 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Calculando el Volumen de Agua en las pieles:

$$\rho = \frac{Masa}{Volumen}$$

Despejando el Volumen Tenemos:

$$Volumen = \frac{Masa}{\rho}$$

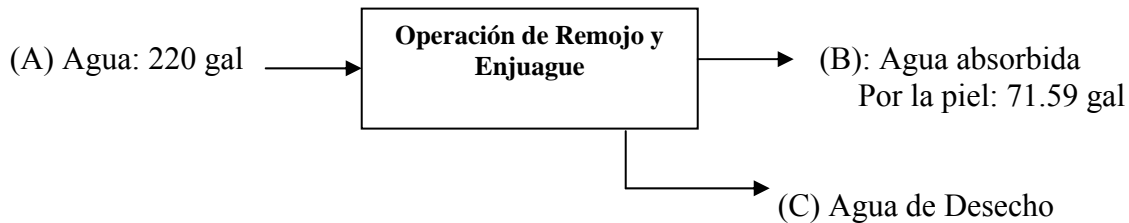
$$Volumen = \frac{1.81 \text{ kg de agua}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.00181 \frac{\text{m}^3 \text{ de agua}}{\text{piel}} = 1.81 \frac{\text{litros}}{\text{piel}}$$

Calculando el Volumen Total de Agua retenida en las Pieles tenemos:

$$1.81 \frac{\text{litros}}{\text{piel}} \times 150 \text{ pieles} = 271 \frac{\text{litros de agua}}{\text{batch}} = 71.59 \frac{\text{galones}}{\text{batch}}$$

Calculando las aguas de desecho generadas en la operación de Remojo y Enjuague:

Realizando un Balance de Agua



Calculando las Aguas de Desecho:

$$A = B + C$$

La variable (C):

$$C = A - B$$

$$C = 220 \text{ gal} - 71.59 \text{ gal} = 148.41 \text{ gal}$$

$$\text{Agua de Desecho} = 148.41 \frac{\text{galones}}{\text{batch}}$$

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: 1000 kg / m^3

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: 148.41 galones / batch = 0.561 m³ / batch

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = 1000 kg/ m³ * 0.561 m³ = 561 kg de desecho / batch

Agua de Desecho: 148.41 galones / batch

Masa de Desecho 561 kg / batch

De acuerdo a un estudio Técnico sobre Manejo de Residuos en Curtiembre realizado por el Centro de Promoción y Tecnologías Sostenibles de Bolivia (CPTS) La Paz Bolivia (2000).

El porcentaje típico de reactivos químicos que es retenido en el cuero (15%). El porcentaje restante (85%), no es retenido en el cuero y se elimina en el efluente. Este gran porcentaje de reactivos no retenidos, produce un impacto ambiental y puede estar asociado a pérdidas económicas, como resultado de un posible uso ineficiente de estos insumos.

Balance de Químicos: Operación de Remojo y enjuague:

Soda Cáustica (NaOH): 2.3 kg por partida

Humectante: 1.85 kg por partida.

Total de Químicos a la Entrada: 4.15 kg

Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:

4.15 kg de químicos * (15%)

4.15 kg * 0.15 = 0.62 kg de químicos absorbidos en l piel.

Soda Cáustica que se va en el Vertido liquido: 1.95 kg

Humectante: 1.57 kg

c. Operación de Desmantecado:

Datos de Entrada:

150 pieles: (Peso húmedo)

Calculando el peso de las pieles en húmedo tenemos:

El peso promedio de un piel húmedo es de 56 libras / piel

$$56 \frac{\text{libras}}{\text{piel}} \times 150 \text{ pieles} = 8400 \frac{\text{libras}}{\text{batch}} = 3810 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$$

Peso de las pieles: 3810 kg + peso ganado por los químicos

Peso de las pieles: (3810 + 0.62) kg = 3810.62 kg

Finalizada la operación de Remojo y Enjuague las pieles en húmedo son sacadas de los batanes para realizarse la operación de desmantecado la cual consiste en remover de manera mecánica y con cuchillas toda la grasa o sebo que se encuentra presente en el animal, durante la visita se pudo cuantificar que para un batch de 150 pieles se obtuvieron los siguientes resultados:

Peso Húmedo:

Peso del recipiente solo: 2.5 libras:

Peso del recipiente 1 + grasa = 268 libras

Peso del recipiente 2 + grasa = 261 libras

Peso del recipiente 3 + grasa = 262 libras

Peso del recipiente 4 + grasa = 242 libras

Total de Grasa Obtenida: 1033 libras

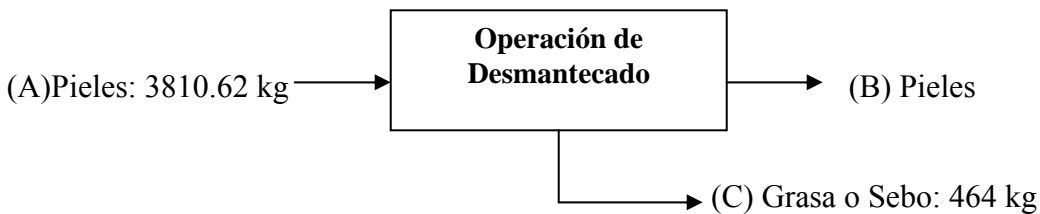
Restando el peso de los recipientes: 2.5 libras * 4 = 10 libras

Peso Total de la grasa: (1033-10) libras = 1023 libras de grasa o sebo generado en la operación de desmantecado (464 Kg. de grasa por batch)

Desecho Sólido: 1,023 libras de grasa / batch * 3 = 3069 libras / mes

Desecho Sólido por mes: 3,069 libras / mes

Peso En Base Húmeda



$$A = B + C$$

Despejando la variable (B):

$$B = A - C$$

$$B = 3,810.62 \text{ kg} - 464 \text{ kg} = 3,346.62 \text{ kg}$$

Por lo que la cantidad de pieles a la salida de la operación es:

| |
|----------------------------------|
| B = 3,346.62 kg de pieles |
|----------------------------------|

d. Operación de Pelambre:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Cal (CaOH)₂: 18-20 kg

Pieles: 3,446.62 kg (peso húmedo)

Sulfuro de Sodio(Na₂S): (4.53 kg – 5.44 kg)

Para el consumo de agua en esta operación se cuantificó que se utilizaron en total 2 barriles de 55 galones cada uno, el tiempo de rotación en el batan fue de aproximadamente una hora para posteriormente dejarla las pieles en reposo por 24 horas.

Posteriormente toda el agua consumida en esta operación es descargada sin ningún tipo de tratamiento y disposición, hacia las alcantarillas.

Balance de Agua:



| |
|--|
| Consumo de Agua: 110 galones / batch |
| Aguas de Desecho: 110 galones / batch |

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: 1000 kg / m³

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: 110 galones / batch = 0.416 m³ / batch

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

$$\text{Masa de desecho} = 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.416 \text{ m}^3 = 416 \text{ kg de desecho / batch}$$

Agua de Desecho: 110 galones / batch

Masa de Desecho 416 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Pelambre

Sulfuro de Sodio(Na_2S): 4.98 kg por partida

Cal (CaOH)₂: 19 kg por partida.

Total de Químicos a la Entrada: 23.98 kg

Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:

Sulfuro de Sodio: $4.98 * 0.15 = 0.747 \text{ kg}$

Sulfuro de Sodio que se va en el Vertido Liquido: $4.98 - 0.747 = 4.23 \text{ kg}$

Cal: $19 * 0.15 = 2.85 \text{ kg}$

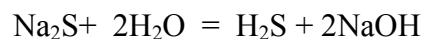
Cal que se va en el Vertido liquido: $19 - 2.85 = 16.15 \text{ kg}$

Químicos absorbidos por las pieles: 3.59 kg

Químicos en el Efluente: 20.38 kg

Calculo de Emisiones Gaseosas:

Durante la operación de pelambre se generan emisiones gaseosas de sulfuro de hidrogeno el cual se forma a partir de la reacción del sulfuro de sodio con el agua, para el cálculo de dichas emisiones se realizará de manera estequeometrica a través de la ecuación química que rige la reacción:



Datos para realizar los cálculos estequeometricos:

PM: Sulfuro de Sodio: (Na_2S) = 78 kg / kg mol

PM: Sulfuro de Hidrogeno: (H_2S) = 34.082 kg / kg mol

Cantidad de Sulfuro de Sodio que se ocupa por partida para la operacion de pelambre:

$\text{Na}_2\text{S} = 4.98 \text{ kg / batch.}$

Calculando por estequiometria las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno generadas por batch:

$$Kg \text{ de } H_2S = 4.98 \text{ kg de } Na_2S \frac{34.082 \text{ kg } H_2S / \text{kg mol}}{78 \text{ kg } Na_2S / \text{kg mol}} = 2.176 \text{ kg } H_2S$$

Emisiones de H₂S: 2.176 kg / Batch

e. Operación de Desencalado:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Pielés en húmedo: 3,350.21 kg

Sulfato de Amonio (SO₄ (NH₄)₂): 20kg

Rendidor: (3.17 – 4.53) kg

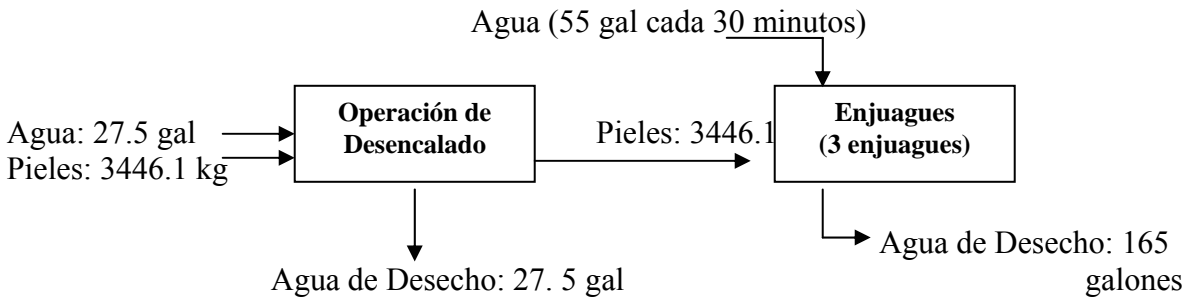
Humectante: (0.90 – 1.81) kg

Hidróxido de Calcio (CaOH)₂: 5-6 libras (2.26 – 2.72) kg

Consumo de agua: En total la empresa consume un total de de 192.5 galones el cual se distribuye de la siguiente manera:

Al iniciar la operación de Desencalado se adiciona medio barril de agua (27.5 galones) se realiza una rotación de aproximadamente 10 a 15 minutos, y luego se deja reposar las pieles con la solución por aproximadamente 2 horas, posteriormente se descarga la solución y luego se realizan tres enjuagues o lavados en periodos de 30 minutos por barril totalizando un consumo de agua de 3 barriles (165 galones).

Consumo de Agua Total en la operación de desencalado: 192.5 galones / batch



Agua Total de Desecho: 192.5 galones / batch.

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: $192.5 \text{ galones} / \text{batch} = 0.728 \text{ m}^3 / \text{batch}$

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * 0.728 \text{ m}^3 = 728 \text{ kg de desecho} / \text{batch}$

Agua de Desecho: 192.5 galones / batch

Masa de Desecho 728 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Desencalado

Sulfato de Amonio($\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$): 20 kg por partida

Rendidor: 3.85 kg por partida.

Humectante: 1.36 kg

Hidróxido de Calcio(CaOH_2): 2.72 kg

Total de Químicos a la Entrada: 27.93 kg

Balance de Químicos: Operación de Desencalado

Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:

Sulfato de Amonio: $20 * 0.15 = 3.0 \text{ kg}$

Sulfato de Amonio que se va en el Vertido Liquido: $20 - 3 = 17 \text{ kg}$

Rendidor: $3.85 * 0.15 = 0.57 \text{ kg}$

Rendidor que se va en el Vertido liquido: $3.85 - 0.57 = 3.27 \text{ kg}$

Humectante: $1.36 * 0.15 = 0.204 \text{ kg}$

Humectante que se va en el Vertido liquido: $1.36 - 0.204 = 1.15 \text{ kg}$

Balance de Químicos: Operación de Desencalado

Hidróxido de Calcio: $2.72 * 0.15 = 0.408$ kg

Hidróxido de Calcio que se va en el Vertido liquido: $2.72 - 0.408 = 2.312$ kg

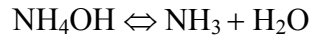
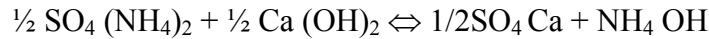
Químicos absorbidos por las pieles: 4.198 kg

Químicos en el Efluente: 23.73 kg

Calculo de Emisiones Gaseosas:

En dicha operación se producen emisiones gaseosas de amoniaco por el uso de sulfato de amonio el cual reacciona con el hidróxido de calcio para dar el hidróxido de amonio que luego se disocia en amoniaco gaseoso incorporándose al aire.

Las reacciones químicas que se dan son las siguientes:



Datos para realizar los cálculos estequeometricos:

PM: Sulfato de Amonio: $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 = 132.141$ kg / kg mol

PM: Hidroxido de Amonio: $(\text{NH}_4\text{OH}) = 35.045$ kg / kg mol

PM: Amoniaco: $(\text{NH}_3) = 17.03$ kg / kg mol

Cantidad de Sulfato de Amonio que se ocupa por partida para la operacion de Desencalado:

$\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2 = 20$ kg / batch.

Calculando por estequeometría las emisiones de Amoniaco generadas por batch:

Calculando primero la cantidad de Hidróxido de Amonio:

$$\text{Kg } \text{NH}_4\text{OH} = 20 \text{ kg } \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 \frac{35.0452 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH} / \text{kg mol}}{(0.5) * 132.14 \text{ kg } \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 / \text{kg mol}} = 10.59 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH}$$

Calculando ahora las emisiones gaseosas de amoniaco a partir de la segunda reacción:

$$Kg NH_3 = 10.59 kg NH_4OH \frac{17.03 \frac{kg NH_3}{kg mol}}{35.04 \frac{kg NH_4OH}{Kg mol}} = 5.14 kg NH_3$$

Emisiones de NH₃: 5.14 kg / Batch

e. Operación de Piquelado:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Pieles en húmedo: 3,354.40 kg

Cloruro de Sodio(NaCl): (34.01 – 45.359)kg

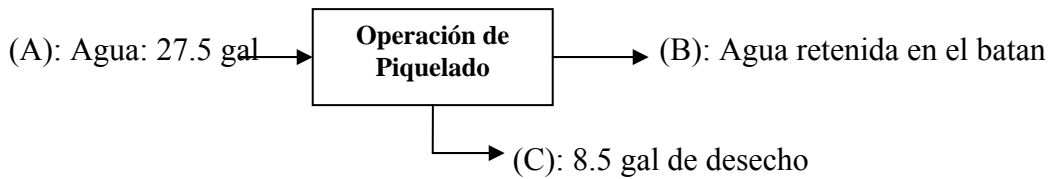
Ácido Sulfúrico(H₂SO₄): (5.44 – 6.80) kg

Consumo de Agua: 27.5 galones

Tiempo de rotación: 10-15 minutos:

Tiempo de Reposo: 24 horas

Durante dicha operación se cuantificaron fugas en 1 batan durante su rotación las cuales fueron recolectadas en una cubeta con un volumen de 5 galones obteniéndose un volumen aproximado de 8.5 galones de agua de desecho que va hacia las alcantarillas sin ningún tipo de tratamiento



$$A = B + C$$

Despejando la variable (B):

$$B = A - C$$

$$B = 27.5 \text{ gal} - 8.5 \text{ gal} = 19 \text{ gal (agua para inicio de curtido)}$$

Consumo de Agua: 8.5 gal / batch
Agua de Desecho: 8.5 gal / batch

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: $8.5 \text{ galones} / \text{batch} = 0.0321 \text{ m}^3 / \text{batch}$

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * 0.0321 \text{ m}^3 = 32.1 \text{ kg de desecho} / \text{batch}$

Agua de Desecho: 8.5 galones / batch

Masa de Desecho 32.1 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Piquelado

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): 6.12 kg por partida

Total de Químicos a la Entrada: 6.12 kg

Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:

Ácido Sulfúrico: $6.12 * 0.15 = 0.92 \text{ kg}$

Ácido Sulfúrico que se va en el Vertido Líquido: $6.12 - 0.918 = 5.20 \text{ kg}$

Químicos absorbidos por las pieles: 0.92 kg

Químicos en el Efluente: 5.20 kg

f. Operación de Precurtido al Cromo:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Pieles en húmedo: 3,355.32 kg

Sulfato de Cromo ($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): 20 kg

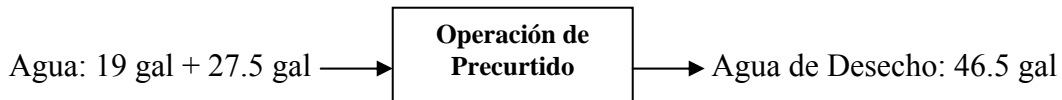
Formiato de Sodio: (4.53 -5.449) kg

Coratyl-O: (1.36 – 1.81) kg

Consumo de Agua: 19 galones de agua provenientes de la operación de piquelado.

Se adiciona al batan un volumen de 27.5 galones (1/2 barril) de agua posteriormente se rota por aproximadamente entre 15-20 minutos durante 2 horas y luego los cueros se dejan reposar por un tiempo de 4 horas

Al finalizar la operación el agua contenida en el batan descargada hacia las alcantarillas.



Consumo de Agua: 46.5 gal / batch
Aguas de Desecho: 46.5 gal / batch

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: $46.5 \text{ galones} / \text{batch} = 0.1760 \text{ m}^3 / \text{batch}$

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * 0.1760 \text{ m}^3 = 176 \text{ kg de desecho} / \text{batch}$

Agua de Desecho: 46.5 galones / batch
Masa de Desecho 176 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Precurtido al Cromo

Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): 20 kg
 Coratyl-o: 1.81 kg
 Formiato de Sodio: 5.44
 Total de Químicos a la Entrada: 27.25 kg
 Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:
 Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): $20 * 0.15 = 3$ kg
 Sulfato de Cromo ($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$) que se va en el Vertido Liquido: $20 - 3 = 17$ kg
 Oxido de Magnesio (Coratyl – O): $1.81 \text{ kg} * 0.15 = 0.271$ kg
 Oxido de Magnesio(Coratyl–O) que se va en el Vertido Liquido: $1.81 - 0.271 = 1.53$ kg
 Formiato de Sodio: $5.44 * 0.15 = 0.816$ kg
 Formiato de Sodio que se va en el Vertido Liquido: $5.44 - 0.816 = 4.62$ kg
 Químicos absorbidos por las pieles: 4.087 kg
 Químicos en el Efluente: 23.16 kg

g. Operación de Rebajado:

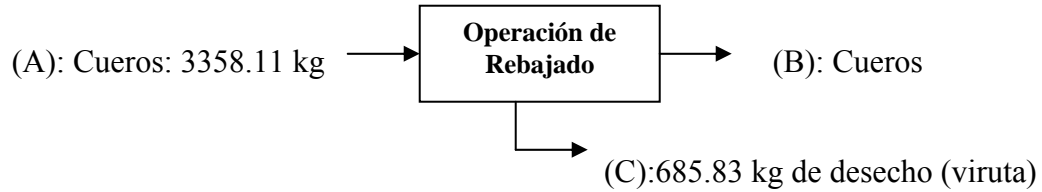
Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Pieles en húmedo: 3,358.11 kg

Finalizada la operación de precurtido al cromo las pieles en húmedo son sometidas a una separación mecánica la cual se realiza en una maquina rebajadora que tiene por objetivo principal separar la carnaza de la piel del lado de la flor (cuero de primera calidad), así como residuos de viruta, en esta operación durante la visita realizada se pudo cuantificar 21 bolsas las cuales se procedió a pesar en la bascula de la empresa, cada bolsa peso en promedio 72 libras/ bolsa por lo que la cantidad de desecho sólido generado en dicha operación se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Desecho Sólido} = 72 \frac{\text{libras}}{\text{bolsa}} \times 21 \text{ bolsas} = 1512 \frac{\text{libras}}{\text{batch}} = 685.83 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$$

$$\text{Desecho Sólido generado mensual: } 685.83 \frac{\text{kg}}{\text{batch}} \times \frac{3 \text{ batch}}{\text{mes}} = 2057.49 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$



$$A = B + C$$

Despejando la variable (C):

$$C = A - B$$

$$B = 3358.11 \text{ kg} - 685.83 \text{ kg} = 2672.28 \text{ kg de cuero}$$

Por lo que la cantidad de cueros después de la operación de Rebajado es:

| |
|--------------------------------|
| B = 2672.28 kg de cuero |
|--------------------------------|

h. Operación de Recurtido y Enjuague:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

Pieles en húmedo: 2672.28 kg

Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): 20 kg

Formiato de Sodio: (0.90 kg – 1.36 kg)

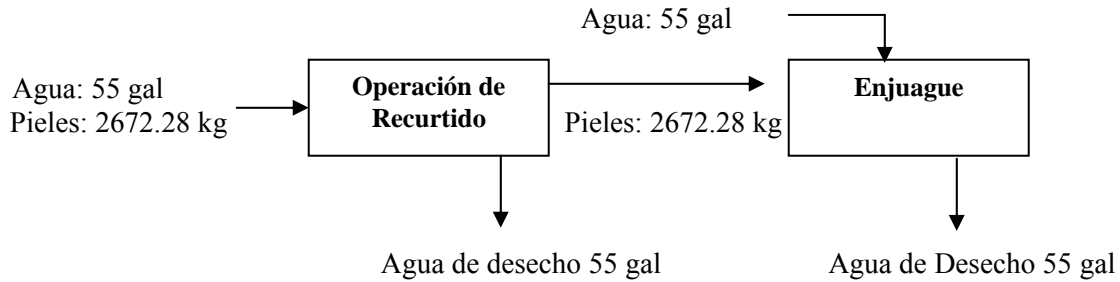
Humectante: (0.45 kg – 0.90 kg)

Consumo de Agua: 55 galones (1 barril)

Tiempo de Rotación: 1- 2 horas

Reposo de las pieles: 3 horas

Enjuagues: Luego del reposo de las pieles se descarga el contenido de agua en el batan y se adicionan 55 galones mas de agua para realizar dicho enjuague.



Consumo de Agua: 110 gal / batch
Aguas de Desecho: 110 gal / batch

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: $110 \text{ galones} / \text{batch} = 0.416 \text{ m}^3 / \text{batch}$

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * 0.416 \text{ m}^3 = 416 \text{ kg de desecho} / \text{batch}$

Agua de Desecho: 110 galones / batch
Masa de Desecho 416 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Recurtido y Enjuague

Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): 20 kg por partida
 Humectante: 0.90 kg
 Formiato de Sodio: 1.36 kg
 Total de Químicos a la Entrada: 22.26 kg
 Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:
 Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): $20 * 0.15 = 3 \text{ kg}$
 Sulfato de Cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$): que se va en el Vertido Liquido: $20 - 3 = 17 \text{ kg}$
 Humectante: $0.90 \text{ kg} * 0.15 = 0.135 \text{ kg}$

| |
|--|
| Humectante que se va en el Vertido Liquido: $0.90 - 0.135 = 0.765$ kg |
| Formiato de Sodio: $1.36 * 0.15 = 0.204$ kg |
| Formiato de Sodio que se va en el Vertido Liquido: $1.36 - 0.204 = 1.156$ kg |
| Químicos absorbidos por las pieles: 3.33 kg |
| Químicos en el Efluente: 19.33 kg |

i. Operación de Engrase:

- Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)
- Cueros en húmedo: 2,674.32 kg
- Anilina: 2 – 4 onzas (0.05 kg – 0.11 kg)
- Recurtiente Vegetal: (1.36 kg – 1.81 kg)
- Ácido Fórmico:(0.90 kg – 1.81) kg
- Sulfato de Aluminio: (1.81 kg – 2.26 kg)
- Dióxido de Titanio: (0.22 kg – 0.45 kg)
- Aceite Engrasante(Aceite de Tiburón o Grassan F: (27.21 kg – 29.48 kg)
- Agua Caliente (50 - 55 C): 55 galones (1 barril)
- Tiempo de Rotación: 30 – 45 minutos.

Para la operación de engrase de los cueros la empresa calienta agua en un barril utilizando carbón, dicha metodología se realiza al aire libre por lo que se generan importantes emisiones gaseosas tanto de Dióxido de Carbono como de Dióxido de Azufre, el objetivo es llevar el agua a una temperatura que se encuentre entre los 50 – 55 C, para lograr que exista una mayor absorción de los químicos engrasantes y de teñido en los cueros.



Consumo de Agua: 55 galones / batch

Aguas de Desecho: 55 gal / batch

Pasando este valor a unidades de masa y tomando como referencia la densidad del agua tenemos:

Densidad del agua: $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$

Pasando a unidades de masa:

Agua de Desecho: $55 \text{ galones} / \text{batch} = 0.208 \text{ m}^3 / \text{batch}$

Calculando a partir de la densidad del agua la masa de desecho generada:

Masa de desecho = $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * 0.208 \text{ m}^3 = 416 \text{ kg de desecho} / \text{batch}$

Agua de Desecho: 55 galones / batch

Masa de Desecho 208 kg / batch

Balance de Químicos: Operación de Engrase

Anilina: 0.11 kg

Recurtiente Vegetal: 1.81 kg

Aceite Engrasante: 27.56 kg

Dióxido de Titanio: 0.22 kg

Ácido Fórmico: 1.81 kg

Sulfato de Aluminio: 1.81 kg

Total de Químicos a la Entrada: 33.32 kg

Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:

Anilina: $0.11 * 0.15 = 0.0165 \text{ kg}$

Anilina que se va en el Vertido Liquido: $0.11 - 0.0165 = 0.0935 \text{ kg}$

Recurtiente Vegetal: $1.81 \text{ kg} * 0.15 = 0.2715 \text{ kg}$

Balance de Químicos: Operación de Engrase

Recurtiente Vegetal que se va en el Vertido Liquido: $1.81 - 0.2715 = 1.538$ kg

Aceite Engrasante: $27.56 * 0.15 = 4.134$ kg

Aceite Engrasante que se va en el Vertido Liquido: $27.56 - 4.134 = 23.43$ kg

Dióxido de Titanio: $0.22 * 0.15 = 0.033$ kg

Dióxido de Titanio que se va en el Vertido Liquido: $0.22 - 0.033 = 0.187$ kg

Ácido Formico: $1.81 * 0.15 = 0.2715$ kg

Ácido Formico que se va en el Vertido Liquido: $1.81 - 0.2715 = 1.538$ kg

Sulfato de Aluminio: $1.81 * 0.15 = 0.2715$ kg

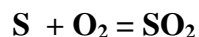
Sulfato de Aluminio que se va en el Vertido Liquido: $1.81 - 0.2715 = 1.538$ kg

Químicos absorbidos por las pieles: 5.03 kg

Químicos en el Efluente: 28.29 kg

Emisiones Gaseosas:

Calculo estequeométrico del Dióxido de Azufre generado a partir de la quema del carbón:



La empresa A quema carbón para el calentamiento del agua que luego es destinada a la operación de engrase, se cuantifico que para calentar un barril de agua (55 galones) se utilizan aproximadamente 30 libras de Carbón.

Por lo que el consumo promedio mensual de carbón es de 90 libras en el mes (40.823 kg / mes).

Calculando las emisiones gaseosas de SO_2 tenemos que de información teórica (Manual de Auditoria y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales) (ONU, 1994)

El carbón posee aproximadamente un 3% de azufre en Peso.

El consumo de Carbón por batch es de: 13.60 kg / batch

Calculando la cantidad de Azufre tenemos:

Kg Azufre = $13.60 * (0.03) = 0.408$ kg de S

A partir de la reacción se calcula de manera estequeometrica las emisiones de SO_2 :

Datos:

PM: Azufre (S): 32 kg / kg mol

PM: Dióxido de Azufre (SO₂): 64 kg / kg mol

$$\text{Kg SO}_2 = 0.408 \text{ kg S} \frac{64 \frac{\text{kg SO}_2}{\text{kg mol}}}{32 \frac{\text{kg S}}{\text{kg mol}}} = 0.816 \frac{\text{kg SO}_2}{\text{Batch}}$$

Calculando las emisiones SO₂ por mes:

$$0.816 \frac{\text{kg SO}_2}{\text{batch}} \times \frac{3 \text{ batch}}{\text{mes}} = 2.44 \frac{\text{kg SO}_2}{\text{mes}}$$

| |
|---|
| Kg SO₂ = 2.44 kg SO₂ / mes |
|---|

Calculo de las Emisiones de CO₂

Calculando la cantidad de CO₂ tenemos:

Kg carbón = 40.8 kg de carbón

A partir de la reacción se calcula de manera estequeometrica las emisiones de CO₂:

Datos:

PM: Carbono (C): 12 kg / kg mol

PM: Dióxido de carbono (CO₂): 44 kg / kg mol

$$\text{Kg CO}_2 = 40.8 \text{ kg C} \frac{44 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg mol}}}{12 \frac{\text{kg C}}{\text{kg mol}}} = 149.6 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{Batch}}$$

Calculando las emisiones CO₂ por mes:

$$149.6 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{batch}} \times \frac{3 \text{ batch}}{\text{mes}} = 448.8 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{mes}}$$

| |
|--|
| Kg CO₂ = 448.8 kg CO₂ / mes |
|--|

j. Operación de Desorillado y Ablandado:

Datos de Entrada: Base: 150 pieles (un batch)

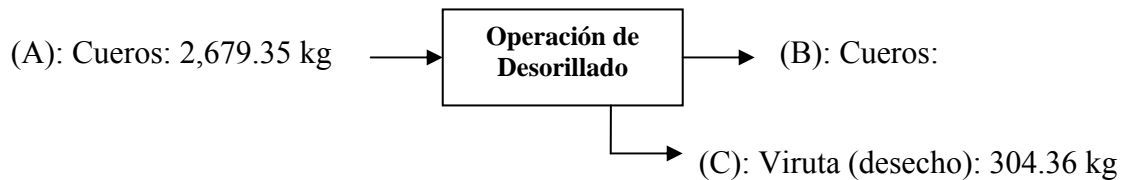
Cueros en húmedo: 2,679.35 kg

En esta operación por medio de cuchillas y de manera manual se le quita a los cueros las partes inservibles y o que tengan orificios, para darle así el acabado final al cuero, se pudo cuantificar en dicha operación un total de once bolsas de desecho sólido generado, y su peso promedio era aproximadamente de 61 libras / bolsa.

La cantidad de desecho sólido generado en la etapa de Desorillado fue de:

$$Viruta = 61 \frac{libras}{bolsa} \times 11 \text{ bolsas} = 671 \frac{libras}{batch} = 304.36 \frac{kg}{batch}$$

$$Viruta = 671 \frac{libras}{batch} \times 3 \frac{batch}{mes} = 2013 \frac{libras}{mes} = 913.08 \frac{kg}{mes}$$



Por Balance se calcula el peso de los cueros a la salida:

$$A = B + C$$

Despejando la variable (B):

$$B = A - C$$

$$B = 2679.35 \text{ kg} - 304.3 \text{ kg} = 2,375.08 \text{ kg}$$

B = 2,375.08 kg de cuero

k. Producto Terminado:

Luego de Finalizado el procesamiento de las pieles la empresa A procede a cuantificar el numero de pies cuadrado de cuero acabado, (para las 150 pieles) este se realiza por medio de unos marcos los cuales se nos dijo en la empresa que tenían dimensiones de aproximadamente 11 x 11 cm lo que se contabiliza según la empresa como 1pie² se puedo observar que en promedio por cada cuero acabado se obtienen entre 10 pie² de cuero

acabado por lo que para un total de 450 pieles que se procesan en un mes se obtienen **4500 pie² de cuero acabado o como producto terminado.**

En los cuadros 5.8 a 5.18 se presenta el resumen de las entradas, salidas tanto de materias primas como productos y desechos para cada una de las operaciones involucradas para el procesamiento de cueros (**BASE: 150 pieles o un Batch**).

Cuadro 5.8: Para la Operación de Recepción de Materia Prima de la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente De Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|----------------------|-------------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Recepción de Materia Prima | Proporcionado | Pieles (Húmedas) | 3,810.62 kg | Calculado | Pieles(húmedas) | 3,810.62 kg | | |
| Recepción de Materia Prima | Calculado | Sal (NaCl) | 136.05 kg | Calculado | Sal(NaCl) | 136.05 kg | | |

Cuadro 5.9: Para la Operación de Remojo y Enjuague para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Remojo y Enjuague | Calculado | Pieles (en seco) | 3,402 kg | Calculado | Pieles(húmedas) | 3810.0 kg | | |
| Remojo y Enjuague | Calculado | Agua (H ₂ O) | 220 gal (832.7 kg) | Calculado | Agua (en pieles) | 71.59 gal (270.9 kg) | Agua (H ₂ O) | 148.41 gal (561 kg) |
| Remojo y Enjuague | Calculado | Soda Cáustica (NaOH) | 2.3 kg | Calculado | Químicos absorbidos | 0.622 kg | Soda Cáustica (NaOH) | 1.955kg |
| Remojo y Enjuague | Calculado | Humectante | 1.85 kg | Calculado | | | Humectante | 1.572 kg |

Cuadro 5.10: Para la Operación de Desmantecado de la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente De Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|----------------------|-------------|--------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Desmantecado | Proporcionado | Pieles (Húmedas) | 3,810.62 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,346.62 kg | Grasa o sebo | 464 kg |

Cuadro 5.11: Para la Operación de Pelambre y Encalado para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Pelambre | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,346.62 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,346.62 kg | | |
| Pelambre | Calculado | Agua (H ₂ O) | 110 gal (416.3 kg) | Calculado | Químicos absorbidos | 3.60 kg | Agua(H ₂ O) | 110 gal (416.3 kg) |
| Pelambre | Proporcionado | Sulfuro de Sodio(Na ₂ S) | 4.98 kg | Calculado | | | Sulfuro de Sodio(Na ₂ S) | 4.23 kg |
| Pelambre | Proporcionado | Cal (CaOH) ₂ | 19 kg | Calculado | | | Cal (CaOH) ₂ | 16.15 kg |
| Pelambre | | | | Calculado | | | H ₂ S | 2.17 kg |

Cuadro 5.12: Para la Operación de Desencalado para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|---|--------------------|-----------------|----------------------|-------------|---|--------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Desencalado | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,350.21 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,350.21 kg | | |
| Desencalado | Calculado | Agua (H ₂ O) | 192.5 gal (728 kg) | Calculado | Químicos absorbidos | 4.198 kg | Agua (H ₂ O) | 192.5 gal (128 kg) |
| Desencalado | Proporcionado | Sulfato de Amonio SO ₄ (NH ₄) ₂ | 20.0 kg | Calculado | | | Sulfato de Amonio SO ₄ (NH ₄) ₂ | 17 kg |
| Desencalado | Proporcionado | Rendidor | 3.85 kg | Calculado | | | Rendidor | 3.27 kg |
| Desencalado | Proporcionado | Humectante | 1.36 kg | Calculado | | | Humectante | 1.15 kg |
| Desencalado | | | | | | | NH ₃ | 5.14 kg |

Cuadro 5.13: Para la Operación de Piquelado para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|---|-------------------|-----------------|----------------------|----------------|---|-------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Piquelado | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,354.40 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,354.40 kg | | |
| Piquelado | Calculado | Agua(H ₂ O) | 27.5 gal (104 kg) | Calculado | Agua | 19 gal (71 kg) | Agua(H ₂ O) | 8.5 gal (32.1 kg) |
| Piquelado | Proporcionado | Sal(NaCl) | 45.35 kg | | | | | |
| Piquelado | Proporcionado | Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) | 6.12 kg | Calculado | Químicos absorbidos | 0.92 kg | Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) | 5.20 kg |

Cuadro 5.14: Para la Operación de Precurtido al Cromo para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|--|-------------------|-----------------|----------------------|-------------|--|-------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Precurtido | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,355.32kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 3,355.32 kg | | |
| Precurtido | Calculado | Agua(H ₂ O) | 46.5 gal (176 lg) | | | | Agua(H ₂ O) | 46.5 gal (176 lg) |
| Precurtido | Proporcionado | Sulfato de Cromo Cr(OH)SO ₄ | 20 kg | Calculado | Químicos absorbidos | 4.1 kg | Sulfato de Cromo Cr(OH)SO ₄ | 17 kg |
| Precurtido | Proporcionado | Coratyl-O (MgO) | 1.81 kg | Calculado | | | Coratyl-O (MgO) | 1.53 kg |
| Precurtido | Proporcionado | Formiato de Sodio | 5.44 kg | Calculado | | | Formiato de Sodio | 4.62 kg |

Cuadro 5.15: Para la Operación de Rebajado para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|----------------------|------------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Rebajado | Proporcionado | Pieles (húmedas) | 3,358.11 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 2672.28 kg | Viruta | 685.8 kg |

Cuadro 5.16: Para la Operación de Recurtido y Enjuague para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|--|-------------------|-----------------|----------------------|------------|--|-------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Recurtido /Enjuague | Calculado | Pieles (húmedas) | 2672.28 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 2672.28 kg | | |
| Recurtido /Enjuague | Calculado | Agua(H ₂ O) | 110 gal (416.3kg) | | | | Agua(H ₂ O) | 110 gal (416.3kg) |
| Recurtido /Enjuague | Proporcionado | Sulfato de Cromo Cr(OH)SO ₄ | 20 kg | Calculado | Químicos absorbidos | 3.345 kg | Sulfato de Cromo Cr(OH)SO ₄ | 17 kg |
| Recurtido /Enjuague | Proporcionado | Formiato de Sodio | 1.36 kg | Calculado | | | Formiato de Sodio | 1.15 kg |
| Recurtido /Enjuague | Proporcionado | Humectante | 0.90 kg | Calculado | | | Humectante | 0.765 kg |

Cuadro 5.17: Para la Operación de Engrase para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|------------|------------------------|-------------------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Engrase y Teñido | Calculado | Pieles (húmedas) | 2674.32 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 2674.32 kg | | |
| Engrase y Teñido | Calculado | Agua(H ₂ O) | 55 gal (208.1 kg) | | | | Agua(H ₂ O) | 55 gal (208.1 kg) |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Anilina | 0.11 kg | Calculado | Químicos absorbidos | 5.03 kg | Anilina | 0.09 kg |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Recurtiente Vegetal | 1.81 kg | Calculado | | | Recurtiente Vegetal | 1.53 kg |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Engrasante (Grassan f) | 27.57 kg | Calculado | | | Engrasante (Grassan f) | 23.43 kg |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Dióxido de Titanio | 0.22 kg | Calculado | | | Dióxido de Titanio | 0.18 kg |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Ácido Fórmico | 1.81 kg | Calculado | | | Ácido Fórmico | 1.53 kg |
| Engrase y Teñido | Proporcionado | Sulfato de Aluminio | 1.81 kg | Calculado | | | Sulfato de Aluminio | 1.53 kg |

Cuadro 5.18: Para la Operación de Desorillado y Ablandado para la Empresa A

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|----------------------|------------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Desorillado y Ablandado | Proporcionado | Pieles (húmedas) | 2,679.38 kg | Calculado | Pieles (húmedas) | 2375.08 kg | Viruta | 304.3 kg |

5.2.5 Caracterización de los Flujos de Desecho

Dentro de la empresa A existe la generación tanto de desechos líquidos, sólidos y gaseosos, los primeros son generados principalmente por el alto consumo de agua que es utilizado en las diferentes operaciones, dicho vertido líquido posee en algunos casos pH ácido y básico dependiendo de la operación que se este realizando entre los principales vertido líquidos generados en la empresa podemos mencionar las aguas generadas en la operación con precurtido al cromo, piquelado, recurtido, engrase, desencalado, remojo, pelambre entre otras.

Los desechos sólidos se generan en las operaciones de desmantecado, rebajado y desorillado generándose importantes residuos de piel o viruta y grasa las cuales son recolectados en bolsas para luego ser entregados al camión de la basura.

En cuanto a las emisiones gaseosas se pudo cuantificar de manera estequiometrica la cantidad de Dióxido de Azufre (SO₂) y CO₂ por la reacción de combustión que se da en la quema de carbón, para el calentamiento de agua que después es adicionada en la operación de engrase, además emisiones de Amoniaco (NH₃) las cuales se generan en la operación de desencalado y por ultimo las emisiones de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) las cuales se generan en la operación de pelambre y encalado.

Todos los desechos líquidos, sólidos y gaseosos fueron estimados mediante los balances de materia correspondientes en cada una de las operaciones involucradas. En la tabla 5.19 se resumen con la caracterización de los diferentes flujos de desecho.

Cuadro 5.19: Caracterización de los flujos de Desecho.

| Flujos de Desecho | Cuantificación del Flujo de Desecho(batch) | Caracterización del Flujo de Desecho | Asignación de Costos*(\$) |
|----------------------------------|--|--|---------------------------|
| Pelambre | 110 gal Químicos no absorbidos: 22.556 kg Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S):2.176 kg | Agua de desecho de carácter básico pH, emisiones de Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S). | 21.29 |
| Recepción de Materia Prima (Sal) | 136.07 kg | Residuos de sal generadas de la conservación de las pieles en salado | 27.21 |
| Desmantecado | 385.55 kg | Grasa o sebo extraída de las pieles después del remojo y enjuague. | |
| Desencalado | 192.5 gal Químicos no absorbidos: 28.87 kg Emisiones de amoniaco (NH ₃):5.14 kg | Agua con carácter básico pH: 8 -9, Emisiones de amoniaco (NH ₃) | 99.19 |
| Piquelado | 8.5 gal Químicos no absorbidos: 5.20 kg | Agua con carácter ácido pH: 2.8 – 3 | 1.33 |
| Rebajado | 685.8 kg | Viruta de cuero con sal de cromo (wet blue) | |
| Precurtido al Cromo | 46.5 gal Químicos no absorbidos: 23.15 kg | Agua de desecho con carácter ácido pH: 4 - 4.5 | 65.90 |
| Remojo y Enjuague | 148.41 Químicos no absorbidos: 3.52 kg | Agua de desecho con carácter ácido pH: 6 – 7 | 7.47 |
| Recurtido y Enjuague. | 110 gal Químicos no absorbidos: 19.33 kg | Agua de Desecho con alto contenido de sales de cromo pH: 3.7- 4.0 | 53.66 |
| Desorillado | 304.36 kg | Residuos de cuero o Viruta | |
| Engrase | 55 gal Químicos no absorbidos: 117.17 kg emisiones de dióxido de azufre (SO ₂):0.81 kg y dióxido de carbono (CO ₂):149.6 kg | Aguas de desecho con alto contenido de aceites engrasantes T=40-60C, emisiones de dióxido de azufre (SO ₂) y dióxido de carbono (CO ₂) | 463.91 |

* La asignación de los costos para cada corriente de flujo de desecho esta en función del costo de cada uno de los químicos empleados en las diferentes etapas involucradas.

* En el caso de los desechos sólidos la asignación de los costos es en base como se compra este sub producto por algunas tenerías del país para la realización de cuero regenerado en el caso de la operación de desorillado y rebajado y desmantecado.

5.2.6 Identificación de Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A.

En la empresa A mediante la evaluación en planta para la implementación de tecnologías de producción más limpia se pudieron identificar una serie de opciones las cuales se agrupan de acuerdo al siguiente criterio:

- 1.0 Opciones que pueden ser implementadas directamente
- 2.0 Opciones que necesitan algún otro análisis (ensayos y estudios de factibilidad)
- 3.0 Opciones que son rechazadas por diversas razones; incluir las razones

Todas las opciones deben ser clasificadas en:

1. Buenas prácticas de manejo (incluyendo mantenimiento)
2. Segregación
3. Control de proceso o mejoras en las condiciones del proceso (temperatura, velocidad, monitoreo, etc.).
4. Cambios de materias primas.
5. Cambios en proceso o de productos
6. Modificaciones de equipo (cambios en equipo existente). Instalación de nuevo equipo o nueva tecnología de proceso
7. Reciclaje y reutilización en la fuente
8. Modificación de producto
9. Aprovechamiento como subproductos

En el cuadro 5.20 se presenta tanto la síntesis, identificación y evaluación de opciones; mientras que en el cuadro 5.21 se presenta los resultados de selección según lo descrito en la sección 4.3.1.6, de la evaluación preliminar. De las 17 posibles opciones de producción más limpia generadas para la empresa A, la evaluación indicó que sería factible implementar en la empresa A, solamente 8 de las 17 opciones identificadas; lo que se describe en la sección 5.2.7.

Cuadro 5.20 Síntesis: Identificación y Evaluación de Opciones de Producción Más Limpia para la empresa A:

| Opciones de P+L | Categoría | Directamente | Mayor análisis | Opciones rechazadas | Comentarios/ Razones |
|---|-------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---|
| 1. Recuperación de la sal (NaCl) en la operación de recepción de Materia Prima para Piquelado | Reciclaje y Reutilización | X | | | Dicha sal podría ser reutilizada en la operación de piquelado. |
| 2. Reutilización de la grasa o Sebo generada en la operación de Desmantecado para el engrase. | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se obtendrían ahorros en la compra de aceite para la operación de engrase de las pieles |
| 3. Realizar el desencalado con dióxido de carbono en lugar del sulfato de amonio | Sustitución de Materia Prima | | X | | Con esta opción se evitaría el uso de las sales amoniacales. |
| 4. Reutilización de los Baños de Pelambre y Encalado | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se lograrían importantes ahorros tanto en químicos como en el consumo de agua |
| 5. Almacenamiento adecuado de los diferentes químicos utilizados para la curtiembre de las pieles | Buenas Prácticas de manejo | X | | | Almacenamiento correcto de químicos de acuerdo a su peligrosidad y clasificación de los mismos |
| 6. Adquirir equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan en el proceso | Buenas Prácticas de manejo | X | | | Garantiza la seguridad laboral de todos los trabajadores de la empresa |
| 7. Segregación de las corrientes de desecho ácidas y básicas. | Sustitución de equipos | | X | | Con esta opción se pueden reducir considerablemente los costos de tratamiento |
| 8. Adquirir un equipo para calentar el agua que va hacia el proceso | Transferencia de Tecnología | | X | | La empresa ya no tendría que quemar Carbón para realizar dicha operación |
| 9. Vender toda la viruta que se genera para obtener cuero regenerado | Aprovechamiento de los subproductos | X | | | Vender la viruta generada en el proceso a empresas que la puedan reutilizar para cuero regenerado |

Pasa a la siguiente Pág.

Cuadro 5.20 Síntesis: Identificación y Evaluación de Opciones de Producción Más Limpia para la empresa A:

| Opciones de P+L | Categoría | Directamente | Mayor análisis | Opciones rechazadas | Comentarios/ Razones |
|---|----------------------------------|--------------|----------------|---------------------|--|
| 10. Reducir el uso del Sulfato de Amonio en la operación de desencalado | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se obtendrían importantes ahorros en el consumo de químicos así como disminución de las emisiones de Amoniaco |
| 11. Aplicar Tecnologías de alto Agotamiento en la operación de curtido al Cromo | Mejoras en el control de proceso | | X | | Esta tecnología se ha demostrado que es la más eficiente para agotar las sales de cromo en el cuero |
| 12. Recuperación y Reutilización de los baños engrase. | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se obtendrían importantes ahorro de químicos y agua. |
| 13 Capacitación permanente de los empleados de la planta en cuanto a seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso. | Buenas Prácticas de manejo | X | | | Capacitación a los empleados para informarles sobre el peligro en la manipulación de químicos |
| 14. Conservación de pieles en Frío en lugar del salado | Transferencia de Tecnología | | X | | Se evitaría el uso de sal para conservar las pieles |
| 15. Recuperación del cromo por precipitación. | Reciclaje y Reutilización | | X | | Se recuperarían las sales de cromo para su posterior reutilización en el proceso |
| 16. Reemplazo de biocidas y tensoactivos no biodegradables por enzimas en la operación de remojo | Sustitución de materias primas | | X | | Se evitaría el uso de químicos en esta operación |
| 17. Reciclaje y Reutilización de las Aguas de Curtido al Cromo | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se obtendrían importantes ahorros económicos por la reducción del sulfato de cromo comercial en dicha operación. |

Cuadro 5.21 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|--|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 1. Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima | X | | | X | | | X | | | | X | | 11 | 1 |
| 2. Reutilización de la grasa o Sebo generada en la operación de Desmantecado para el engrase. | X | | | X | | | X | | | | | X | 12 | 1 |
| 3. Realizar el desencalado con dióxido de carbono en lugar del sulfato de amonio | | X | | | | X | | X | | | | X | 8 | 2 |

Pasa a la siguiente Pág.

Cuadro 5.21 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|--|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 4. Reutilización de los Baños de Pelambre y encalado | | X | | X | | | | X | | | | X | 10 | 1 |
| 5. Almacenamiento adecuado de los diferentes químicos utilizados para la curtición de las pieles | X | | | X | | | X | | | | X | | 11 | 1 |
| 6. Adquirir equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan en proceso | X | | | X | | | X | | | | X | | 11 | 1 |

Pasa a la siguiente Pág.

Cuadro 5.21 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 7. Segregación de las corrientes de desecho ácidas y básicas. | | X | | | X | | | X | | | | X | 9 | 2 |
| 8. Adquirir un equipo para calentar el agua que va hacia el proceso | | X | | | X | | | X | | | | X | 9 | 2 |
| 9. Vender toda la viruta que se genera para obtener cuero regenerado | | X | | | X | | | X | | | | X | 9 | 2 |
| 10. Reducir el uso de sulfato de amonio en la operación de desencalado. | X | | | X | | | X | | | | | X | 12 | 1 |

Pasa a la siguiente Pág.

Cuadro 5.21 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 11. Aplicar Tecnologías de alto Agotamiento en la operación de curtido al Cromo | | X | | X | | | X | | | | | X | 11 | 1 |
| 12. Recuperación de los baños engrase. | | X | | X | | | | X | | | | X | 10 | 1 |
| 13. Capacitación periódica de los empleados de la planta en cuanto a seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso. | X | | | | X | | X | | | X | | | 9 | 2 |

Pasa a la siguiente Pág.

Cuadro 5.21 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 14. Conservación de pieles en Frió en lugar del salado | | | X | | | X | | X | | | | X | 7 | 2 |
| 15. Recuperación del cromo por precipitación | | X | | | X | | | X | | | X | | 8 | 2 |
| 16. Reemplazo de biocidas y tensoactivos no biodegradables por enzimas en el Remojo | | | X | | | X | | X | | | | X | 7 | 2 |
| 17. Reciclaje y Reutilización de las aguas de curtido al Cromo | X | | | X | | | | X | | | | X | 11 | 1 |

5.2.7 Estudio de Factibilidad y Viabilidad de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A.

Luego de haber realizado la evaluación preliminar de las opciones de producción más limpia generada y clasificada de acuerdo a su orden de prioridad se procede a describir cada una de estas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y organizacional además de calcular su indicador ambiental de desempeño

Las opciones a evaluar se resumen a continuación:

- I. Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) generada en la operación de recepción de materia prima para el Piquelado
- II. Reutilización de la grasa o sebo en la operación de engrase.
- III. Reutilización de los Baños de Pelambre y Encalado.
- IV. Adquirir equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan en el proceso
- V. Aplicar Tecnologías de alto Agotamiento en la operación de curtido al Cromo.
- VI. Capacitación periódica de los empleados de la planta en cuanto a seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso.
- VII. Reducir el uso de Sulfato de Amonio en la operación de desencalado.
- VIII. Reciclaje y Reutilización de las Aguas de Curtido al Cromo

I. Opción: “Recuperación y Reutilización de la Sal (NaCl) generada en la Operación de Recepción de Materia Prima para el Piquelado”

a. Viabilidad Técnica:

La sal común puede causar daños ambientales al ser incorporada en los cuerpos de agua o descargada al suelo, debido a que ocasiona su salinización. La magnitud del daño dependerá de la concentración final de la sal y del tipo de uso o destino que tengan dichos cuerpos de agua, así como del ecosistema que depende de estos cuerpos de agua (por ejemplo, la gran mayoría de los peces de agua dulce no tolera incluso concentraciones pequeñas de sales). Por su solubilidad, la sal no es fácil de eliminar de las aguas residuales y, en su caso, puede ser una operación de muy alto costo. Por lo tanto, el consumo de sal debe ser reducido y una parte de ésta debe ser recuperada en estado sólido antes de que las pieles ingresen a los baños de remojo/lavado.

Esta opción permite la recuperación de la sal la cual mediante un pequeño tratamiento puede ser reutilizada en la operación de piquelado (INTEC,2000) logrando con esto reducir el consumo de la misma y evitar que esta se incorpore al agua.

El tratamiento consiste básicamente en los siguientes pasos:

1. Separación mecánica de la sal
2. Lavado de la sal para eliminar impurezas que se encuentren presentes.

b. Factibilidad Económica:

Consumo de Sal:

Se adicionan de 1.81 – 2.72 kg de sal por piel, sabiendo que en la empresa A de las 450 pieles que se reciben por mes en promedio 50 pieles son recibidas en fresco (sin sal) y el resto son pieles saladas, generándose en total para 50 pieles se tiene que el consumo de sal es: 136 kg sal por mes

Costo de la Sal: 0.20 \$ / kg

Consumo aproximado de Sal en la operación de Piquelado: 45.35 kg / batch

Consumo total de sal en el mes: 544.05 kg

El ahorro vendría reflejado en el consumo de sal a utilizar en la operación de piquelado ya que del total de sal que se puede recuperar en la operación de Recepción de materia prima se busca sustituir que esta sal sea utilizada mediante el tratamiento recomendado el consumo de sal en el piquelado.

Por lo que el ahorro se cuantifica de la siguiente manera:

Ahorro de Sal: $45.36 \text{ kg} \times 3 = 136.05 \text{ kg}$ de sal recuperada en el mes.

Extrapolando el valor del consumo de sal para un año tenemos:

$$\text{Ahorro de sal: } 136.05 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 1632.64 \frac{\text{kg sal}}{\text{año}}$$

Calculando el Beneficio Económico de la Opción :

$$\text{Beneficio Economico} = 1632.6 \frac{\text{kg sal}}{\text{año}} \times 0.20 \frac{\$}{\text{kg}} = 326.52 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico = 326.52\$/año

Inversión:

Marco para golpeo de las pieles: costo 35\$ (cotizado en una carpintería)

Lona para recuperación de la sal: material plástico: 4m² costo 4\$ (cotizado en ferretería Freund).

Recipientes para el lavado de la sal: 2 recipientes de 20 col cada uno

Total: 40 col = 4.57 \$ = 5\$

Inversión Total: 35 + 4 + 5 = 44\$

Imprevistos: 44*0.10 = 4.4

Inversión: 48.4 \$

Calculando el Periodo de Retorno de la Inversión tenemos:

$$PR = \frac{Inversion}{Flujos\ de\ Entrada - Flujos\ de\ Salida}$$

Flujos de Entrada: Ahorros Anuales al implementar la opción.

$$PR = \frac{48.4 \$}{326.52 \$ / año} = 0.14 años = 1.77 meses = 2 meses$$

Periodo de Retorno de la Inversión = 2 meses

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción vendría dado por la cantidad de sal que ya no se estaría descargando junto con el vertido líquido que se genera en la operación de Remojo y Enjuague.

Por lo que el Beneficio ambiental de la opción es:

$$Beneficio\ Ambiental = 136.05 \frac{kg\ sal}{mes} \times \frac{12\ mes}{año} = 1632.6 \frac{kg\ sal\ no\ descargadas}{año}$$

d. Viabilidad Organizacional:

Para llevar a cabo esta opción de producción más limpia lo único que la empresa debería es primero que nada cambiar parte de la metodología en su proceso ya que ahora en cuando se inicie la etapa de remojo en lugar de colocar todas las pieles saladas directamente en la batan se debe de tomar un tiempo necesario para sacudir las pieles y posteriormente darle un lavado en unos recipientes para eliminar las impurezas que esta haya adquirido en la piel, para que esta puede ser utilizada posteriormente en la operación de piquelado, se busca que con esta opción sustituir el consumo de sal que se utiliza en la operación de piquelado en el mes (136.05 kg)

e. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la reducción en el consumo total de sal en un año, sería de aproximadamente un 25% con respecto al consumo de sal que inicialmente se tiene.

En base a un mes de producción:

Consumo de sal en el mes: 544.05 kg de sal

Reducción del consumo de sal en el mes: 136 kg

| |
|---|
| <p>Indicador Ambiental Actual: 0.12 kg sal / Pie² de Cuero acabado Indicador Ambiental con P+L: 0.09 kg sal / Pie² de Cuero acabado</p> |
|---|

II. Opción: “Reutilización de la grasa o Sebo Generada en Desmantecado para la Operación de Engrase.”

a. Viabilidad Técnica:

El residuo proveniente de la operación de desmantecado es rico en grasa, la cual puede ser reutilizada en la operación de engrase del cuero. Para ello se tiene que hacer un proceso de extracción de la grasa separándola de la demás materia orgánica, esto se realiza por medio de un proceso de calentamiento con un poco de agua hasta fundir la grasa y mediante una red metálica puede eliminarse la demás materia orgánica. Teniendo la grasa en agua caliente se hace reaccionar con hidróxido de sodio, mezclando después con aceite animal, formando así la grasa cationica, la cual puede ser usada en la operación de engrase,

reduciendo parcialmente el uso de engrasantes comerciales, yo con esto a la ves reducir el costo de materias primas y el volumen de desecho orgánico generado.

b. Factibilidad Económica:

Los beneficios económicos serian en función del aceite que se dejaría de ocupar ya que ellos utilizan aproximadamente 28 Kg. de aceite engrasante por batch.

Se busca reducir el consumo de este aceite a la mitad o sea solo utilizando 13.605 kg por batch.

Por lo que los beneficios económicos se muestran a continuación:

Ahorro: Aceite Engrasante: 13.605 kg / batch

Costo del engrasante: 2.14 \$/ kg

Calculando la cantidad de aceite que se ahorraría en un año:

$$13.605 \frac{kg}{batch} \times 3 \frac{batch}{mes} \times 12 \frac{meses}{año} = 489.78 \frac{kg}{año}$$

Calculando el Beneficio Económico de la Opción:

$$Beneficio\ Economico = 489.78 \frac{kg}{año} \times 2.14 \frac{\$}{kg} = 1048.13 \frac{\$}{año}$$

Beneficio Económico = 1048.13\$/año

Inversión:

El tipo de inversión a realizar para esta opción consiste en sustituir el método en adquirir un equipo para la fundición de la grasa el cual puede ser un calentador, donde se caliente el agua para luego fundir la grasa o sebo que se utilizara para preparar la grasa cationica.

Dicho calentador debe tener una capacidad máxima de aproximadamente entre 500 litros (132 gal) volumen necesario para obtener la grasa cationica.

El costo del calentador según una cotización Ferreteria Freund es de aproximadamente entre los 850 \$ dólares.

Depreciación del equipo (Línea Recta). Porcentaje de Depreciación para maquinarias según el Ministerio de Hacienda 10%

Costo de la instalación: 15% de la inversión

Inversión: \$850

Utilizando la formula para el cálculo del periodo de retorno tenemos:

Flujos de Entrada: 1048.13 \$/año

Flujos de Salida: basados a la depreciación del equipo, costo de la instalación.

Costo de Depreciación: $1048.13 * 0.10 = 104.81\$$

Costo de Instalación del equipo: $1048.13 * 0.15 = 157.22 \$$

$$PR = \frac{Inversion}{Flujos\ de\ Entrada - Flujos\ de\ Salida}$$

Calculando el Periodo de Retorno de la Inversión:

$$PR = \frac{850}{1048.3 - 262.03} = 1.08\ años = 12.97\ meses = 13\ meses$$

Periodo de Retorno para la Inversión = 13 meses

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción sería en función de la grasa o sebo la cual se le estaría dando uso para otra parte del procesamiento de las pieles reduciendo con esta opción los desechos sólidos que se generan durante la operación de desmantecado.

Beneficio Ambiental: 489.78 kg de grasa o sebo no descargadas por año

d. Viabilidad Organizacional:

La preparación de esta grasa cationica no involucraría ningún atraso en el procesamiento de las pieles ya que se puede realizar los fines de semana por la empresa y preparar suficiente grasa para el mes o para realizar un batch

e. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de grasa o sebo que en un futuro se pueda llegar a utilizar en su totalidad para llevar acabo el Engrase de los cueros y con esto lograr reducir la cantidad de desecho sólido que se genera en la operación de desmantecado.

En base a un mes de Consumo de Engrasante

| |
|---|
| <p>Indicador Ambiental Actual: 18.66 gramos de sebo / Pie² de Cuero acabado</p> <p>Indicador Ambiental con P+L: 9.56 gramos de sebo / Pie² de Cuero acabado</p> |
|---|

III. Opción: “Reutilización de los Baños de Pelambre.”

a. Viabilidad Técnica:

Los baños residuales del pelambre son ricos en sulfuro y cal, por lo que son aptos para su reuso en un nuevo ciclo. Sin embargo, los sólidos suspendidos y parte de los sólidos disueltos pueden crear problemas en el reciclaje. Si bien los sólidos disueltos no son fáciles de eliminar, los sólidos suspendidos pueden separarse con mayor facilidad. Algunas plantas poseen tanques de sedimentación o centrífugas para separar sólidos en suspensión. Sin embargo, es posible lograr el mismo resultado mediante el uso de técnicas sencillas.

El método sugerido para el reciclaje de los baños residuales es el siguiente:

- a. El primer baño inicial se prepara utilizando la fórmula o receta rutinaria de la curtiembre.
 - Adición de Sulfuro de Sodio (4.98 kg/ batch)
 - Adición de Cal (19 kg / batch).
- b. Al concluir la operación de pelambre, el agua residual debe recuperarse por filtración, haciéndola pasar por un tamiz inclinado (ver Diagrama de Recuperación de los baños de pelambre y encalado en el manual), a fin de que los sólidos retenidos sean arrastrados hacia la base del tamiz por el líquido en movimiento, y éste pueda pasar con menor obstrucción a través de la tela usada como filtro. La tela puede ser de nylon, ya que este material es resistente en medio básico. El agua de pelambre filtrada se almacena en un tanque recolector. Cabe remarcar que lo ideal es separar el pelo del agua de pelambre tan pronto como

haya sido extraído de la piel. Lo óptimo es filtrar el baño durante la operación de pelambre, una vez que se ha verificado que una gran parte de los pelos han sido extraídos.

- c. Al agua de pelambre filtrada, contenida en el tanque recolector, se le debe añadir la cantidad de agua necesaria para reponer el volumen inicial del baño de pelambre. Se estima que, en cada ciclo de pelambre, se pierde entre el 40 y 60% del agua (porcentaje basado en el peso de las pieles que ingresan al pelambre). La pérdida es debida a los derrames, a la evaporación y a la absorción de agua en las pieles (hinchamiento).

Según un estudio Técnico (Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre) el cual fue realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS,1996). los baños de pelambre luego de su Baño inicial se pueden utilizar dos veces más logrando con esto importantes ahorros tanto en el consumo de los químicos más importantes (Cal y sulfuro de sodio), así como también una reducción importante en los vertido líquidos generados en esta operación.

Dicho estudio además recomienda no ocuparlo más de dos veces debido a que se observo que existía un efecto de acumulación de cal en los baños el cual tiene un efecto inhibitor en el reuso de los efluentes, provocando un deterioro de las pieles por la variación del pH.

b. Factibilidad Económica:

Consumo de Agua en la operación de Pelambre y Encalado: 110 gal / batch

Sulfuro de Sodio: 4.98 kg/batch

Cal: 19 kg / batch

Costo de Sulfuro de Sodio: 0.84 \$/kg

Costo de Cal: 0.20 \$/kg

La empresa A realiza en total de Batch en el mes, consumiendo en promedio mensual:

Sulfuro de Sodio: 14.94 kg en el mes.

Cal: 57 kg en el mes.

Por lo que para las condiciones de la empresa y trabajando en base al consumo de estos químicos de manera mensual, mediante esta opción de reuso de baños de pelambre y sabiendo que la empresa realiza 3 batch en el mes, los baños de reuso se pueden utilizar dos

veces más después del baño inicial, se estaría reduciendo el consumo de estos químicos un 66% del uso inicial de los mismos.

Ahorro en el consumo de químicos sería:

Consumo de sulfuro de sodio mensual: 14.94 kg

Consumo de Cal mensual: 57 kg

Aplicando el la reutilización de los baños de Pelambre y sabiendo que se pueden utilizar como mínimo dos veces más después del baño inicial:

Ahorro en Sulfuro de Sodio: $14.94 \text{ kg} - 4.98 \text{ kg} = 9.96 \text{ kg}$ de sulfuro de sodio en el mes

Ahorro de Cal: $57 \text{ kg} - 19 \text{ kg} = 38 \text{ kg}$ de cal en el mes

Calculando los Beneficios Económicos Anuales por el Ahorro de estos químicos:

Beneficio Económico Anual por el Ahorro de Sulfuro de Sodio (Na_2S):

$$\text{Beneficio Económico} = 9.96 \frac{\text{kg Na}_2\text{S}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \times 0.84 \frac{\$}{\text{kg}} = 100.397 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico Anual por el Ahorro de Cal:

$$\text{Beneficio Económico} = 38 \frac{\text{kg cal}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \times 0.20 \frac{\$}{\text{kg}} = 91.2 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico Total: $(91.2 + 100.397) \$ = 191.597 \$ / \text{año}$

Beneficio Económico: 191.597 \$ / año

Inversión:

Construcción de una pila para la recuperación de los baños de pelambre:

Obras de Ingeniería civil:

40\$ / m² de construcción

20\$ / día de mano de obra

Tiempo de Construcción de la pila: 2 días

Costo de Mano de obra en total: 40\$ por la obra

Costos cotizados a un albañil

Capacidad de la pila: 1 m³ o 1000 litros

Rejillas: Diseño Diámetro de los orificios: 1.5 - 2.0 mm

Costo de las rejillas: 7.5 \$

Costo total de la inversión = 40 + 40 + 7.5 = 87.5 \$

10 % por imprevistos: 87.5 * 0.10 = 8.75

Costo Total de la Inversión: 96.25 \$

Calculando el Periodo de Retorno de la Inversión:

$$PR = \frac{Inversion}{Flujos\ de\ Entrada - Flujos\ de\ Salida}$$

Flujos de Entrada: 191.60 \$/año

Por lo que el Periodo de Retorno de la Inversión es de:

$$PR = \frac{96.25\$}{191.60\ \$ / año} = 0.50\ años = 6\ meses$$

Periodo de Retorno para la Inversión = 6 meses

c. Factibilidad Ambiental:

Los beneficios ambientales de esta opción se verían reflejados en la reducción de los químicos empleados en la operación de Pelambre y Encalado que son descargados como vertidos líquidos, así como también una reducción importantes tanto en las emisiones de sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Los beneficios ambientales de esta opción se cuantifican a de la siguiente manera:

Beneficios Ambientales por ahorro de químicos:

Reducción de Sulfuro de Sodio:

$$Beneficio\ Ambiental = 9.96 \frac{kg\ Na_2S}{mes} \times \frac{12\ meses}{año} = 119.52 \frac{kg}{año}$$

Reducción de Cal:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 38 \frac{\text{kg cal}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 456 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Por lo que los Beneficios Ambientales en la Reducción de químicos en la operación de Pelambre son:

Beneficio Ambiental (1): 119.52 kg de Na₂S no descargados como vertido liquido en el año.
Beneficio Ambiental (2): 456 kg de cal no descargados como vertido liquido en el año.

Calculando el Beneficio Ambiental por la Reducción de emisiones de Sulfuro de Hidrogeno:

Emisiones de H₂S que se generan en las condiciones iniciales de la empresa: 6.528 kg de H₂S en el mes, a partir de 14.94 kg de Sulfuro de Sodio empleados en un mes.

Calculando las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno generadas a partir del ahorro de Sulfuro de Sodio propuesto:

Consumo mensual de Sulfuro de Sodio propuesto: 4.98 kg Na₂S / mes

$$\text{Kg de } H_2S = 4.98 \text{ kg de } Na_2S \frac{34.082 \text{ kg } H_2S / \text{kg mol}}{78 \text{ kg } Na_2S / \text{kg mol}} = 2.176 \text{ kg } H_2S \text{ mensual}$$

Reducción de Emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S):

$$\text{Emisiones de } H_2S_{\text{antes}} - \text{Emisiones de } H_2S_{\text{después de P+L}}$$

6.528 kg de H₂S - 2.176 kg de H₂S = 4.352 kg de H₂S no emitidas a la atmósfera por mes.

Extrapolando para un año:

$$\text{Emisiones de } H_2S \text{ no emitidas} = 4.352 \frac{\text{kg } H_2S}{\text{batch}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 52.22 \frac{\text{kg } H_2S}{\text{año}}$$

Beneficio Ambiental (3): 52.22 kg H₂S no emitidas en el año

d. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional de esta opción no requiere de paro del procesamiento de las pieles ya que al finalizar la operación de pelambre y encalado, inmediatamente las aguas del baño de pelambre pueden ser sacadas de los batanes en unos recipientes plásticos para posteriormente iniciar con el tratamiento adecuado de los baños para su posterior uso en el siguiente batch.

e. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de Sulfuro de Sodio (Na_2S) y Cal que es empleado por la empresa A para llevar a cabo el Pelambre y Encalado de las pieles y que se puede reducir mediante la opción de Reutilización de los baños de Pelambre en un 66%, lo cual le generaría a la empresa importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico como ambiental, además de reducir las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S).

En base a un mes de Consumo de Químicos empleados para la Operación de Pelambre y Encalado:

Indicadores Ambientales por el uso de Sulfuro de Sodio:

Indicador Ambiental Actual: 3.32 gramos de Na_2S / Pie^2 de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 1.10 gramos Na_2S / Pie^2 de Cuero acabado

Indicadores Ambientales por el uso de Cal:

Indicador Ambiental Actual: 12.66 gramos de Cal / Pie^2 de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 4.22 gramos Cal / Pie^2 de Cuero acabado

Indicadores Ambientales por la generación de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S):

Indicador Ambiental Actual: 1.45 gramos de H_2S / Pie^2 de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 0.48 gramos H_2S / Pie^2 de Cuero acabado

IV. Opción “Adquirir equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan en el Proceso”

a. Viabilidad Técnica:

El método más eficaz para obtener buenos resultados en la higiene y seguridad industrial, es realizar un reconocimiento de la importancia de la responsabilidad del empleador de garantizar que el lugar de trabajo sea seguro y no presente riesgos para la salud de los trabajadores, además de la adopción de una política de seguridad e higiene en la empresa; y el estímulo de una amplia participación de los trabajadores en las actividades de seguridad e higiene en el lugar de trabajo. Los trabajadores deben estar informados de la índole de los riesgos profesionales a que pueden estar expuestos. La inhalación constante de emisiones gaseosas como amoníaco, provenientes de la operación de desencalado, sulfuro de hidrogeno generados en la operación de pelambre, representa una alta probabilidad de problemas respiratorios que con el transcurso del tiempo pueden terminar en enfermedades profesionales, conocidas como afecciones agudas o críticas que pueden ser víctima los obreros como consecuencia del ejercicio habitual de una profesión, por la manipulación de los materiales empleados o por la fluencia de las condiciones y procedimientos de la empresa, con necesidad de incapacidad.

b. Factibilidad Económica:

El beneficio directo que percibe la empresa, radica en la reducción de permisos por parte de los empleados de la empresa lo que muchas veces genera un paro en la producción que se traduce en costos para dicha empresa. Una enfermedad profesional a largo plazo incurre en incapacidades, estas dependen de la gravedad del mismo, y se clasifican en tres: La incapacidad temporal representa la pérdida o disminución de las facultades de la víctima que le impide desempeñar su trabajo por algún tiempo. La incapacidad parcial, es la disminución de las facultades o actitudes de la víctima para desarrollar su trabajo para el resto de vida. La incapacidad permanente total, es la pérdida absoluta de facultades o actividades que imposibilita a un individuo para desempeñar cualquier trabajo para el resto de su vida.

Inversión:

Equipo de Protección recomendado:

Compra de mascarillas para de gases, en total se comprarían 5 mascarillas

8 pares de guantes.

5 botas de hule

6 lentes de seguridad

5 gabachas o delantales

La inversión a realizar seria de 5 mascarillas: (23 \$ / mascarilla)

Costo total: 23 \$/mascarilla * 5 mascarillas =115 \$

Costo de 8 pares de Guantes: (1.15\$ / par de guantes)

Costo Total: 8 pares de Guantes * 1.15\$ / par de guantes = 9.2 \$

Botas de Hule: 5 pares (6\$/par de botas)

Costo Total: 5 pares de botas * 6\$/ par de botas= 30\$

Lentes de Seguridad: 6 lentes (2.50 \$ / lente)

Costo Total: 6 lentes * 2.50 \$/lente=15\$

Fajas o Delantales plásticos: 5(4.00 \$/delantal)

Costo Total: 5 delantales * 4 \$/delantal= 20\$

Costo Total de la Inversión: 115+9.2+30+15+20=189.2 \$

Inversión: 190 \$

En el Manual de Implementación se Muestra un listado de equipos de protección de acuerdo a la operación que se este llevando a cabo.

c. Viabilidad Organizacional:

Al implementarse esta opción de buenas practicas la empresa yo no correrá el riesgo de sufrir paros en la producción debido a la falta de los empleados por algún tipo de enfermedad respiratoria pon la inhalación de gases tóxicos que se generan durante el procesamiento de los cueros, esta opción puede requerir una tarde en la que se capacite a los empleados de la empresa para que utilicen estos equipos de protección personal y el porque deben de utilizarlos permanentemente durantes su horario de trabajo.

V. Opción: “Aplicar Tecnologías de alto Agotamiento en la Operación de Curtido al Cromo”

Viabilidad Técnica:

La viabilidad técnica de esta opción va en función de la aplicación de tecnologías de alto agotamiento tanto en las operaciones de Precurtido como Recurtido en las cuales se consume en total por ambas operaciones 120 kg de sal de cromo por mes.

De acuerdo a referencia bibliográfica (SERRANO, 1998) la aplicación de tecnologías de alto agotamiento se puede lograr la absorción del sulfato de cromo en el cuero en un 79% a un temperatura de aproximadamente 40 C y un pH de 3.8-3.9 proveniente de la operación de piquelado. (Ver curva de Absorción del oxido de cromo Cr₂O₃ en función de la temperatura y el pH).

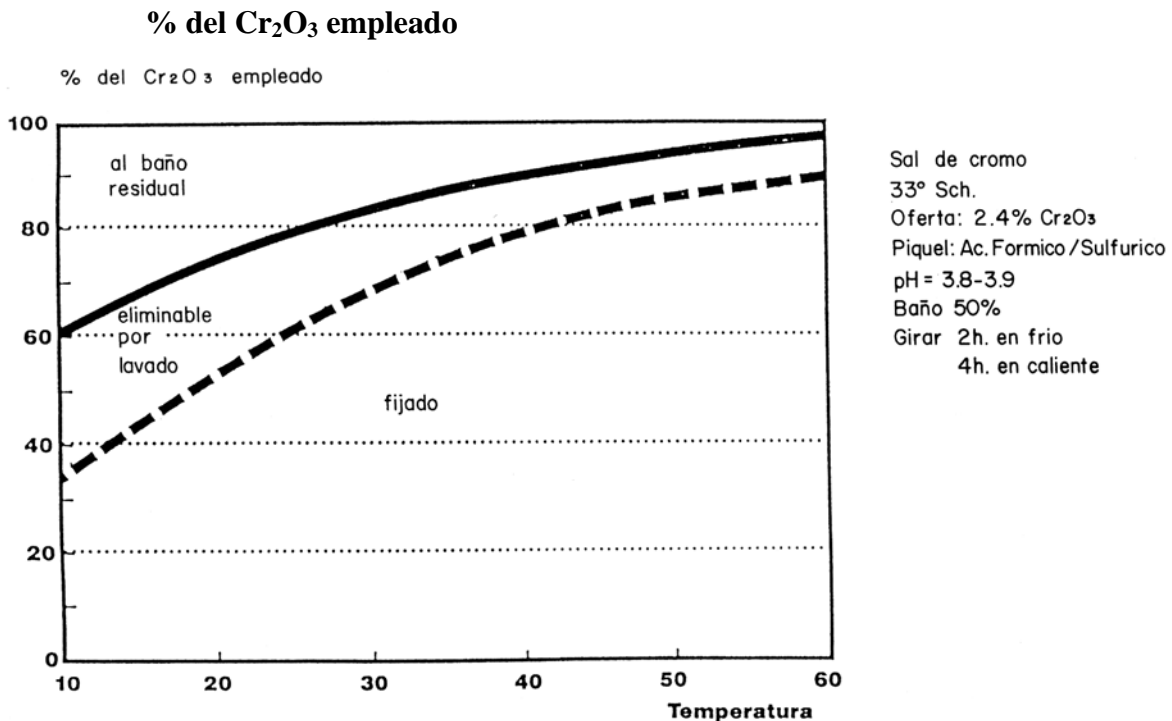


Figura 5.5 Curva de Absorción de Oxido de Cromo Cr₂O₃ en función de la Temperatura y pH (FUENTE: SERRANO, 1998).

b. Factibilidad Económica:

Consumo de Sal de Cromo comercial Cr(OH)SO₄ en total para las operaciones de Precurtido y Recurtido al cromo es de 120 kg de sal de cromo por mes.

Costo de la sal de cromo: 1.017 \$ / kg

Condiciones optimas para lograr el Alto Agotamiento de la Sal de Cromo comercial

Temperatura: 40 C

pH 3.8-3.9 proveniente del piquelado

Calculando primero el Oxido de Cromo (Cr_2O_3) presente en la sal de cromo comercial.

La pureza del reactivo es de 25% de Cr_2O_3 presente en la sal de cromo comercial

Por lo que la cantidad de Cr_2O_3 es:

$$120 \text{ kg de } (Cr(OH)SO_4) \frac{25 \text{ kg } Cr_2O_3}{100 \text{ kg } Cr(OH)SO_4} = 30 \text{ kg } Cr_2O_3$$

30 kg Cr_2O_3 presentes en 120 kg de sal de cromo comercial

Calculando ahora a partir de la curva de Absorción a la temperatura de 40 C y ph 3.8-3.9 la cantidad de Oxido de Cromo que puede ser absorbido por el cuero tenemos que es de 79% de absorción.

Por lo que la cantidad de Cr_2O_3 que se absorbe en el cuero es:

$$30 \text{ kg } Cr_2O_3 * 0.79 = 23.7 \text{ kg de } Cr_2O_3 \text{ absorbidos}$$

Calculando el ahorro en químicos al aplicar tecnología de agotamiento tenemos:

Sin Agotamiento tenemos que en teoría solo el 15% de químico es absorbido por el cuero por lo que para las condiciones iniciales en la cual se utiliza 30 kg Cr_2O_3 tenemos:

$$\text{Sin Agotamiento} = 30 \text{ kg } Cr_2O_3 * 0.15 = 4.5 \text{ kg } Cr_2O_3 \text{ absorbidos}$$

$$\text{Con Agotamiento} = 30 \text{ kg } Cr_2O_3 * 0.79 = 23.7 \text{ kg } Cr_2O_3$$

Ahorro en el consumo de químicos es:

$$23.7 \text{ kg} - 4.5 = 19.2 \text{ kg } Cr_2O_3 \text{ por mes}$$

Calculando ahora a partir de este valor la cantidad de Sal de Cromo comercial ($(Cr(OH)SO_4)$) que se ahorraría en el mes:

$$19.2 \text{ kg } Cr_2O_3 \frac{100 \text{ kg } Cr(OH)SO_4}{25 \text{ kg } Cr_2O_3} = 76.8 \text{ kg } Cr(OH)SO_4$$

Ahorro de Sal de Cromo Comercial ($Cr(OH)SO_4$) en el mes: 76.8 kg de sal comercial (Sulfato de Cromo)

Extrapolando este valor a un año:

$$76.8 \text{ kg } (Cr(OH)SO_4) / \text{mes} * 12 = 921.6 \text{ kg} / \text{año}$$

Calculando Beneficio Económico tenemos:

$$\text{Beneficio Economico} = 921.26 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 1.017 \frac{\$}{\text{kg}} = 937.26 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico de la Opción = 937.26\$/año

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción va en función de la reducción del uso de la sal de cromo comercial que sería descargada en el vertido líquido.

Beneficio Ambiental = 921.6 kg Cr(OH)SO₄/ año

d. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional de esta opción requiere de una capacitación la cual debe ir dirigida a los empleados de la empresa relacionado con las tecnologías de alto agotamiento para las operaciones de Precurtido y Recurtido al cromo la cual se puede realizar en un día en donde se explica a los empleados que beneficios económicos y ambientales que le traería a la empresa la introducción de estas tecnologías y así como también de los beneficios que estos tendrían en cuanto una mejora en su ambiente laboral.

e. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de sulfato de cromo que se reduciría al aplicar las tecnologías de alto agotamiento en las operaciones de precurtido y recurtido al cromo.

En base a un mes de Consumo de Sulfato de Cromo:

Indicador Ambiental Actual: 26.66 gramos Cr (OH) SO₄ / Pie² de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 21.06 gramos Cr (OH) SO₄ / Pie² de Cuero acabado

VI. Opción: “Capacitación Periódica de los empleados de la planta en Higiene y Seguridad Industrial”

a. Viabilidad Técnica:

Las buenas practicas de operación consisten en eliminar todas aquellos procedimientos que reducen la eficiencia de los procesos en cuanto al consumo de reactivos, energía, tiempo etc. Las buenas practicas incluyen procedimientos adecuados de limpieza, evitar acumular desperdicios, ya que como sabemos los residuos sólidos y líquidos en el procesamiento de las pieles son altamente tóxicos y peligrosos y que son fuente de posibles infecciones y malos olores por lo que surge la necesidad de realizar periódicamente una capacitación a todos los empleados de la planta para evitar cualquier accidente.

La capacitación periódica de los empleados de la empresa sobre seguridad industrial y salud ocupacional en el proceso mismo, le permitirá a la empresa disminuir la posibilidad de derrames y accidentes, dentro de esta materia esta la elaboración de hojas de control para los procedimientos de limpieza de equipos y recipientes, manuales de procedimiento de maquinarias y sobre emanaciones toxicas principalmente por el uso de químicos que son altamente tóxicos y que son utilizados en general en el procesamiento de las pieles para la fabricación de cueros.

El punto de las emanaciones peligrosas es importante considerando el uso de químicos como el sulfato de amonio utilizado en la operación de Desencalado y lavado con sal el cual genera a partir de la reacción Hidróxido de Amonio que luego se disocia y se transforma en un gas altamente toxico como lo es el amoniaco, además es recomendable la capacitación sobre el manejo y disposición de los efluentes para evitar posibles intoxicaciones.

Por otro lado se puede capacitar a las empresas curtiembres sobre procedimientos de adecuación por ejemplo en la colocación de recipientes cerca de las maquinas de descarte, rebajado o dividido operaciones en las cuales se generan los desechos sólidos de este sector todo con el objeto de recoger dichos sólidos en el momento que se están generando, también la instalación de sistemas de eliminación del polvo de lijado así como la exigencia de los equipos de seguridad industrial.

Otro punto importante para capacitación es sobre el almacenamiento adecuado de los reactivos químicos y de ventilación de los lugares donde se trabaja con solventes.

VII. Opción: “Reducción del Sulfato de Amonio en la Operación de Desencalado”

a. Viabilidad Técnica:

La opción consiste en reducir el uso del sulfato de amonio durante la operación de desencalado, con esto se lograrían importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico como ambiental, dicha opción puede lograrse mediante el concepto de baños cortos en el cual al reducir la cantidad de agua en un 50% que se utiliza en dicha operación se reduce la cantidad de químicos a utilizar, además se con esta opción se estarían reduciendo las emisiones de Amoniaco gaseoso a la atmósfera.

b. Factibilidad Económica:

Actualmente la empresa utiliza en promedio 20 kg de Sulfato de Amonio por Batch a una concentración aproximada del 19 % (P/V) para totalizar 60 Kg de Sulfato de Amonio en el mes.

La opción es reducir primero el uso de agua en la operación de desencalado en un 50 % y a partir de la concentración conocida (19% P/V) calcular que cantidad de químico en este caso sulfato de amonio se necesita para el desencalado las pieles.

Costo de Sulfato de Amonio: 0.40 \$/ kg

Concentración: 19%(P/V)

Agua de dilución en la operación de desencalado: 27.5 gal (104.09 litros)

Reducción del agua para dilución: 50% = 0.50*104.09 litros = 52.04 litros

Calculando la cantidad de sulfato de amonio a utilizar

Concentración: 19 % P/V

Consumo de Agua: 52.04 litros

$$\%(P/V) = \frac{\text{masa de quimico(kg)}}{\text{Litros agua}}$$

Sustituyendo los valores y despejando la masa de químico tenemos:

$$\text{Masa de químicos} = V \text{ de agua} * \%(P/V)$$

$$\text{Masa de químicos} = 52.75 \text{ litros} * 0.19 = 9.9 \text{ kg de químico}$$

Sulfato de Amonio a utilizar por Batch= 9.9 kg de sulfato de amonio

Ahorro en el consumo de Sulfato de Amonio por Batch:

$$(20 \text{ kg} - 9.9 \text{ kg}) = 10.1 \text{ kg de sulfato de amonio por batch}$$

Extrapolando dicho valor a un año tenemos:

$$\text{Ahorro} = 10.1 \frac{\text{Kg sulfato de amonio}}{\text{batch}} \times \frac{3 \text{ batch}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 363.6 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Calculando El Beneficio Económico de la opción:

$$\text{Beneficio Economico} = 363.6 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0.40 \frac{\$}{\text{kg}} = 145.44 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico de la Opción = 145.44\$/año

b. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción se vería reflejado en la reducción del sulfato de amonio a utilizar en dicha operación así como también las emisiones de Amoniaco y de los vertidos líquidos generados en la operación de desencalado

Calculando el beneficio ambiental por la reducción en el uso de sulfato de amonio tenemos:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 10.1 \frac{\text{Kg sulfato de amonio}}{\text{batch}} \times \frac{3 \text{ batch}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 363.6 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Beneficio Ambiental (1): 363.6 kg de Sulfato de Amonio no descargados como vertidos líquidos en un año.

Calculando el Beneficio Ambiental correspondiente a la reducción de las emisiones de amoniaco:

Al reducir la cantidad de sulfato de amonio en la operación de desencalado se reduce la cantidad de amoniaco gaseoso la cual se muestra a continuación:

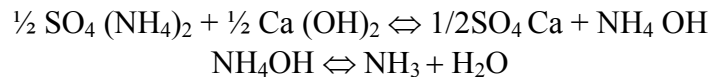
Reducción de Sulfato de Amonio:

Antes: 20 kg de Sulfato de Amonio – Generan 5.14 kg de NH₃ por Batch.

Después de P+L: 9.9 kg Sulfato de Amonio

Calculando las emisiones de Amoniaco a partir de las Reacciones químicas planteadas en el balance de materia y energía.

Reacciones



Calculando primero la Cantidad de Hidróxido de Amonio

$$\text{Kg } \text{NH}_4\text{OH} = 9.9 \text{ kg } \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 \frac{35.0452 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH} / \text{kg mol}}{(0.5) * 132.14 \text{ kg } \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 / \text{kg mol}} = 5.25 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH}$$

Calculando la cantidad de Amoniaco Gaseoso

$$\text{Kg } \text{NH}_3 = 5.25 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH} \frac{17.03 \text{ kg } \text{NH}_3 / \text{kg mol}}{35.04 \text{ kg } \text{NH}_4\text{OH} / \text{kg mol}} = 2.55 \text{ kg } \text{NH}_3 \text{ por batch}$$

Por lo que las emisiones mensuales de amoniaco gaseoso son:

| |
|--|
| NH_{3(g)} = 2.55 kg/batch |
|--|

Reducción de Emisiones de Amoniaco:

$$\text{Emisiones de NH}_3 \text{ nates} - \text{Emisiones de NH}_3 \text{ después de P+L}$$

15.42 kg de NH₃ - 7.65 kg de NH₃ = 7.77 kg de NH₃ no emitidas a la atmósfera por mes.
Extrapolando para un año:

$$\text{Emisiones de } NH_3 = 7.77 \frac{\text{kg } NH_3}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 93.24 \frac{\text{kg } NH_3}{\text{año}}$$

Beneficio Ambiental (2): 93.24 Kg. de NH₃ no emitidas a la atmósfera por año

c. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional de esta opción consiste principalmente en una buena practica operacional referido al uso de los químicos en esta operación principalmente enfocado a la reducción del Sulfato de amonio, lo cual al llevar a cabo dicha reducción se obtendrían importantes beneficios tanto económicos, pero principalmente ambientales ya que se reducirían a casi la mitad las emisiones de Amoniaco gaseoso dentro de la empresa.

d. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de las emisiones de Amoniaco generadas a partir de la reducción del Sulfato de Amonio y comparándolas con las emisiones generadas antes de la reducción de dicho químico, siempre comparándolas en función del producto terminado.

En base a un mes de producción:

Consumo de Sulfato de Amonio en el mes: 60 kg de Sulfato de Amonio

Reducción del consumo de Sulfato de Amonio en el mes por realizar Baños Cortos: 29.9kg.

Indicadores Ambientales de las Emisiones de Amoniaco:

Indicador Ambiental Actual: 3.42 gramos NH₃ / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 1.7 gramos NH₃ / Pie² de Cuero acabado

Indicadores Ambientales del consumo de Sulfato de Amonio:

Indicador Ambiental Actual: 13.33 gramos Sulfato de Amonio / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 6.6 gramos Sulfato de Amonio / Pie² de Cuero acabado

VIII: Opción “Reciclaje y Reutilización de las Aguas de Curtido al Cromo”

a. Viabilidad Técnica:

El reciclaje directo de las aguas de la operación de curtido al cromo puede realizarse por medio de la recolección de las aguas de desecho que quedan en el batan al finalizar la curtición.

Al finalizar la operación de curtición, las pieles se sacan del batan y se colocan a escurrir, el agua que queda en el batan puede ser transportada por medio de una tubería de pvc hacia una pila o estructura de recolección, esta agua debe pasar por un proceso de filtración debido a que en ellas hay sólidos suspendidos que se desprende de la piel al momento de realizar la rotación.

La pila de recolección puede estar provista de un tamiz fino que permita la retención de los sólidos. En el Manual de Aplicación se presenta una figura que puede ser utilizada para aplicar esta opción de Producción Más Limpia.

Luego de finalizar el transporte de las aguas de licor de cromo hacia la pila de contención, se retira el tamiz para botar los sólidos suspendidos que se hayan quedado en él. Después de retirar el tamiz, la pila debe ser tapada con una tapadera adecuada para ella y de esa forma evitar que el licor de cromo se contamine con cualquier clase de partículas que se encuentren en el ambiente.

Según un estudio realizado por (CEPIS,1996). En su informe Técnico en el manejo de residuos en una curtiembre los baños generados en la operación de curtido al cromo pueden ser reutilizados 5 veces después del baño inicial bajo condiciones controladas de pH sin afectar la calidad de los cueros.

b. Factibilidad Económica:

El mayor beneficio económico que se obtendría con la aplicación de reciclaje directo de aguas de cromo es el ahorro mismo de consumo de sulfato de cromo para los siguientes dos lotes (utilizando licor de cromo reciclado)

Costo de la inversión:

Para la realización de la pila de recolección de aguas con cromo se cotizo a un albañil independiente el cual nos proporcionó los siguientes costos:

- Costo de infraestructura incluyendo ladrillos, tamiz fino de 20mm a 15mm, cemento, arena y otros: \$100/1m²
- Costo de mano de obra : \$55
- Costo por imprevistos: 10% de la inversión.

Para una pila de recolección de 1m² se tiene que el costo total de la inversión será:\$170.5

Calculando los ahorros o beneficios económicos anuales al implementar esta opción:

Consumo de Sal de cromo comercial en el mes: 120 kg por mes

Costo: 1.017 \$/kg

Vertido Liquido Generado de las operaciones de precurtido y recurtido al cromo mensuales:

156.5 gal / batch * 3 batch en el mes = 469.5 gal / mes.

Condiciones: Baño Inicial: 120 kg de sal de cromo comercial

Sabiendo de manera teórica que el 15 % de los químicos es absorbidos por el cuero y el 85% restante se incorpora al vertido líquido tenemos:

120*.85 = 102 kg de sal que se va en el vertido líquido

120*.15= 18 kg que son absorbidos por el cuero.

Según el estudio realizado por (CEPIS,1996). la formulación a utilizar es la siguiente:

Baño Inicial: 120 kg de sal de cromo

Primer Baño: se debe adicionar el 50% de las condiciones iniciales

Primer Baño: 120*0.50=60 kg

Segundo Baño: 60 kg

Tercer Baño: 60 kg

Cuarto Baño: 60 kg

Quinto Baño: 60 kg

Por lo que el consumo de químicos totales sería: 120+(60*5) = 420 kg de sal de cromo comercial cada 6 meses.(según condiciones de la empresa).

Calculando el ahorro tenemos:

En las condiciones iniciales: 120 kg *6 meses = 720 kg de sal de cromo comercial cada 6 meses.

Por lo que el ahorro de este químico al implementar esta opción sería:

Ahorro = 720 kg – 420 kg = 300 kg de sal de cromo comercial cada seis meses.

Extrapolando este valor a un año se tiene:

300 kg / 6 meses * 2 = 600 kg de sal de cromo comercial por año.

Calculando el Beneficio Económico de esta opción:

600 kg /año * 1.017 \$ / kg = 610.2 \$ / año

Beneficio Económico = 610.2 \$/ año

Calculando ahora el periodo de retorno de la inversión tenemos:

$$PR = \frac{INVERSION}{Flujos de Entrada - Flujos de Salida}$$

$$PR = 170\$/610.2 \$ / año$$

$$PR = 0.27 años = 4 meses$$

Periodo de Retorno de la inversión = 4 meses

c. Factibilidad Ambiental:

El mayor beneficio ambiental obtenido debido al reciclaje de las aguas generadas en la curtición con cromo es la reducción de la concentración de cromo en los vertidos líquidos.

Beneficio ambiental: reducción de consumo de sulfato de cromo:

$$Beneficio Ambiental = 600 \frac{kg \text{ de sal de cromo}}{año}$$

d. Viabilidad Organizacional:

La opción de reciclaje de las aguas de cromo permite el buen manejo de este químico tan importante y a la vez tan dañino para la salud y el medio ambiente. Con la reducción del uso de sulfato de cromo, la empresa tendrá tanto beneficios económicos como ambientales sin que sea afectado el proceso de producción de cueros.

e. Indicador ambiental:

El indicador ambiental será analizado en base a los gramos de sulfato de cromo por pie² de cuero acabado que serán utilizados en la operación de curtición de pieles:

Indicador ambiental actual = 0.26 kg de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado
Indicador ambiental con P+L = 0.15kg de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado

5.2.8 Resumen de Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A.

En el Cuadro 5.22 Se Presenta un cuadro resumen de las opciones de producción más limpia generadas las cuales fueron descritas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y organizacional en total se realizo el estudio de viabilidad y factibilidad a 7 opciones las cuales se presentan en dicho cuadro con sus beneficios económicos y ambientales potenciales que la empresa obtendría si estas fueran implementadas dentro de su proceso productivo, además algunas presentan inversiones que se tienen que realizar para su implementación, y que a partir de los ahorros potenciales calculados cual debería de ser el periodo de retorno de las mismas.

Cuadro 5.22: Resumen de Las Opciones de Producción Mas Limpia Generadas a partir de la Investigación de Campo Realizada a la Empresa A

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental anual | Inversión (\$) | Periodo de Retorno (meses) | Indicador Ambiental de Desempeño Actual | Indicador Ambiental de Desempeño con P+L |
|--|---|---|----------------|----------------------------|--|---|
| Recuperación de la sal de la recepción de materia prima para el piquelado | 326.52 | 1632 kg de Sal recuperada | 49 | 2 meses | 0.12 kg sal / Pie ² de cuero acabado | 0.09 kg de sal / Pie ² de cuero acabado |
| Reutilización de la Grasa o sebo para generada en el desmantecado para Engrase. | 1048.13 | 489.0 kg de Sebo reutilizado | 850 | 13 meses | 18.66 gramos de sebo / Pie ² de cuero acabado | 9.56 gramos de sebo / Pie ² de cuero acabado |
| Adquirir equipo de protección personal para la manipulación de químicos y capacitación del personal. | Se evitarían paros en la producción debido a la falta de algún empleado por causa de enfermedad | Mejorar las condiciones laborales en la empresa ya que se reducirían las emisiones gaseosas | 190 | _____ | _____ | _____ |

Cuadro 5.22: Resumen de Las Opciones de Producción Mas Limpia Generadas a partir de la Investigación de Campo Realizada a la Empresa A

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental anual | Inversión (\$) | Periodo de Retorno (meses) | Indicador Ambiental de Desempeño Actual | Indicador Ambiental de Desempeño con P+L |
|--|------------------------------|--|----------------|----------------------------|---|--|
| Aplicar Tecnologías de Alto Agotamiento para la Operación de Recurtido y Precurtido al Cromo | 937.26 | 921.0 kg de sal de cromo no descargada | _____ | _____ | 26.6 Cr (OH) SO ₄ gramos / Pie ² de cuero acabado | 21.06 gramos Cr (OH) SO ₄ / Pie ² de cuero acabado |
| Reducción del Uso del Sulfato de Amonio en la Operación de Desencalado. | 145.44 | 363 kg de sulfato de amonio no descargados 93 kg NH ₃ no emitidos | _____ | _____ | 3.42 gramos NH ₃ / Pie ² de cuero acabado 13.3 SO ₄ (NH ₄) ₂ gramos / Pie ² de cuero acabado | 1.7 gramos NH ₃ / Pie ² de cuero acabado 6.6 gramos SO ₄ (NH ₄) ₂ / Pie ² de cuero acabado |
| Reutilización de los Baños de Pelambre y Encalado | 191.60 | 119 kg de Na ₂ S no descargados 456 kg cal no descargados 52.0 kg de H ₂ S no emitidos | 96.25 | 6 meses | 3.32 gramos Na ₂ S / Pie ² de cuero acabado 12.66 gramos cal / Pie ² de cuero acabado 1.45 gramos H ₂ S / Pie ² de cuero acabado | 1.10 gramos Na ₂ S / Pie ² de cuero acabado 4.22 gramos cal / Pie ² de cuero acabado 0.48 gramos H ₂ S / Pie ² de cuero acabado |
| Reciclaje y Reutilización de las Aguas de Curtido al Cromo | 610.2 | 600 kg de sal de cromo no descargadas en el año | 170 | 4 meses | 0.26 kg de sal de cromo / pie ² de cuero acabado | 0.15 kg de sal de cromo / pie ² de cuero acabado |

5.2.9 Observaciones de la Evaluación en Planta en Producción Más Limpia para la Empresa A

1. La Operación de Desmantecado, la cual consiste en la eliminación de la grasa adherida a la piel se pudo observar que ésta se realiza de manera manual utilizando cuchillas.
2. El calentamiento del agua para añadir en la operación de Teñido y engrase se realiza mediante la quema de carbón (Carbón Vegetal) a un lado del batan.
3. Las aguas o vertido líquidos generados en las operaciones de recurtido y precurtido al cromo se presentaban una coloración azul (Licor de Cromo).
4. Se pudo observar que los empleados manipulaban los químicos sin ningún tipo de protección personal.

5.2.10 Conclusiones de la Evaluación en Planta en Producción Más Limpia para la Empresa A.

1. La aplicación o incorporación de las tecnologías de alto agotamiento para la operación de curtido con sales de cromo(Cr(OH)SO_4) le puede proporcionar a la empresa importantes beneficios potenciales tanto económicos como ambientales, ya que de acuerdo a la investigación realizada se pudo comprobar que existe una reducción considerable en el consumo de las sales de cromo en la operación de curtido lográndose un ahorro de 921.26 kg de sales de cromo(Cr(OH)SO_4) por año que reflejado en términos monetarios representa un ahorro económico de aproximadamente 936 \$ por año.
2. La reutilización de las aguas procedentes de los baños de pelambre y encalado proporciona una reducción en las emisiones gaseosas de sulfuro de hidrogeno

(H₂S) de aproximadamente 52.22 kg de de emisiones H₂S no emitidas en el año, además de lograr ahorros económicos de 191.0 \$ en el año.

3. La reducción del Sulfato de Amonio (SO₄ (NH₄)₂) en la operación de Desencalado genera una reducción de aproximadamente 93 kg de emisiones de amoniaco (NH₃) no emitidas en el año, generando además a la empresa beneficios económicos potenciales de aproximadamente 145.44 \$ por año, así como también una reducción de las sales amoniacaes de 363 kg por año en el vertido liquido.
4. La reutilización de la sal (NaCl) procedentes de la recepción de materia prima para la conservación de las pieles le puede generar a la empresa, según la investigación realizada, un ahorro económico potencial de aproximadamente 326.52 \$ en el año así como también un reducción de este desecho sólido de aproximadamente 1632 kg NaCl en el año al no incorporarse dicho desecho en le vertido liquido proveniente del remojo de las pieles y reutilizarse mediante el previo tratamiento elaborado para su posterior reutilización en la operación de piquelado.
5. La reutilización de la grasa o sebo que se genera en la operación de desmantecado de la piel de acuerdo al estudio realizado le proporcionaría a la empresa un ahorro económico de aproximadamente 1048 \$ en el año así como también un beneficio ambiental de aproximadamente 490 kg de grasa o sebo reutilizados en el año.
6. La opción de Reciclaje de las aguas generadas en las operación de curtido al cromo según el estudio realizado le puede generar a la empresa importantes beneficios económicos ambientales potenciales de aproximadamente 610 \$ al año, teniendo que realizar una inversión aproximada de 170 \$ logrando recuperar dicha inversión en los próximos 4 meses después de su implementación, además dicha opción le permite un beneficio ambiental

potencial de 600 kg de sal de cromo comercial que no serían descargadas en el vertido líquido por año.

7. La implementación de las Tecnologías de Producción mas limpia para la empresa A según la investigación realizada le puede generar beneficios económicos potenciales de aproximadamente 2,648.0 \$ por año, para llevar a cabo la implementación de estas opciones de producción más limpia la empresa debe realizar una inversión de aproximadamente 1184.65\$ logrando a partir de dicha inversión y posterior implementación de cada una de las opciones recomendadas un retorno 0.57 años o 7 meses de la inversión realizada.

5.3 COMPONENTES DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA EMPRESA “B”.

La empresa B tiene como actividad principal el procesamiento de pieles de res para elaborar el cuero. En planta se utiliza una amplia variedad de químicos entre los cuales se pueden mencionarse: sal industrial(NaCl), sulfato de sodio(Na_2S), sulfato de cromo($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$), soda cáustica(NaOH), cal hidratada(CaOH)₂, sulfato de amonio SO_4 (NH_4)₂, ácido sulfúrico(H_2SO_4), anilina básica. Todos estos químicos son necesarios en las etapas de procesamiento de las pieles, siendo estas: recepción, remojo, descarnado, desorillado, pelambre, curtición, desencalado, piquelado, dividido, rebajado, recurtido, engrase, pigmentado. Las características específicas del producto terminado (cuero) depende en cierto grado del cliente o del mercado objetivo, pudiendo variar el color, el grosor, textura y tamaño; los clientes potenciales son las zapaterías de Santa Ana y San Salvador.

En la **EMPRESA B** remodelaron recientemente el drenaje de agua lluvia la cual es recolectada para ser ocupada en el proceso además construyeron una fosa más grande para las aguas negras. Las aguas residuales producto del proceso se llevan a unas pilas intercomunicadas las cuales liberan constantemente un volumen pequeño de agua. Por otro lado en cuanto a los desechos sólidos, la viruta producto de la etapa de rebajado es regalada a la empresa ADOC, y los demás desechos son enterrados en terrenos propiedad de la empresa.

En términos generales, no existe una política ambiental definida; sin embargo la empresa reconoce el componente ambiental como importante, y actualmente se encuentra desarrollando el diagnóstico y plan de adecuación ambiental, que es requerido por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (MARN)

En el cuadro 5.23 se presenta la ficha técnica de la Empresa B con toda la información necesaria para realizar la evaluación Preliminar en la Empresa B.

Cuadro 5.23: FICHA DE LA EVALUACION PRELIMINAR EN LA EMPRESA “B”.

| | | | | |
|----------------------------------|--|--------------------|--|---|
| Nombre de empresa | Empresa B | | | |
| Persona de contacto | ----- | Año de fundación | | |
| Dirección | ----- | | | |
| Teléfono | | Fax | | |
| Giro y tipo de empresa | Curtiembre de Pieles | | | |
| Empleados | Administración | 3 | No. de mujeres | 0 |
| | Producción | 12 | No. de mujeres | 0 |
| | Total | 15 | % de mujeres* | 0 |
| Productos / servicios prestados | Materia prima para calzado y suela de zapatos. | | | |
| Producción | Producto | Producción mensual | | |
| | Cuero de res acabado | 300 a 350 cueros | | |
| Mercado/clientes más importantes | Zapaterías de Santa Ana y San Salvador | | | |
| Materias primas principales | Materia prima | Consumo mensual | | |
| | Sal industrial | 1180 kg | | |
| | Sulfuro de sodio | 120.01 kg | | |
| | Sulfato de cromo | 438.04 kg | | |
| | Soda cáustica | 8.19 kg | | |
| | Cal hidratada | 200.01 kg | | |
| | Sulfato de amonio | 155.5 kg | | |
| | Ácido sulfúrico | 110.38 kg | | |
| Desechos principales | Anilina básica | 14.12 kg | | |
| | Desecho generado | Cantidad mensual | Disposición final | |
| | Viruta y Trozos de piel | 30,202 kg | Planta recicladora de ADOC | |
| | Sebo | | Fosa | |
| | Aguas de Lavado | n.d | Las Aguas se dirigen a través de tuberías y canales hacia cuatro pilas, luego estas dirigen a una quebrada | |
| Consumo de agua | Consumo | 12 barriles | Costo (\$) | |
| | Fuente de suministro | Pozo propio | | |
| Consumo de energía | Tipo de energía | Consumo mensual | Costo (\$/mes) | |
| | Eléctrica | | \$600 | |
| | Diesel | n.d | n.d | |
| Fecha de visita | 21 de mayo de 2004 | Consultor(es) | | |

n.d.: Información no disponible

5.3.1 Procesos de Producción de la Empresa B.

El Proceso de producción de cuero inicia en el área de recepción, en la que se reciben pieles frescas, estas son salas en seco por operarios de la empresa, las cuales posteriormente son procesadas para la obtención de cueros con diferentes químicos.

Al iniciar el procesamiento de las pieles estas son llevadas al batan donde se agrega agua para eliminar la sal y recuperar la humedad de las pieles.

Siguiendo con el proceso se elimina el pelo colocando las pieles en batanes, donde se le agrega cal hidratada(CaOH_2) y sulfato de amonio $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$; una vez terminada la operación se descarga el agua con la mezcla de químicos, la cual arrastra consigo pelos, posteriormente se le adiciona ácido sulfúrico(H_2SO_4), con el objeto de preparar las pieles para operación de curtición, en esta operación se adiciona sulfato de cromo comercial($\text{Cr}(\text{OHSO}_4)$), la piel pasa una etapa de reposo por 36 horas para su escurrido. Después de la operación de curtición las pieles presentan una coloración azul a la que se le conoce como “wet blue” debido a la absorción del cromo, posteriormente sigue la etapa de dividido en donde se separa el cuero de mejor calidad y la carnaza (la parte interna de la piel) que es un cuero de menor calidad, el grosor del cuero y la carnaza depende de las exigencias del cliente. Llegando a etapa de rebajado en donde se genera la viruta o aserrín de cuero, y las pieles pasan a la etapa de engrase que tiene la finalidad de darle suavidad al cuero, luego es estirado para un proceso de secado, y debido a todos los procesos por los que ha pasado la piel, esta ha sufrido ciertas roturas y rayones, por lo que es necesario de aplicar el desorillado eliminando todas las partes malas. Teniendo el cuero este pasa a una operación de pulido en donde se afina la superficie del cuero, para luego pasar al pigmentado con anilina básica del color determinado a exigencias del cliente los cuales pueden ser café o negro. Llevándolo al proceso de planchado y brillo, terminando todo el proceso del cuero en la medida de sus dimensiones.

El diagrama de flujo general para cada operación en el proceso de curtido de pieles en la empresa B se muestra en las figuras 5.6 a 5.8, realizando un diagrama para cada una etapa importa del proceso como lo son: Ribera, Curtido y Acabado.

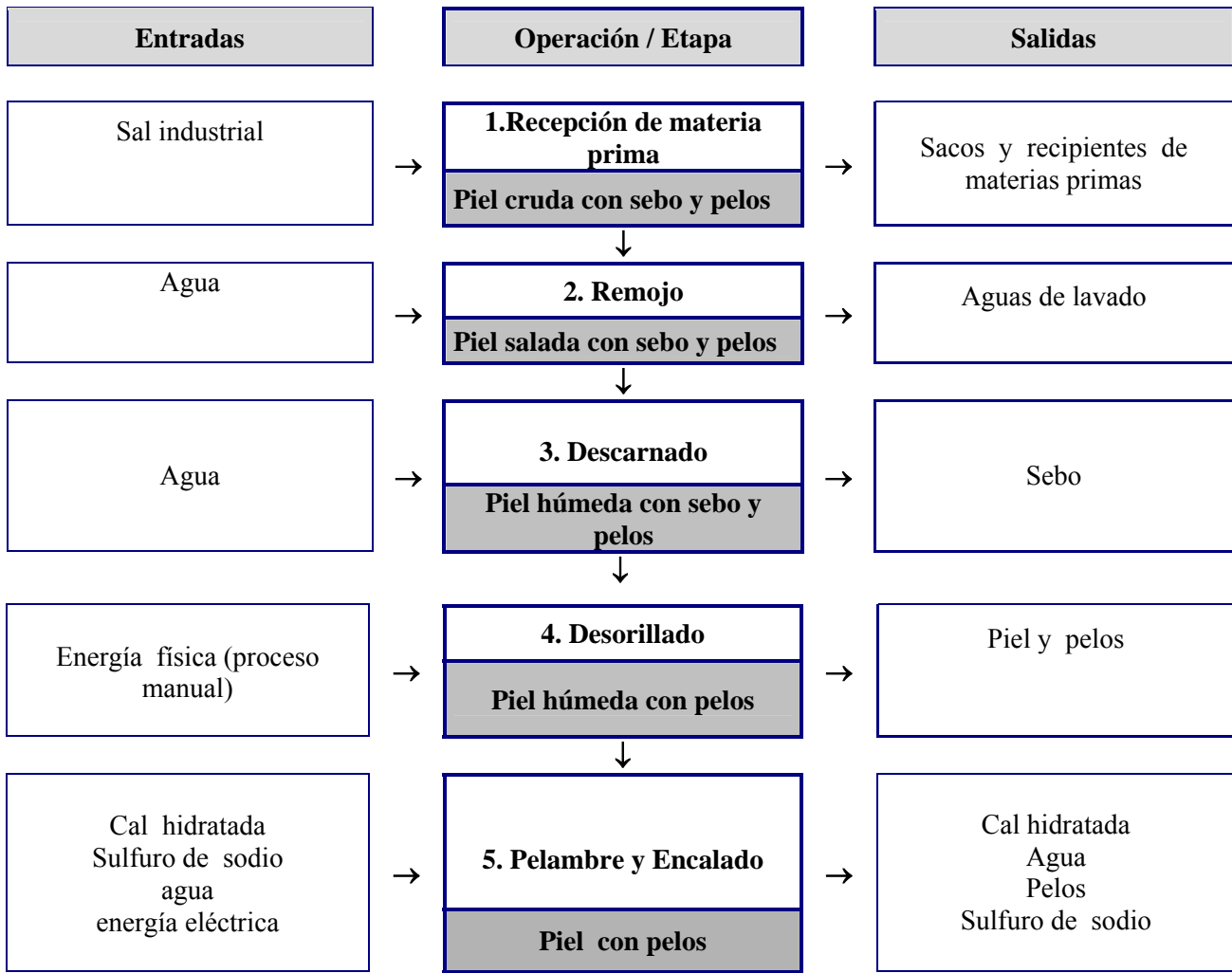


Figura 5.6: Diagrama de Flujo del Proceso Ribera de la Empresa B.

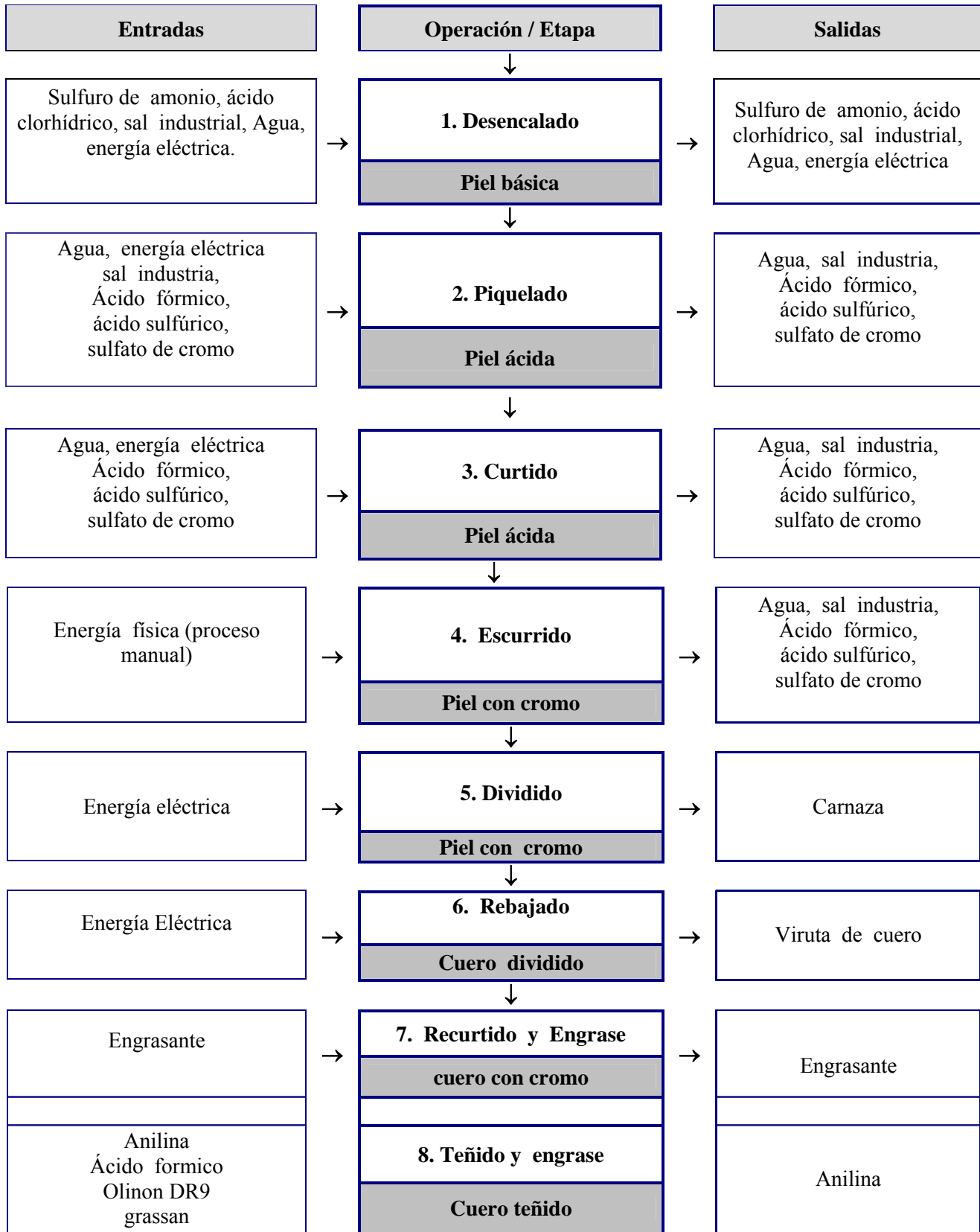


Figura 5.7: Diagrama de Flujo de Proceso de Curtido en la Empresa B



Figura 5.8: Diagrama de Flujo de Proceso Acabado de la Empresa B.

5.3.2 Resultados de la Evaluación Preliminar de la Empresa B.

Las tablas en el Anexo 6 muestran la evaluación de los procesos de EMPRESA B, desde el punto de vista de la producción más limpia. Además se muestra una comparación de los procesos de acuerdo al puntaje obtenido a través de la herramienta informática Eco-inspector.

La Figura 5.9 presenta la matriz de los potenciales de producción más limpia para las diferentes áreas/procesos analizados en la empresa. El eje de las abscisas, Potencial Económico de P+L, representa el promedio de los puntos de “costo”; el eje de las ordenadas, Potencial Ambiental de P+L, representa el promedio de los puntos de “proceso”.

Grafico de los potenciales de la PML

Selección de procesos para un estudio más detallado

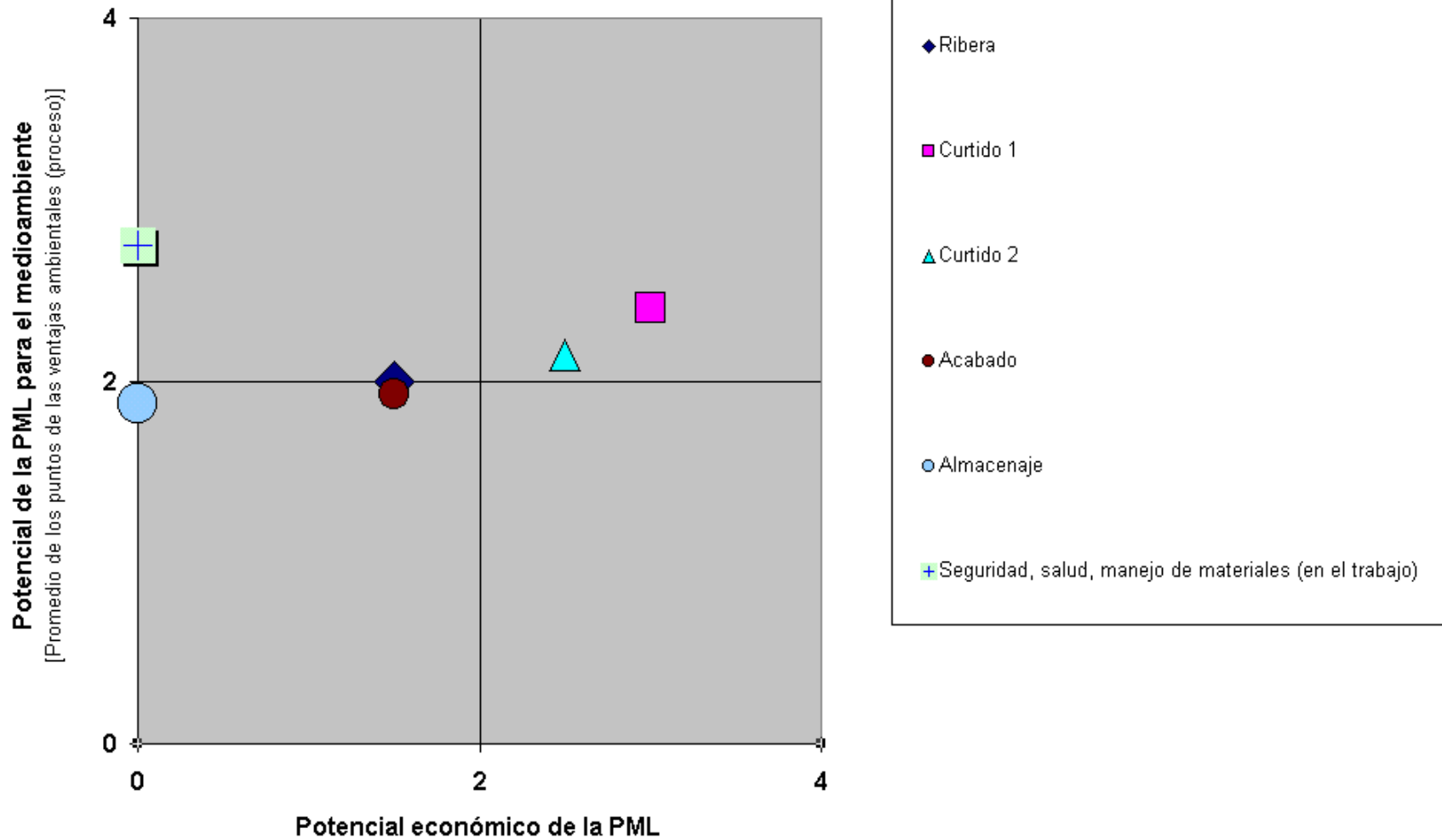


Figura 5.9: Matriz de potenciales de P+L generada a partir de los datos de la Empresa B.

5.3.3 Selección de Procesos para Evaluación en Planta de la Empresa B.

La Evaluación Preliminar muestra que existe potencial de mejora en diferentes áreas de producción.

- i. La etapa inicial del proceso de curtido, que consiste en desencalado, piquelado y curtido se ocupa una gran variedad de químicos, en grandes cantidades al igual que agua, lo que ocasiona un gran volumen de contaminación por el desperdicio de agua, químicos (materias primas) y partes de piel.
- ii. La etapa final del proceso de curtido, que consiste en escurrido, dividido, rebajado, recurtido y engrase, esta etapa ocupa energía eléctrica y algunos químicos, estos últimos terminan en cierto porcentaje como desperdicios, lo que se hace necesario la aplicación de técnicas adecuadas que optimicen el uso de estos químicos (materias primas); en este proceso a parecen además residuos orgánicos procedentes de la piel.
- iii. La recepción de materia prima, del proceso de ribera, que consiste en almacenar las pieles crudas con sal industrial, esta ultima se ocupa de una manera empírica sin conocer la cantidad optima necesaria para preservar las pieles mientras entran en el proceso. El conocimiento de esta cantidad óptima necesaria ahorrara el uso excesivo de sal, disminuyendo el aporte de esta a la contaminación en el agua. Así también se puede llegar evaluarse otras sustancias menos contaminantes que ayuden a preservar las pieles crudas antes de entrar a proceso.
- iv. El descarnado de las pieles, del proceso de ribera, que consiste en eliminar el sebo de la piel. El sebo que es grasa animal, es enterrado, pudiendo esta ser ocupada en etapas posteriores del proceso para ahorrar el uso de materias primas.
- v. El pelambre, que es la parte del proceso de ribera que se encarga de eliminar el pelo de la piel por medio del depilado químico con cal y sulfuro de sodio. El volumen de químicos utilizados puede disminuirse aplicando otras técnicas de depilado de pieles. Ahorrando así materia prima y disminuyendo con esto la cantidad de cal y sulfuro de sodio en las aguas residuales.

- vi. La seguridad industrial en cada parte del proceso del cuero es necesaria aplicar criterios que garanticen la salud y ergonomía a los operarios, debido a los potenciales daños a la salud que pueden ocasionar algunos químicos usados en diferentes etapas, se hace necesario el uso de técnicas y equipos que garantice la salud de los operarios.

5.3.4 Observaciones para la Empresa B.

Al haber realizado una serie de visitas en planta como parte de la evaluación preliminar se logro observar lo siguiente:

1. Las aguas de desecho de la operación de curtido salen con una coloración azul oscuro, las cuales son recolectadas en unas pilas de cemento, siendo mezcladas con aguas de desecho de otros procesos, resultando una agua residual de coloración morado blancuzco, para ser vertidas posteriormente en forma paulatina hacia una quebrada próxima a la empresa.
2. Existen fugas en el sistema de suministro de agua que alimenta a los batanes, siendo en total un barril de agua que se desperdicia cada vez que se usa los dos batanes.
3. En la operación de pelambre y desencalado utiliza cal y sulfuro de sodio, tomando esta agua una coloración blanca, la cual tiene pelo desprendido en suspensión, el agua residual se almacena en pilas y se mezcla con otras aguas de proceso para ser descartadas en forma paulatina.
4. En la operación de remojo en donde se lava las pieles de los químicos utilizados en la operación de recepción de materia prima y de otras impurezas que pudiera tener las pieles: como tierra y heces fecales. Se utiliza agua para realizar estos lavados la cual se almacena en las pilas de aguas de desecho, mezclándolas con las aguas de otros procesos para ser descartada en forma paulatina.
5. En la operación de descarnado se elimina la grasa y restos de carne que se encuentran adheridos a la piel, estos restos son enterrados en lugar próximo a la empresa.

6. El calentamiento de agua en la operación de teñido y engrase no es homogénea y la coraza del calentador se calienta en una cantidad mayor que el agua de salida.
7. La manipulación de químicos realizada por los operarios es hecha sin ninguna precaución, ni supervisión tomando los químicos con las manos desnudas, mojándose sus ropas y piel, metiendo las manos en las pilas de aguas residuales.
8. El tiempo de transporte de las pieles de la operación de remojo a las operaciones de descarnado y desorillado fue de dos horas, trabajo realizado por un operario utilizando una carretilla, tardándose la misma cantidad de tiempo de llevar las pieles de la operación de desorillado a la de pelambre y encalado.

5.3.5 Conclusiones para la Empresa B.

1. La Empresa B no realiza un análisis del proceso productivo, ni mucho menos una caracterización fisicoquímica de sus aguas de desecho por lo que no conoce la eficiencia de dicho proceso, ni la utilización u optimización adecuada de sus materias primas y disposición de sus desechos.
2. De acuerdo a los resultados de los potenciales de producción más limpia, el proceso con mayor potencial de mejora es el proceso de curtido, debido a la gran variedad de químicos usados y el volumen de agua ocupada, es en donde es más necesario criterios de seguridad industrial y aplicaciones de tecnologías más adecuadas que ayuden a disminuir la descarga de contaminantes del efluente.
3. El proceso de Ribera al igual que el de Curtido, resultó con altos potenciales de mejora debido a la características cualitativas del agua residual y del proceso. Resultando tener más potencial de mejora para el medio ambiente que el potencial económico, esto es debido a la características de los químicos y las operaciones, siendo los químicos utilizados: cloruro de sodio, cal y sulfuro de sodio; y las operaciones las cuales son: recepción de materia prima, remojo, descarnado, desorillado, pelambre y encalado, debido al dimensionamiento y tipo de tecnología utilizada en estos procesos que son los causantes de los grandes volúmenes de agua residual generadas en este proceso, y esto genera distintos tipos de contaminantes como agua, sal, sebo, pelo, cal, sulfuro de sodio, resultando ser materia prima no utilizada.

4. La empresa B actualmente no cuenta con un sistema de seguridad industrial con el cual se busque reducir el riesgo de los operarios, debido a la característica de los químicos que ellos manipulan así como también debido a las diferentes operaciones que estos realizan.
5. La Empresa B no posee un programa de monitoreo del consumo de agua, el cual tendría como objetivo de minimizar el uso de este recurso, estandarizar procedimientos de limpieza y, por tanto, minimizar los desechos líquidos generados. Una vez los desechos líquidos han sido reducidos, diferentes opciones de tratamiento (incluyendo separación de sólidos y tratamiento biológico) pueden ser evaluados.
6. Existen operaciones que aunque no tienen de mejora potenciales económicos como es el caso del almacenaje y seguridad industrial pero si tienen potenciales de mejora ambientales estas opciones son igualmente importante debido que a la larga podría llegar a evitar gastos adicionales como son multas o problemas con los operarios.

5.3.6 Recomendaciones para la Empresa B.

Con el propósito de optimizar los recursos utilizados y teniendo en cuenta que no se puede administrar bien lo que no se ha cuantificado, es recomendable realizar balances de materia y energía orientados a conocer el comportamiento “normal” del proceso, posibles desviaciones y las causas de éstas. Esto servirá como base para la generación de posibles soluciones o alternativas a los problemas identificados.

Como resultado de la realización de la Evaluación Preliminar en la Empresa B, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- a) Realizar un balance de materia y energía de las operaciones de manera de conocer cuanto materia prima no es utilizada y se descarta.
- b) Realizar una caracterización físico-química de las aguas de desecho para comparar dichos valores con los establecidos según la norma salvadoreña de medio ambiente.
- c) Definir indicadores ambientales para analizar el rendimiento del proceso (masa de químico utilizado por masa de cuero).

- d) Realizar un rediseño del calentador eléctrico utilizado en la operación de teñido y engrase de manera mejorar las condiciones del agua caliente que entra a este proceso.
- e) Mejorar el diseño del sistema de suministro de agua de los batanes por un sistema que no genere fugas.
- f) Dar un adecuado mantenimiento a los batanes de manera que se eviten las fugas en los mismos.
- g) Invertir en un sistema de seguridad industrial y crear un comité de seguridad industrial con los operarios de manera de concientizarlos en el uso de equipos de protección.
- h) Señalizar y etiquetar correctamente los químicos y las áreas de almacenaje.
- i) Realizar una redistribución de planta para optimizar los proceso y eliminar con esto los tiempos muertos en donde solo se transporta la materia prima de una operación a otra.

En el Anexo 5 se muestran las hojas de trabajo que se obtienen por medio del programa Eco Inspector, y que fueron utilizadas para el procesamiento y el análisis de la información que fue recopilada en las visitas técnicas realizadas a la **EMPRESA B**.

Asimismo se adjunta una gráfica de comparación entre los procesos analizados, en base al total de puntos obtenidos en las áreas denominadas entradas, salidas y tecnología, que han sido utilizadas para la evaluación individual de estos procesos.

5.4 EVALUACIÓN EN PLANTA EN PRODUCCIÓN MAS LIMPIA DE LAS EMPRESAS PROTOTIPO DEL SECTOR DE CURTIEMBRE. (EMPRESA B)

5.4.1 Producción Actual

Para establecer la producción actual de la empresa B se recopiló información del procesamiento de dicho producto de los meses de Junio, Julio y Agosto de 2004.

A continuación el cuadro resumen muestra el procesamiento mensual de las pieles de res en la empresa B en los meses antes mencionados.

Cuadro 5. 24: Datos proporcionados por Don Pedro Polanco propietario de la empresa.

| Procesamiento de Pieles de Res(kg) | | |
|---|--------------|---------------|
| Junio | Julio | Agosto |
| 290 | 300 | 300 |

5.4.2 Principales Entradas

La empresa B tiene como principales insumos el agua, la energía eléctrica y químicos para realizar el curtido de pieles; dicha agua es suministrada a la empresa por dos fuentes: un tanque que está a la entrada de la empresa y que circula a los batanes por medio de tuberías utilizando la gravedad. En segundo lugar una pila que se encuentra en la parte más baja de la planta, de donde se bombea hacia los batanes. El agua de ambos tanques es agua es bombeada hacia las diferentes etapas del proceso.

La energía eléctrica es servida por una planta que se encuentra dentro de las instalaciones de la empresa y que suministra la energía necesaria para realizar las operaciones de curtido de la empresa. El suministro de energía eléctrica es controlado por CLESSA.

Entre las materias primas más importantes para la empresa podemos mencionar la piel de res cruda, los químicos utilizados en las diferentes etapas, por ejemplo, sulfato de cromo, carbonato de sodio, extracto de quebracho, entre otros.

En la cuadro 5.25 se muestra un resumen de las de principales entradas con las que cuenta la empresa B para el procesamiento de las pieles de res, dichos datos fueron tomados a partir de visitas hechas a la empresa y que fueron proporcionados por el propietario y trabajadores de la empresa.

Cuadro 5.25: Resumen de las materias primas principales de la empresa (consumo mensual en kg)

| Materia Prima | Enero | Febrero | Marzo |
|-----------------------|--------------|----------------|--------------|
| Ácido Acético | 4.58 | 4.58 | 6.39 |
| Ácido Formica | 48.95 | 39.99 | 66.81 |
| Ácido Muriático | 20.75 | 17.08 | 29.58 |
| Ácido Oxálico | 4.8 | 8.45 | 5.14 |
| Ácido Sulfúrico | 76.86 | 55.48 | 110.38 |
| Anilina Básica | 30.62 | 4.24 | 14.12 |
| Blancotan HLF | 37.53 | 44.56 | 38.65 |
| Bicarbonato de Sodio | 15.97 | 18.69 | 21.41 |
| Bisulfito de sodio | 2.52 | 2.51 | 2.73 |
| Cal Hidratada | 163.65 | 181.84 | 200.01 |
| Carbonato de Sodio | 3.64 | 1.82 | 8.65 |
| Coratil O | 28.41 | 11.49 | 25.92 |
| Estracto de quebracho | 220.02 | 179.13 | 252.28 |
| Formiato de sodio | 3.2 | 5.35 | 6.61 |
| Grassan 21 | 63.7 | 79.18 | 71.18 |
| Mimosa | 17.97 | 29.13 | 38.66 |
| Miel de purga | 4.22 | 7.07 | 5.71 |
| Olinor DR9 | 81.99 | 101.43 | 105.75 |
| Retingan R7 | 16.37 | 16.39 | 32.76 |
| Soda Caústica | 24.57 | 25.02 | 8.19 |
| Sulfato de amonio | 140.97 | 116.87 | 155.5 |
| Sulfato de cromo | 311.41 | 313.29 | 438.04 |
| Sal Inglesa | 4.68 | 7.3 | 5.92 |
| Sal industrial | 1030 | 880 | 800 |
| Sulfuro de sodio | 98.2 | 130.47 | 120.01 |

El costo de cada uno de los reactivos no fue proporcionado por la empresa

Cuadro 5.26: Resumen de los principales insumos con los que cuenta la empresa

| Insumo | Cantidad(mensual) | Costo(\$) |
|-------------------------|--------------------------|------------------|
| Agua (m ³)* | 11.55 | 13.16 |
| E. Eléctrica** | 153.92 Kwh. | 457.14 |

*Costo calculado en base al consumo de agua en la empresa (balance de materia)

** Costo calculado en base a la facturación de los últimos 3 meses de la empresa.

5.4.3 Desechos y Emisiones

5.4.3.1 Vertidos Líquidos

Los principales desechos líquidos generados en la empresa B son los correspondientes a las operaciones de pelambre, piquelado, curtido al cromo, escurrido, recurtido y engrase, esto debido principalmente al alto contenido de químicos que se utilizan en estas operaciones. Además se generan vertidos líquidos que poseen pH básico o ácido, y que son descargados a un río cercano

En el Cuadro 5.27 se muestran cuantificadas cada una de las descargas líquidas generadas en la empresa B.

Cuadro 5.27: Principales vertido líquidos generados en el procesamiento de pieles de res

| Remojo (gal/lote) | Pelambre (gal / lote) | Desencalado (gal/lote) | Piquelado (gal / lote) | Curtido al Cromo (gal/lote) | Escurrido de cromo (gal / lote) | Recurtido y Engrase (gal / lote) | Remojo y teñido. (gal/lote) |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|---|--|
| 203.15 | 137.5 | 220 | 2.11 | 190.39 | 47 | 82.5 | 82.5 |

BASE = 100 Piel/lote

5.4.3.2 Desechos Sólidos

En cuanto a la generación de desechos sólidos dentro de la empresa podemos mencionar las generadas en las operaciones de descarnado, dividido y rebajado de la piel, generándose en las primera grasas, pelos y piel cruda; por el contrario las otras dos operaciones se generan viruta que es cuero curtido sin ningún otro tipo de procesamiento.

Cuadro 5.28: Principales desechos sólidos generados en la empresa B

| Descarnado (kg/lote) | Dividido (kg/lote) | Rebajado (Kg/ lote) |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 680.38 | 737.08 | 68.03 |

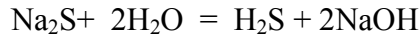
BASE = 100 Piel/lote

5.4.3.3 Emisiones Gaseosas

En cuanto a las emisiones gaseosas se identificaron las causadas en las operaciones de desencalado y pelambre siendo estas generadas por reacción química produciendo amoníaco (NH₃) y sulfuro de hidrogeno (H₂S) respectivamente, además se tienen emisiones gaseosas en la operación de brillo, donde se desprende laca al ambiente.

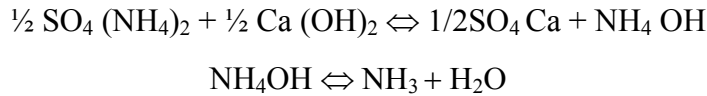
Reacción que ocurre en la operación de Pelambre y Encalado:

Calculo de las emisiones de H₂S



Reacción que ocurre en la operación de Desencalado:

Calculo de las emisiones de NH₃



Cuadro 5.29: Principales emisiones gaseosas en la empresa B

| Operación / Proceso | Emisión Gaseosa (kg/ lote) |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Desencalado | 11.68kg NH ₃ |
| Pelambre | 14.86kg H ₂ S |
| Brillo | 8.7 kg laca |

BASE = 100 pieles/ lote

5.4.4 Balance de Materia y Energía

Los balances de materia se realizaron principalmente con el objetivo de cuantificar el consumo de agua que se utiliza en las diferentes operaciones involucradas, así como también el consumo de los diferentes tipos de químicos que son necesarios para el procesamiento de las pieles de res, además mediante dicho balance de materia se cuantifico la cantidad de desecho sólido generado proveniente de las operaciones de descarnado, dividido, rebajado y la cantidad de sal (NaCl) utilizada por la empresa para la conservación de las pieles.

También a través de dicho balance se calculó de manera estequiometrica la cantidad de emisiones generadas en el calentamiento del agua que es utilizada en la operación de engrase, así como también las emisiones de amoníaco generadas en la operación de desenchalado y las emisiones de laca producidas en la etapa de brillo.

Se realizó un monitoreo de los recursos anteriormente mencionados durante un período de 8 a 12 días en el cual se procesan 100 pieles en crudo (periodo en el cual la piel cruda inicia el proceso hasta la obtención del producto final que es el cuero acabado) con el cual se puede obtener un dato bastante preciso sobre el consumo de estos durante el tiempo anteriormente estipulado.

De acuerdo a un estudio Técnico sobre Manejo de Residuos en Curtiembre realizado por el Centro de Promoción y Tecnologías Sostenibles de Bolivia (CPTS) La Paz Bolivia (2000).

El porcentaje típico de reactivos químicos que es retenido en el cuero según este estudio es de 15%. El porcentaje restante (85%), no es retenido en el cuero y se elimina en el efluente. Este gran porcentaje de reactivos no retenidos, produce un impacto ambiental y puede estar asociado a pérdidas económicas, como resultado de un posible uso ineficiente de estos insumos.

a. Recepción de Materia Prima:

Pieles de Res fresca: 100 pieles saladas.

Se pesaron 3 pieles en salado dando un peso promedio de 52 libras/ piel (23.58 kg /piel salado).

Asumiendo que las 100 pieles son aproximadamente iguales se tiene que el peso total de las pieles es de:

$$\text{peso total de pieles} = 100 \text{ pieles} \cdot 2358 \frac{\text{kg}}{\text{piel}} = 2358 \text{ kg de piel salada / lote}$$

Peso de las pieles saladas: 2358 kg de pieles saladas.

Extrapolando para un mes y sabiendo que la empresa B realiza en promedio de 3 lotes por mes tenemos:

$$\text{masa mensual de pieles} = 2358 \frac{\text{kg de piel}}{\text{lote}} \cdot \frac{3 \text{ lote}}{\text{mes}} = 7074 \text{ kg de pieles / mes}$$

Calculando el consumo de la sal para conservar las pieles en la recepción de materia prima.

La empresa B nos informo que por lo general reciben las pieles frescas por lo que ellos tienen que salarlas para su conservación. Se conoce que se adiciona en promedio 2.5 libras de sal por piel (1.1339 kg sal por piel) por lo que el consumo de sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima es de:

$$\text{consumo de sal en recepcion} = 1.339 \frac{\text{kg de sal}}{\text{piel}} \cdot \frac{100 \text{ pieles}}{\text{lote}} = 113.39 \frac{\text{kg de sal}}{\text{lote}}$$

Consumo de sal por lote = 113.39kg

b. Operación de Remojo y Enjuague:

Base 100 pieles /lote

Datos de Entrada

Pieles saladas: 2358 kg de piel

Agua: para estimar el consumo de agua en esta se conoce que la empresa bombea agua desde la pila 2 por medio de una tubería “hechiza” hacia el batan, según nos informo el trabajador de la empresa el batan se llena con aproximadamente 5 barriles de agua donde 3 barriles se adicionan directamente desde la pila y los otros dos se adicionan junto con los reactivos que son utilizados en la operación, por lo tanto:

Volumen de un Barril = 55 galones

$$\text{Volumen de agua ocupado en remojo} = 5 \text{ barril} \cdot \frac{55 \text{ galon}}{1^{\circ} \text{ barril}} = 275 \text{ galones de agua}$$

Calculando las aguas de desecho generadas en la operación de remojo y enjuague tenemos:

Se peso 3 pieles en la balanza de la empresa para estimar un promedio de la cantidad de agua que es absorbida por dichas pieles teniendo los siguientes resultados:

Peso promedio de las pieles en húmedo: 58 libras/piel

Peso promedio de la piel en seco: 52 libras/piel

Diferencia de peso: 58 libras – 52 libras = 6 libras de agua / piel o 2.72 kg de agua/piel

A partir de la densidad del agua tenemos:

$$\text{Densidad: } 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Calculando el Volumen de Agua en las pieles:

$$\rho = \frac{Masa}{Volumen}$$

Despejando el Volumen Tenemos:

$$Volumen = \frac{Masa}{\rho}$$

$$Volumen = \frac{2.72 \text{ kg de agua}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.00272 \text{ m}^3 \text{ de agua/piel} = 2.72 \text{ lt/piel}$$

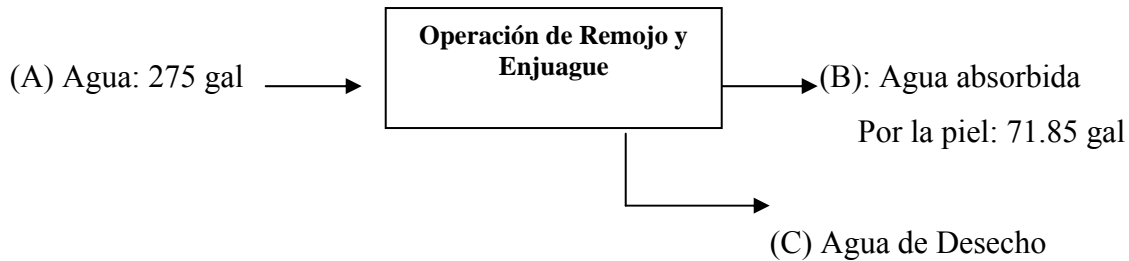
Calculando el Volumen Total de Agua retenida en las Pieles tenemos:

$$V_{\text{agua}} = 2.72 \frac{\text{litros}}{\text{piel}} \cdot \frac{100 \text{ pieles}}{\text{lote}} = 272 \frac{\text{litro}}{\text{lote}} = 71.85 \frac{\text{galones}}{\text{lote}}$$

Volumen de agua retenida por lote = 71.85 galones

Calculando las aguas de desecho generadas en la operación de Remojo y Enjuague:

Realizando un Balance de Agua:



Calculando las Aguas de Desecho:

$$A = B + C$$

La variable (C):

$$C = A - B$$

$$C = 275 \text{ gal} - 71.85 \text{ gal} = 203.15 \text{ gal}$$

Agua consumida = 71.85galones/lote
Agua de Desecho = 203.15 galones/lote

Balance de Químicos: Operación de Remojo y enjuague:

Sulfuro de sodio: 1.81kg
Carbonato de sodio: 1.81kg
Total de Químicos a la Entrada: 3.62kg
Calculando la cantidad de químico que es absorbido por la piel:
Cantidad total de químicos utilizados en la operación: 3.62kg
Químicos absorbidos = $3.62 \times 0.15 = 0.543\text{kg}$

c. Operación de Descarnado:

Para esta operación se nos dijo en la empresa B que por cada 100 pieles de res procesada se obtienen como residuos sólidos alrededor de 15 qq de grasa y restos de carne por lote.

Pasando este valor a unidades de kg tenemos que

15 qq = 1500 libras = 630.38 kg por lote.

Residuo Sólido Generado en Descarnado: 680.38 kg / lote

d. Operación de Pelambre:

Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

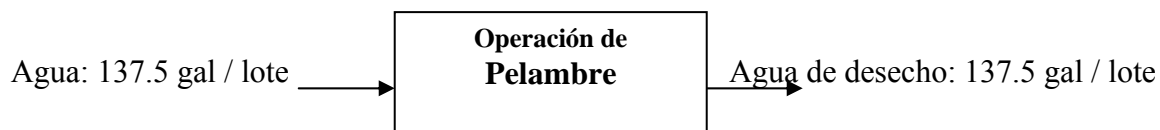
Cal: 12 kg

Pieles: 2630.543 kg (peso húmedo)

Sulfuro de Sodio: 75Lb (34.01 kg)

Para el consumo de agua en esta operación se cuantificó que se utilizaron en total 2.5 barriles de 55 galones cada uno, el tiempo de rotación en el batan fue de aproximadamente 2.25 horas para posteriormente dejar las pieles en reposo por 16 a 20 horas.

Balance de Agua:

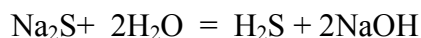


Balance de químicos en la operación de pelambre:

Cal: 12 kg
 Sulfuro de Sodio: 75Lb (34.01 kg)
 Cantidad total de químicos utilizados en la operación: 46.01kg
 Químicos absorbidos = $46.01 \times 0.15 = 6.90\text{kg}$

Calculo de Emisiones Gaseosas:

Durante la operación de pelambre se generan emisiones gaseosas de sulfuro de hidrogeno el cual se forma a partir de la reacción del sulfuro de sodio con el agua, para el cálculo de dichas emisiones se realizará de manera estequeometrica a través de la ecuación química que rige la reacción:



Datos para realizar los cálculos estequeometricos:

PM: Sulfuro de Sodio: (Na_2S) = 78 kg / kg mol

PM: Sulfuro de Hidrogeno: (H_2S) = 34.082 kg / kg mol

Cantidad de Sulfuro de Sodio que se ocupa por lote para la operacion de pelambre:

$$\text{Na}_2\text{S} = 34.01 \text{ kg / lote}$$

Calculando por estequeometria las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno generadas por lote:

$$\text{Kg de H}_2\text{S} = \frac{34.01\text{kg de Na}_2\text{S} \left(\frac{34.082\text{kg H}_2\text{S}}{\text{kg mol}} \right)}{78\text{kg Na}_2\text{S}/\text{kg mol}} = 14.86 \text{ Kg de H}_2\text{S}$$

Emisiones de H₂S: 14.86 kg / lote

e. Operación de Desencalado:

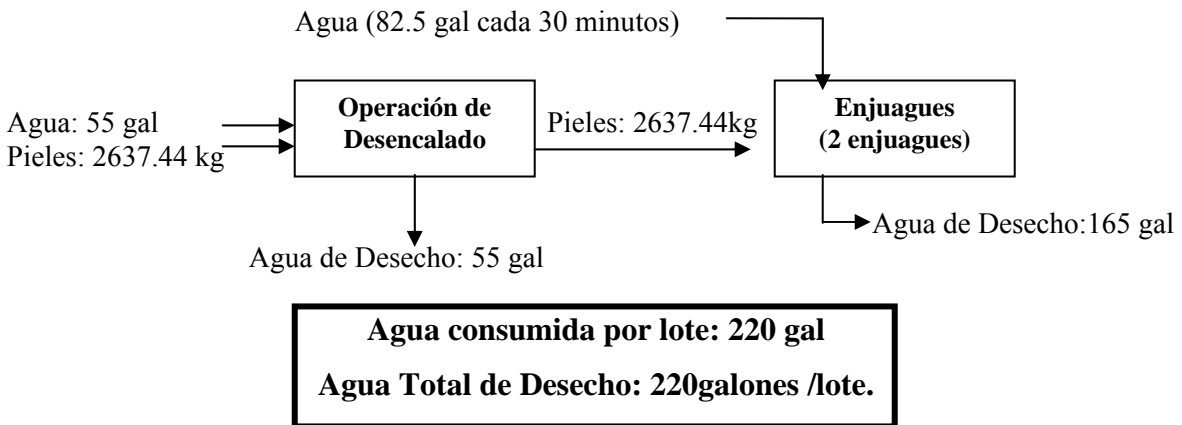
Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

Pieles en húmedo: 2637.44kg

Sulfuro de Amonio: 100 libras (45.35 kg)

Ácido muriático: 15libras (6.80kg)

Al iniciar la operación de Desencalado se adiciona medio barril de agua (27.5 galones) con sulfuro de amonio y se realiza una rotación de aproximadamente 5 a 10 minutos, y luego se deja reposar las pieles con la solución por aproximadamente 45 minutos, posteriormente se adiciona ácido muriático en medio barril de agua disuelto, se realiza rotación por 5 a 10 minutos y se deja reposar aproximadamente 2 horas. Finalmente se realizan dos lavadas con aproximadamente 1.5 barriles de agua en cada una y por 30 minutos cada lavada. Finalmente se descarga la solución



Balance de químicos:

Sulfuro de Amonio: 100 libras (45.35 kg)

Ácido muriático: 15libras (6.80kg)

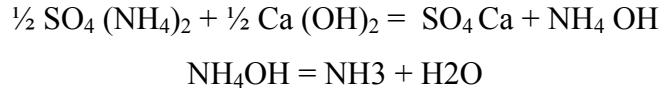
Químicos totales utilizados = 52.15kg

Químico absorbidos totales: $52.15\text{kg} \times 0.15 = 7.82\text{kg}$

Calculo de Emisiones Gaseosas:

En dicha operación se producen emisiones gaseosas de amoniaco por el uso de sulfato de amonio el cual reacciona con el hidróxido de calcio para dar el hidróxido de amonio que luego se disocia en amoniaco gaseoso incorporándose al aire.

Las reacciones químicas que se dan son las siguientes:



Datos para realizar los cálculos estequeometricos:

PM: Sulfato de Amonio: $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 = 132.141 \text{ kg / kg mol}$

PM: Hidróxido de Amonio: $(\text{NH}_4\text{OH}) = 35.045 \text{ kg / kg mol}$

PM: Amoniaco: $(\text{NH}_3) = 17.03 \text{ kg / kg mol}$

Cantidad de Sulfato de Amonio que se ocupa por lote para la operación de Desencalado:

$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 = 45.35\text{kg/lote}$

Calculando estequeometricamente las emisiones de Amoniaco generadas por lote:

Calculando primero la cantidad de Hidróxido de Amonio:

$$\text{Kg NH}_4\text{OH} = 45.35\text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 \frac{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}}{(0.5) * 132.141\text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 / \text{kg mol}} = 24.05\text{kg NH}_4\text{OH}$$

Calculando ahora las emisiones gaseosas de amoniaco a partir de la segunda reacción:

$$\text{Kg NH}_3 = 24.05\text{kg Kg NH}_4\text{OH} \frac{17.03 \text{ kg NH}_3 / \text{kg mol}}{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}} = 11.68\text{kg NH}_3$$

Emisiones de NH₃: 11.68kg NH₃/lote

f. Operación de Piquelado:

Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

Pieles en húmedo: 2645.26kg/lote

Sal industrial: 300lb/lote (136.07kg/lote)

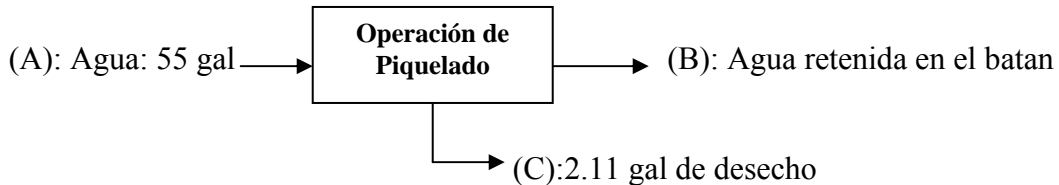
Ácido Sulfúrico: 27lb/lote (12.24kg/lote)

Consumo de Agua: 55 galones/lote

Tiempo de rotación: 30 a 40 minutos:

Tiempo de Reposo: 24 horas

Durante dicha operación se cuantificaron fugas en el batan durante su rotación las cuales fueron recolectadas en un recipiente con un volumen de 10 litros, obteniéndose un volumen aproximado de 8 litros (2.11galones) de agua de desecho que va hacia la pila de tratamiento.



$$A = B + C$$

Despejando la variable (B):

$$B = A - C$$

$B = 55\text{gal} - 2.11\text{ gal} = 52.89\text{ gal}$ (agua que es almacenada para ser utilizada en el inicio de la operación de curtido)

Agua consumida realmente: 2.11 gal / lote

Agua de Desecho: 2.11gal /lote

Balance de químicos:

Sal industrial: 300lb/lote (136.07kg/lote)

Ácido Sulfúrico: 27 lb/lote (12.24kg/lote)

Calculando los químicos totales de la siguiente manera:

$$QUIMICOS_{TOTALES} = \text{acido sulfurico} + \text{sal industrial}$$

$$QUIMICOS_{TOTALES} = 12.24\text{ kg / lote} + 136.07\text{ kg / lote}$$

Químicos totales = 148.31kg/lote

Se sabe que el cuero absorbe solo el 15% $\frac{p}{p}$, de los químicos resultando entonces que el

$$\text{quimico absorbido} = \text{quimico} \times (0.15)$$

$$\text{Químicos absorbido en la piel} = (148.31\text{kg/lote}) \times 0.15 = 22.24\text{kg/lote}$$

g. Operación de Curtido al Cromo:

Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

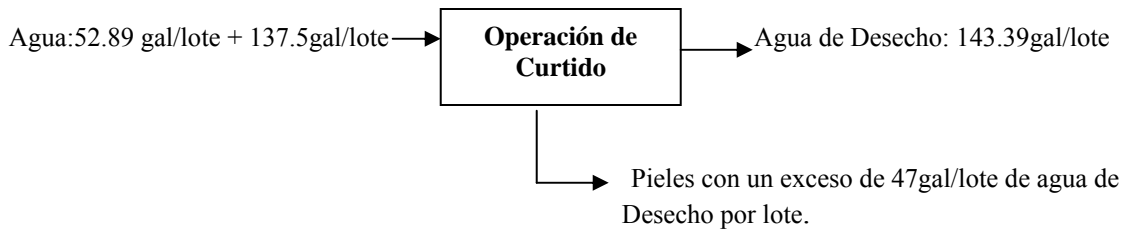
Pieles en húmedo: 2667.5kg/lote

Ácido fórmico: 34 lb/lote (15.42kg/lote)

Coratyl-O: 12.89lb/lote (5.85kg/lote)

Sulfato de cromo: 125lb/lote (56.7kg/lote)

Del agua de piquelado que fue almacenada se toman 52.89 galones/lote que son introducidos al batan, luego se adiciona 56.7kg/lote de sulfato de cromo comercial disuelto en un barril de agua (55gal) y se rota cada 20 a 30 minutos durante 2.5 horas, luego se le basifica con 2.25kg/lote de coratyl -O la primera vez y luego 1.80kg/lote del mismo químico cada 30 minutos disueltos en medio barril de agua. Para al final de la operación se retiran las pieles del batan y se filtran aproximadamente 190 galones/lote de licor de cromo.



| |
|---|
| <p>Consumo de Agua: 190.39 gal / lote</p> <p>Aguas de Desecho: 143.39gal / lote</p> |
|---|

Balance de químicos:

Ácido fórmico: 34 lb/lote (15.42kg/lote)

Coratyl-O: 12.89lb/lote (5.85kg/lote)

Sulfato de cromo: 125b/lote (56.7kg/lote)

Sal industrial: 150lb/lote (68.03kg/lote)

Calculando los químicos totales de la siguiente manera:

$$QUIMICOS_{TOTALES} = \text{acido formico} + \text{Coratyl O} + \text{sulfato de cobre} + \text{sal industrial}$$

$$QUIMICOS_{TOTALES} = 15.42 \text{ kg / lote} + 5.85 \text{ kg / lote} + 56.7 \text{ kg / lote} + 68.03 \text{ kg / lote}$$

Químicos totales = 146kg/lote

Se sabe que el cuero absorbe solo el 15% $\frac{p}{p}$, de los químicos resultando entonces que el

$$\text{quimico absorbido} = \text{quimico} \times (0.15)$$

$$\text{Químicos absorbidos}_{total} = (146\text{kg/lote}) \times 0.15 = 21.9\text{kg/lote}$$

h. Operación de Escurrido de las Aguas de Cromo:

Para la cuantificación del agua de desecho en la operación de escurrido se toma como base:

Peso del cuero curtido sin escurrir = 58 lb/cuero (26.30 kg/cuero)

Peso del cuero escurrido = 54 lb/cuero (24.5 kg/cuero)

Donde los datos anteriores fueron cuantificados para un promedio de 5 pieles.

Por lo tanto el agua de desecho sería = peso cuero sin escurrir – peso cuero escurrido

$$\text{Agua de desecho} = 58 \frac{\text{lb de licor de cromo}}{\text{cuero}} - 54 \frac{\text{lb de licor de cromo}}{\text{cuero}}$$

$$\text{Agua de desecho} = 4 \frac{\text{lb licor de cromo}}{\text{cuero}}$$

Donde se establece una relación aproximada de densidad

$$1\text{m}^3 = 2204.6 \text{ lb de agua} = 264.17\text{gal}$$

Por lo que tenemos que:

Agua de desecho en la operación de escurrido por cuero:

$$\text{Por cuero} = 0.47 \frac{\text{gal de licor cromo}}{\text{cuero}}$$

Agua de desecho en la operación de escurrido por lote:

$$Por\ lote = 0.47 \frac{gal}{cuero} \cdot \frac{100\ cuero}{1\ lote} = 47 \frac{gal\ de\ licor\ de\ cromo}{lote}$$

Volumen de agua de desecho por lote en la operación de escurrido = 47 galones

i. Operación de Dividido:

Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

Pieles en húmedo: 2689.4kg/lote

Finalizada la operación de Curtido al cromo las pieles en húmedo son sometidas a otra separación mecánica la cual se realiza en una maquina divididora que tiene por objetivo principal separar la carnaza de la piel del lado de la flor (cuero de primera calidad), así se tiene como residuo la carnaza, en esta operación durante la visita realizada se pudo cuantificar quede un cuero resultan 16.25 lb de carnaza las cuales se procedió por lo que la cantidad de desecho sólido generado en dicha operación se calculó de la siguiente manera:

$$Desecho\ Sólido = \frac{16.25\ lb\ de\ carnaza}{cuero} \cdot \frac{100\ cueros}{lote} = 1625 \frac{lb\ de\ carnaza}{lote}$$

$$Desecho\ sólido = 737.08 \frac{kg\ de\ carnaza}{lote}$$



$$A = B + C$$

Despejando la variable (C):

$$C = A - B$$

$$B = 2688.39 \frac{\text{kg cuero curtido}}{\text{lote}} - 737.08 \frac{\text{kg de carnaza}}{\text{lote}}$$

Por lo que la cantidad de cuero obtenida después de la operación de dividido es de:

$$B = 1952.32 \frac{\text{kg de cuero dividido}}{\text{lote}}$$

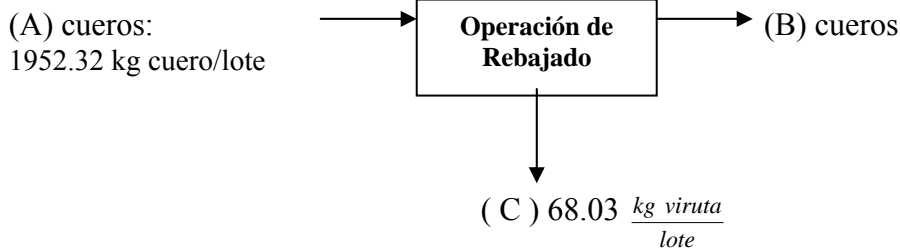
j. Operación de Rebajado.

Para una base de: 100 pieles/lote

El propietario de la empresa B nos proporcionó un dato obtenido por ellos mismos para el control de sus desechos, la empresa calcula que obtienen aproximadamente 1.5 lb de viruta por piel en el rebajado, donde el objetivo de dicha operación es la de proporcionar el grosor ideal o deseado por el comprador del cuero.

$$\text{Viruta} = 1.5 \frac{\text{lb viruta}}{\text{piel}} \cdot \frac{100 \text{ pieles}}{\text{lote}} = 150 \frac{\text{lb viruta}}{\text{lote}}$$

$$\text{Viruta} = 68.03 \frac{\text{kg viruta}}{\text{lote}}$$



El peso de los cueros después del rebajado será:

$$A = B + C$$

$$B = A - C$$

$$B = 1951.32 \frac{\text{kg de cuero dividido}}{\text{lote}} - 68.03 \frac{\text{kg viruta}}{\text{lote}}$$

Por lo tanto los kilogramos de cuero rebajado por lote es de:

$$B = 1884.29 \frac{\text{kg cuero rebajado}}{\text{lote}}$$

k. Operación de Recurtido y Engrase:

Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote

Pieles en húmedo: 1884.29kg/lote

Formiato de Sodio: 2 libras/lote (0.90kg/lote)

Bicarbonato de sodio: 2libras/lote (0.90kg/lote)

Blancotan HLF: 6lb/lote (2.72kg/lote)

Mimosa: 6lb/lote (2.72kg/lote)

Quebracho: 9lb/lote (4.08kg/lote)

Grasan 21= 5lb/lote (2.26kg/lote)

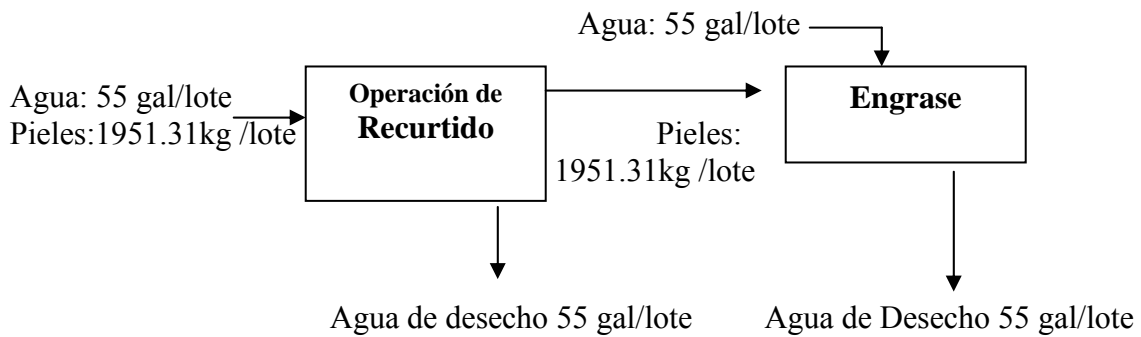
Olinon DR9= 16lb/lote (7.25kg/lote)

Consumo de Agua Caliente T = 45C – 50C: 55 galones/lote (1 barril/lote)

Tiempo de Rotación: 2 horas

Reposo de las pieles: 3 horas

Enjugues: Luego del reposo de las pieles se descarga el contenido de agua en el batan y se adicionan 55 galones mas de agua para realizar dicho enjuague.



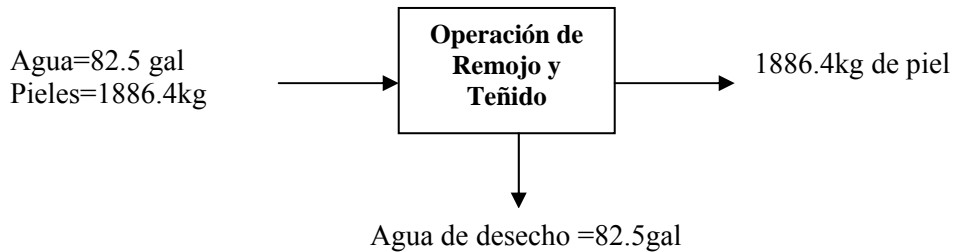
$$\begin{aligned} \text{Consumo de Agua: } & 110 \text{ gal /lote} \\ \text{Aguas de Desecho: } & 110 \text{ gal / lote} \end{aligned}$$

Balance de químicos:

| |
|--|
| Formiato de Sodio: 2 lb/lote (0.90 kg/lote) |
| Bicarbonato de sodio: 2 lb/lote (0.90 kg/lote) |
| Blancotan HLF: 6 lb/lote (2.72 kg/lote) |
| Mimosa: 6 lb/lote (2.72 kg/lote) |
| Quebracho: 9 lb/lote (4.08 kg/lote) |
| Grasan 21= 5 lb/lote (2.26kg/lote) |
| Olinon DR9= 16lb/lote (7.25kg/lote) |
| Químicos totales = 20.83 kg/lote |
| Químicos absorbido = 20.83 kg/lote x 0.15 = 3.12 kg/lote |

I. Operación de Remojo y Teñido:

- Datos de Entrada: Base: 100 pieles/lote
- Cueros en húmedo: 1887.4 kg/lote
- Anilina: 1.5 lb (0.68kg/lote)
- Ácido Fórmico: 1.5 – 2 lb/lote (0.68 – 0.90) kg/lote
- Olinon DR9: 16lb/lote (7.25kg/lote)
- Grasan 21: 5lb/lote (2.26kg/lote)
- Agua Caliente (50 - 55 C): 82.5 galones/lote (1.5 barriles/lote)
- Tiempo de Rotación: 45min – 70min



| |
|--|
| Consumo de agua = 82.5gal/lote |
| Agua de desecho = 82.5 gal/lote |

Balance de químicos:

Anilina: 1.5 lb/lote (0.68 kg/lote)

Ácido Fórmico: 1.5 – 2 lb/lote (0.68 – 0.90) kg/lote

Olinon DR9: 16lb/lote (7.25kg/lote)

Grasan 21: 5lb/lote (2.26 kg/lote)

Químicos totales = 10.98 kg/lote

Químicos absorbidos = $10.98 \text{ kg/lote} \times 0.15 = 1.64 \text{ kg/lote}$

m. Operación de Secado.

Los cueros luego de ser teñidos pasan al proceso de secado el cual se realiza en dos etapas:

1. El cuero se parte en rajadas y se colocan en marco para luego ser introducidos en un secador que funciona de la siguiente manera:
 - a. El cuero se detiene con pinzas que lo sujetan a la marco y quedan en posición horizontal.
 - b. Se coloca una raja a cada lado del marco y se introducen en el secador de marcos.
 - c. Las rajadas permanecen en el secador por 3 días en los cuales se revisan y se sacan del secador por 1 a 2 horas cada día para que se sigan secando a temperatura ambiente.

En la figura 5.10 se muestra el diagrama de un secador de marcos.

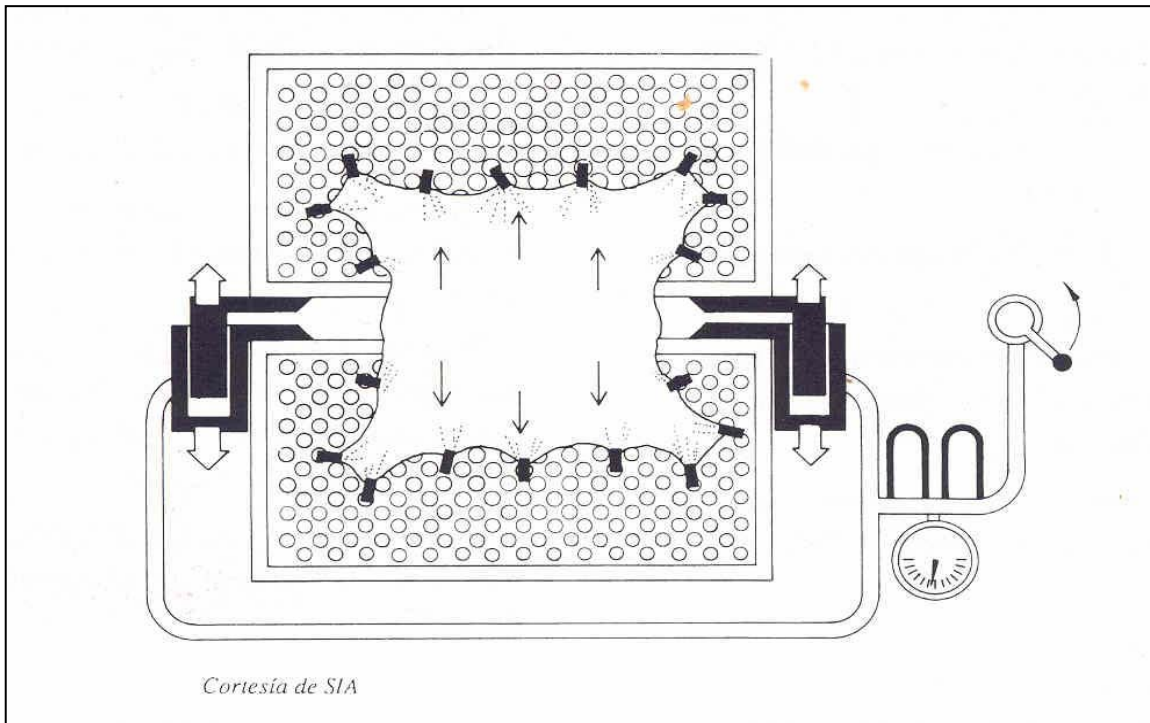
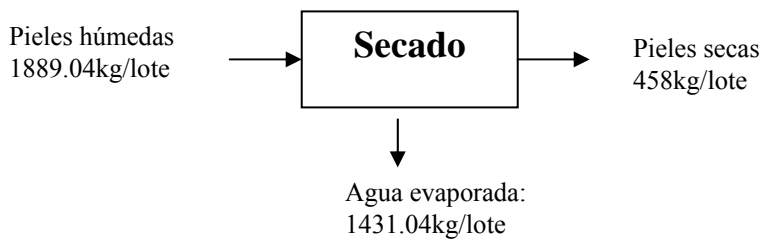


Figura 5.10: Secador de marcos.

2. La segunda etapa consiste en cortar los cueros según el tamaño deseado y colocarlos en marcos más pequeños al sol en los patios de la empresa.

Para cuantificar el peso del cuero seco se realizaron una serie de pesadas dentro de la empresa con un promedio de 5 cueros. El promedio de los cueros fue de 10.1lb(4.58kg).

Por lo tanto el balance de pieles será:



n. Operación Pigmentado.

La operación de pigmentado puede realizarse con color café y con color negro. Si se desea color café en el cuero terminado se utilizan los siguientes químicos:

Agua = 9.5lb(4.3kg)

Negro WP171 = 3lb(1.36kg)

Rojo oxido = 2.5lb(1.13kg)

Rojo WP 150 = 3lb(1.36kg)

Cera 20/4 = 2.5lb(1.13kg)

Llenador 190 = 3lb(1.36kg)

Resina K 90 = 17lb(7.71kg)

Penetrante 624 = 2lb(0.90kg)

En una cubeta de capacidad aproximada de 2 galones, se realiza la mezcla de todos los químicos antes mencionados en agua y con una especie de cepillo de esponja el cual se impregna de la mezcla se cubren los cueros que están estirados en una mesa de aproximadamente 10m². Se dejan en reposo al aire libre para luego darle un segundo pigmentado con la misma mezcla.

Si los cueros serán pigmentados con color negro los químicos utilizados son:

Agua = 9.5lb/lote (4.3 kg/lote)

Negro WP171 = 3 lb/lote (1.36kg/lote)

Cera 20/4 = 2.5 lb/lote (1.13kg/lote)

Llenador 190 = 3 lb/lote (1.36kg/lote)

Resina K 90 = 17 lb/lote (7.71kg/lote)

Penetrante 624 = 2 lb/lote (0.90 kg/lote)

Y se sigue el mismo procedimiento que en el pigmentado con color café.

o. Operación Planchado.

La operación de planchado se realiza en dos etapas:

1. Con una maquina especial para planchar se realiza el primer planchado a 80C y 200 bar

2. Luego en la misma maquina se realiza un segundo planchado a 80C y 250-260 bar.

Esta operación busca darle lisura al cuero pigmentado para luego en la operación de brillo darle al cuero el acabado final y este listo para su comercialización.

p. Operación Brillo.

El brillo se les proporciona al cuero por medio de laca la cual es colocada en una pistola a presión, esta operación se realiza sobre la mesa de trabajo, rociando la laca al cuero. Se conoce teóricamente que la eficiencia de aplicación y/o impregnación de la laca en el cuero es de 40% por lo que el 60% de laca utilizada es emitida al ambiente.

Si el cuero es de color negro entonces se coloca en un recipiente una mezcla de:

Laca LN 501 = 10 lb/lote (4.53 kg/lote)

Solvente 605 = 20 lb/lote (9 kg/lote)

Deslizante 30/5 = 2 lb/lote (0.90kg/lote)

Por lo que tenemos:

| |
|--|
| Químicos totales: 14.51kg/lote |
| Químicos absorbidos: $14.51 \times 0.40 = 5.8\text{kg/lote}$ |
| Emissiones al aire = 8.7kg de mezcla de químicos/ lote. |

Si el cuero es de color café la mezcla para el brillo es de:

Laca Lt 518 = 10 lb/lote (4.53kg/lote)

Solvente 605 = 20 lb/lote (9 kg/lote)

Deslizante 30/5 = 2 lb/lote (0.90 kg/lote)

Por lo que tenemos:

| |
|--|
| Químicos totales: 14.51kg/lote |
| Químicos absorbidos: $14.51 \times 0.40 = 5.8\text{kg/lote}$ |
| Emissiones al aire = 8.7kg de mezcla de químicos/lote. |

q. Producto Terminado.

Luego de finalizado el proceso de curtición de pieles, estas son contabilizadas en marcos de diferentes dimensiones, las dimensiones de los marcos varían entre 1, 2 y 5 pie².

Según el balance de materia se pudo observar que por cada cuero se obtienen en promedio 20-25 pie² de cuero acabado.

Luego de realizado el balance de materia en cada uno de las operaciones del proceso de curtición pieles, se presenta un resumen de cada una de las operaciones donde se cuantifican las entradas, salidas y desechos generados en cada operación.

Balance de Energía:

El Balance de energía fue enfocado al uso del calentador de agua que posee la empresa B y de la posibilidad de optimizar dicho calentador mediante el aislamiento de este equipo con un material menos conductor de calor.

Balance de energía de calentador eléctrico de la EMPRESA B:

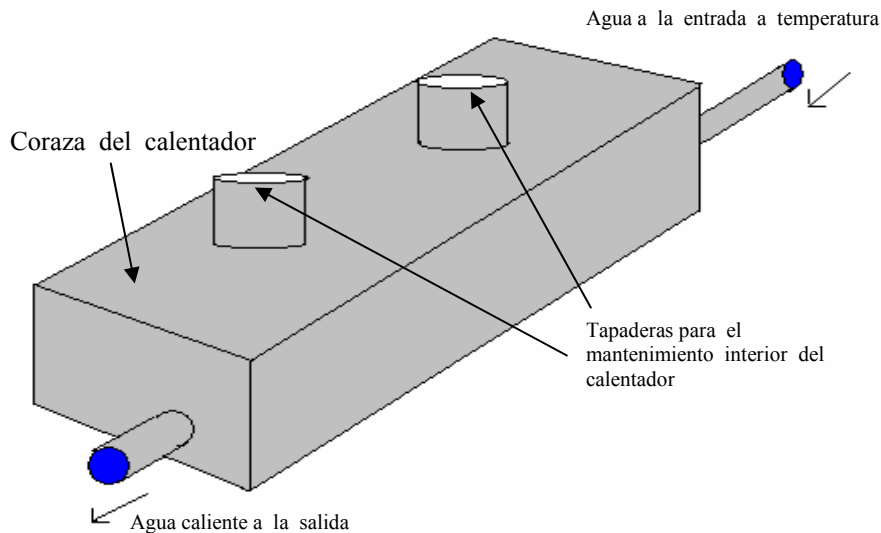


Fig. 5.11 Sistema de calentamiento de agua para la operación de teñido

Problema de calentamiento en el calentador.

La empresa ocupa el calentador en la etapa de teñido y engrase, con requerimientos de temperatura para el agua de 323.15 K, necesaria para la optima absorción de los tintes o pigmentos, el calentador es rectangular y funciona a partir de seis (6) resistencias eléctricas distribuidas en el interior del mismo, el calentador es de tipo batch, la capacidad del calentador es de 4 barriles de agua entrando y saliendo de este por medio de tuberías 1.5 pulgadas.

Realizando mediciones de temperatura en la superficie del calentador, se pudo observar el comportamiento de este en dos horas de funcionamiento con lo que se pudo generar una tabla de temperatura versus el tiempo dentro de la coraza del calentador(cuadro 5.25), donde se puede apreciar la temperatura de la coraza del calentador siendo esta de 337.15K, tomando en cuenta que el calentador no tiene aislante, se pudo observar también que al calentador le toma una hora para llegar a la temperatura de trabajo, además de que la temperatura de la coraza es superior a la temperatura de trabajo del calentador, por lo que se puede suponer que al colocarle un aislante al calentador el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de trabajo dentro del mismo será menor y se evitaran las fugas de calor al ambiente manteniendo su temperatura por mas tiempo.

Cuadro 5.30: Variación de temperatura vrs tiempo en la coraza del calentador.

| Variación de temperatura vrs tiempo en la coraza del calentador | |
|--|--------------|
| T (K) | Tiempo (seg) |
| 304.85 | 60 |
| 306.35 | 300 |
| 307.15 | 420 |
| 308.35 | 600 |
| 309.75 | 900 |
| 311.55 | 1200 |
| 313.85 | 1500 |
| 317.995 | 1800 |
| 320.05 | 2100 |
| 321.45 | 2400 |
| 323.15 | 2700 |
| 334.35 | 3600 |
| 337.15 | 5400 |

Fuente: medición directa con termómetro infrarrojo

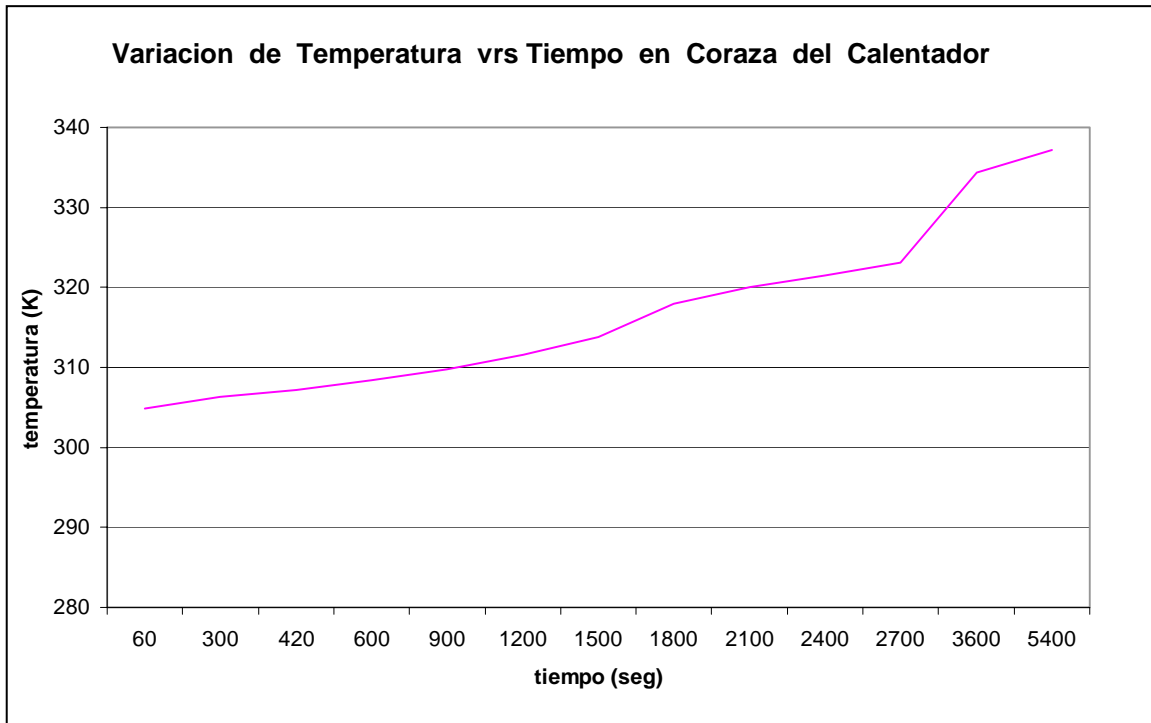


Figura 5.12: Diagrama de Variación de Temperatura versus Tiempo en la coraza del Calentador.

La figura muestra que a partir del segundo 60 hasta los 2700 segundos (45 minutos) el calor se comporta en forma no estacionaria que es periodo de estabilización del calentador para que funcione.

Datos:

$$x_1 = 0.01_m \quad \text{Grosor del metal}$$

$$V = 0.51_m \times 0.51_m \times 2_m \quad \text{Volumen de calentador}$$

$$D = 3.81_cm \quad \text{Diámetro de tubería de entrada y salida}$$

$$t = 3_horas \quad \text{Tiempo de uso de calentador}$$

$$N^\circ_partidas = 2_partidas/mes$$

$$Ce = 0.081_$/kw-h \quad \text{Costo unitario de electricidad.}$$

$$K_{Fe} = 51 \frac{W}{m \cdot K}$$

Calculando área total de calentador siendo este la suma de todos sus lados

$$A_{total} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_{total} = 2 \cdot 0.51 \text{ m} \cdot 0.51 \text{ m} + 4 \cdot 0.51 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}$$

$$A_{total} = 4.6002 \text{ m}^2$$

la temperatura ambiente cercano al calentador es $T_{amb} = 303.15 \text{ K}$

Los mecanismos de transferencia de calor que se llevan a cabo en el calentador son: conducción, convección y radiación.

La conducción del calor se lleva a cabo debido a que las moléculas que se mueven más rápido en la parte mas caliente de un cuerpo comunican mediante impactos una parte de su energía a las moléculas adyacentes. Como la temperatura es una medida de la actividad molecular, debe de recordarse que el calor fluye de la parte caliente a la fría de un cuerpo y que las moléculas mas activas pierden algo de su energía, cediéndola a las moléculas menos activas.

El calor se conduce a través sólidos, líquidos y gases. A los materiales que son malos conductores de calor se les denomina aislantes, mientras que los que lo conducen son llamados buenos conductores.

La convección se lleva a cabo porque un fluido en movimiento recoge energía de un cuerpo caliente y lleva energía a un cuerpo frío. El movimiento de fluidos puede deberse en su totalidad a la diferencia de densidades que se presenta como resultado de una diferencia de temperaturas.

La radiación a diferencia de los mecanismos de transferencia de calor por conducción y convección, en donde el transporte de calor requiere de un medio para llevarse a cabo, el calor por radiación puede propagarse aun en él vacío.

Pérdida de Calor sin Aislamiento:

Los mecanismos que contribuyen a las perdidas de calor son conducción y radiación.

Por conducción:

La cantidad de calor que se transmite por conducción esta dada por la ley de Fourier:

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

En forma práctica y debido que el calentador puede interpretarse como una placa plana entonces se tiene

$$Q_{cd} = K_{fe} A_{total} \frac{(T_{amb} - T_{fe})}{\Delta x}$$

$$Q_{cd} = 797674.68 \text{ w}$$

Teniendo entonces las perdidas de calor por conducción el valor de

$$Q_{cd} = 797.67468 \text{ Kw}$$

Para las condiciones de película (convección del aire)

Cuando la coraza del calentador el cual calienta al aire produciéndole un mecanismo de convección y por consiguiente contribuyendo con las perdidas de calor

El calor transferido desde la superficie de un sólido a un fluido el cual esta en movimiento interno debido a las diferencias de densidades generadas por la variación de temperatura es dada por la siguiente ecuación:

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$Q_{cv} = h_{cv} A' (T_s - T_f)$$

Donde:

Q_{cv} = calor transferido por el mecanismo de convección.

h_{cv} = coeficiente de convección.

T_s = Temperatura de la superficie (337.15 K)

T_f = Temperatura del fluido (303.15 K)

A' = el área de transferencia de calor por convección.

Así se tienen los siguientes datos:

$A_{total} = 4.6002 \text{ m}^2$ Área total de la coraza del calentador

Calculando la temperatura del fluido o conocida también como temperatura de película se tiene la siguiente expresión:

Se tiene una correlación simplificada para encontrar el coeficiente de transferencia de calor por convección del aire el cual se usa para una longitud de superficie (L) mayor de 0.4 metros ($L > 0.4$ m). (Barderas, 1988)

$$h = 1.127 \cdot \Delta T^{0.33}$$

Calculando entonces el cambio de temperatura:

$$\Delta T = T_s - T_{ambiente}$$

$$\Delta T = 337.15 \text{ K} - 303.15 \text{ K}$$

$$T_f = 34 \text{ K}$$

Conociendo así el coeficiente de transferencia de calor

$$h = 1.127 \cdot \Delta T^{0.33}$$

$$h = 1.127 \cdot (34 \text{ K})^{0.33}$$

$$h = 3.60838 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Teniendo todos los valores de la ecuación de transferencia de calor por convección se procede a conocer el calor:

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$Q_{cv} = 3.60838 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 4.6002 \text{ m}^2 \cdot (34 \text{ K})$$

$$Q_{cv} = 482.327 \text{ W}$$

$$Q_{cv} = 0.482327 \text{ kW}$$

Por Radiación

La transferencia neta de calor por unidad de superficie desde un cuerpo gris a T_1 a unos alrededores negros a T_2 queda así:

$$q_r = hrA(T_1 - T_2)$$

Para lo cual es necesario encontrar el coeficiente de transferencia de calor por radiación mediante:

$$Hr = \frac{Q/A}{T_1 - T_2} = \sigma \varepsilon \frac{(T_1^4 - T_2^4)}{T_1 - T_2}$$

Donde:

σ = constante de Stefan-Boltzman ($5.6697 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$)

T_1 = temperatura de la coraza del calentador (temperatura del cuerpo emisor).

T_2 = temperatura de los alrededores (temperatura que rodea cuerpo emisor).

hr = coeficiente de transferencia de calor por radiación.

$\varepsilon = 0.736$ emisividad del Hierro Oxidado en a una temperatura de 100°C según (Barderas, 1988).

Calculando

$$h_r = \frac{(5.6697 \times 10^{-8} \text{ w}/\text{m}^2 \text{ K}^2)(0.736)(337.15 \text{ K})^4 - (303.15 \text{ K})^4}{337.15 \text{ K} - 303.15 \text{ K}}$$

Por lo que el coeficiente por radiación es

$$h_r = 5.4926 \text{ h}/\text{m}^2 \text{ K}$$

utilizando la ecuación de transferencia de calor por radiación para calcular el calor emitido por este mecanismo:

$$q_r = hrA(T_1 - T_2)$$

Calculando así el calor por radiación

$$q_r = 0.859086 \text{ KW}$$

Calculando finalmente el calor perdido por el calentador

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{conduccion}} + Q_{\text{conveccion}} + Q_{\text{radiacion}}$$

$$Q_{perdido} = Q_{cd} + Q_{cv} + Q_r$$

$$Q_{perdido} = 797.67468 \text{ kW} + 0.482327 \text{ kW} + 0.859086 \text{ kW}$$

Resultando un perdida de calor de

$$Q_{perdido} = 798.534 \text{ Kw}$$

Calculando el calor perdido para un intervalo de tiempo comprendido en un mes

$$Q'_{perdido} = Q_{perdido} \times \text{Tiempo}$$

$$Q' = 799.016 \text{ kW} \cdot \frac{3 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q'_{perdido} = 799.016 \text{ Kw} \cdot 5400 \text{ s}$$

Resultando el siguiente valor de perdidas de calor sin aislamiento

$$Q'_{perdido} = 4794.1 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{mes}}$$

$$Q_{perdido} = 798.534 \text{ Kw sin aislamiento}$$

Calculando el calor perdido en kJ/mes de la manera siguiente

$$Q_{perdido} = 798.534 \frac{\text{kJ}}{\text{seg}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{3 \text{ hora}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dia}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q'_{perdido} = 1.72483 \times 10^7 \frac{\text{kJ}}{\text{mes}} \text{ Sin aislante}$$

b. Pérdidas de calor de calentador con aislante:

Cuando se colocan materiales diferentes en serie (uno a continuación del otro) el calor debe atravesar cada uno de ellos, produciendo con ello un gradiente de temperatura, disminuyendo con así las perdidas de calor y por consiguiente se optimiza el uso del calentador.

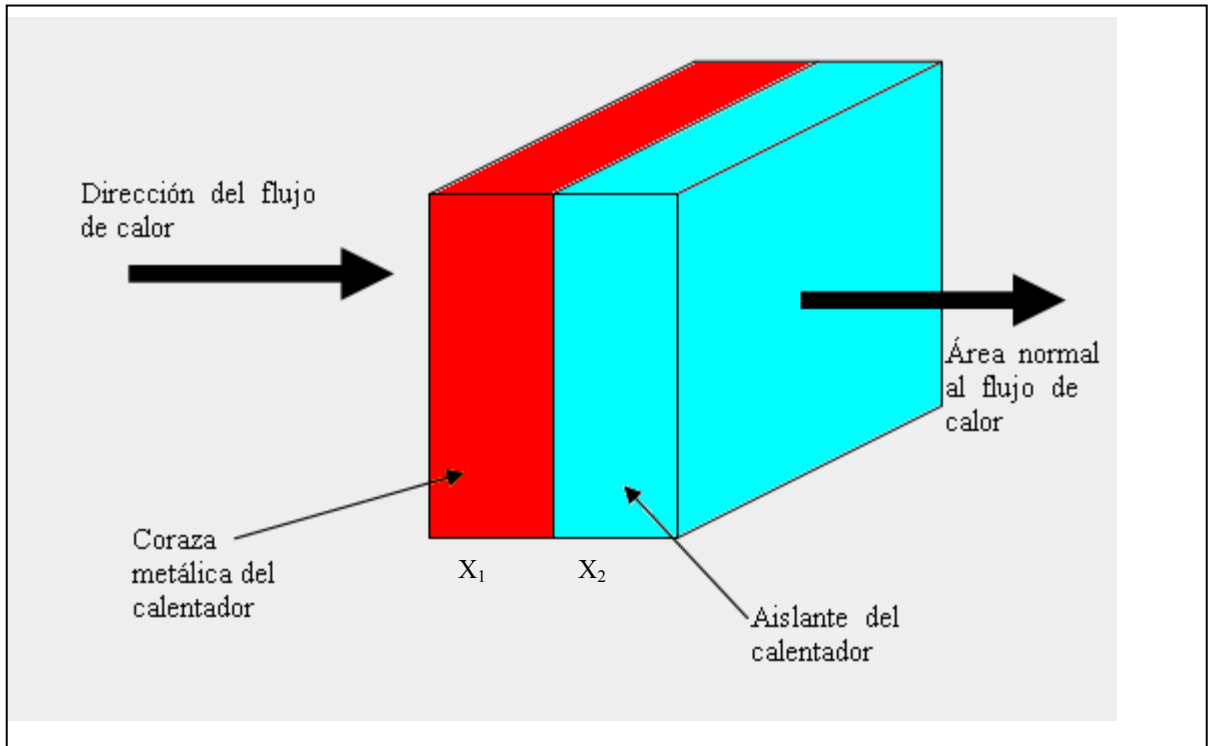


Fig. 5.13 Fenómeno de transporte calor por conducción en la coraza con aislante

Por Conducción:

$$Q_{cd} = \frac{(T_1 - T_2)A}{\frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2}}$$

Si se selecciona el yeso como aislante, debido a su capacidad aislante, fácil manipulación, de bajo costo y de uso común. Las dimensiones y características del yeso serán: una pulgada (0.0254 m) con coeficiente de conducción de 0.5948 W/mK

$$Q_{cd} = \frac{(337.15 - 303.15)4.6002}{\frac{1 \times 10^{-2}}{51} + \frac{0.0254}{0.5948}}$$

$$Q_{cd} = 3645.89 \text{ w}$$

$$Q_{cd} = 3.64589 \text{ Kw}$$

Para las condiciones de película (convección del aire)

Cuando la coraza del calentador se calienta esta calienta al aire produciéndole un mecanismo de convección y por consiguiente contribuyendo con las perdidas de calor. La ecuación del calor transferido desde la superficie de un sólido a un fluido en movimiento donde las diferencias de densidades son generadas por la variación de temperatura, viene dado por:

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$Q_{cv} = h_{cv} A' (T_s - T_f)$$

Donde:

Q_{cv} = calor transferido por el mecanismo de convección.

h_{cv} = coeficiente de convección.

T_s = Temperatura de la superficie después del aislante (318.15 K)

T_f = Temperatura del fluido o temperatura ambiental (303.15 K)

A' = el área de transferencia de calor por convección.

Así se tienen los siguientes datos:

$A_{total} = 4.6002 \text{ m}^2$ área total de la coraza del calentador

Para calcular la temperatura del fluido, conocida también como temperatura de película se tiene la siguiente expresión:

Se tiene una correlación simplificada para encontrar el coeficiente de transferencia de calor por convección del aire el cual se usa para una longitud de superficie (L) mayor de 0.4 metros ($L > 0.4 \text{ m}$). (Barderas, 1988)

$$h = 1.127 \cdot \Delta T^{0.33}$$

Calculando entonces el cambio de temperatura:

$$\Delta T = T_s - T_{ambiente}$$

$$\Delta T = 318.15 \text{ K} - 303.15 \text{ K}$$

$$T_f = 15 \text{ K}$$

Conociendo así el coeficiente de transferencia de calor

$$h = 1.127 \cdot \Delta T^{0.33}$$

$$h = 1.127 \cdot (15 \text{ K})^{0.33}$$

$$h = 2.75444 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

teniendo todos los valores de la ecuación de transferencia de calor por convección se procede a conocer el calor:

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$Q_{cv} = 2.75444 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 4.6002 \text{ m}^2 \cdot (15 \text{ K})$$

$$Q_{cv} = 190.065 \text{ W}$$

$$Q_{cv} = 0.190065 \text{ kW}$$

Por radiación

La transferencia neta de calor por unidad de superficie desde un cuerpo gris a T_1 a unos alrededores negros a T_2 queda así:

$$q_r = hrA(T_1 - T_2)$$

para lo cual es necesario encontrar el coeficiente de transferencia de calor por radiación mediante:

$$Hr = \frac{Q/A}{T_1 - T_2} = \sigma \varepsilon \frac{(T_1^4 - T_2^4)}{T_1 - T_2}$$

Donde:

σ = constante de Stefan-Boltzman ($5.6697 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$)

T_1 = temperatura de la coraza del calentador (temperatura del cuerpo emisor).

T_2 = temperatura de los alrededores (temperatura que rodea cuerpo emisor).

h_r = coeficiente de transferencia de calor por radiación.

$\varepsilon = 0.903$ emisividad del yeso en a una temperatura de 20 °C según (Barderas, 1988).

Calculando

$$h_r = \frac{(5.6697 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{K}^2)(0.903)(337.15\text{K})^4 - (303.15\text{K})^4}{337.15\text{K} - 303.15\text{K}}$$

Por lo que el coeficiente por radiación es

$$h_r = 6.73893 \text{ h/m}^2\text{K}$$

utilizando la ecuación de transferencia de calor por radiación para calcular el calor emitido por este mecanismo:

$$q_r = hrA(T_1 - T_2)$$

Calculando así el calor por radiación

$$q_r = 1054.02 \text{ KW}$$

$$q_r = 1.05402 \text{ KW}$$

Calculando finalmente el calor perdido por el calentador

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{conduccion}} + Q_{\text{conveccion}} + Q_{\text{radiacion}}$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{cd} + Q_{cv} + Q_r$$

Resultando un perdida de calor de

$$Q_{\text{perdido}} = 3.64589 \text{ kW} + 0.190065 \text{ kW} + 1.05402 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{total}} = 4.88998 \text{ Kw}$$

Calculando el calor perdido para un intervalo de tiempo comprendido en un mes

$$Q' = Q_{\text{perd}} * \text{Tiempo de Operacion}$$

$$Q' = 4.88998 \text{ kW} \cdot \frac{3 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q_{\text{perd}} = 29.3399 \text{ Kw} - \frac{h}{\text{mes}} \text{ con aislamiento}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 4.88998 \text{ Kw} \text{ con aislamiento}$$

Calculando el calor perdido en kJ/mes se tiene:

$$Q_{\text{perdido}} = 4.88998 \frac{\text{kJ}}{\text{seg}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{3 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 1.05623568 \times 10^5 \frac{\text{kJ}}{\text{mes}} \text{ con aislante}$$

El ahorro de calor vendría dado por:

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = Q_{\text{perdido}}_{\text{sin aislamiento}} - Q_{\text{perdido}}_{\text{con aislamiento}}$$

Calculando el ahorro de calor en $\frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{mes}}$ se tiene

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 4794.1 \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{mes}} - 29.3399 \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{mes}}$$

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 4764.76 \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{mes}} \text{ de energía calorífica}$$

Calculando el ahorro de calor en $\frac{\text{kW}}{\text{mes}}$ se tiene

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 798.534 \frac{\text{kw}}{\text{mes}} - 4.88998 \frac{\text{kw}}{\text{mes}}$$

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 793.644 \frac{\text{kw}}{\text{mes}} \text{ de energía calorífica}$$

Calculando el ahorro de calor en $\frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$ se tiene

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 1.72483 \times 10^4 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} - 1.05623568 \times 10^2 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$$

$$Q_{\text{ahorro aislamiento}} = 1.714267644 \times 10^4 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} \text{ de energía calorífica}$$

c. Problema: no toda el agua del calentador se calienta después de una hora de funcionamiento

Por convección natural

El calor transferido desde la superficie de un sólido a un fluido el cual esta en movimiento interno debido a las diferencias de densidades generadas por la variación de temperatura es dada por la siguiente ecuación:

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$Q_{cv} = h_{cv} A' (T_s - T_f)$$

Donde:

Q_{cv} = calor transferido por el mecanismo de convección.

h_{cv} = coeficiente de convección.

T_s = Temperatura de la superficie

T_f = Temperatura del fluido

A' = el área de transferencia de calor por convección.

De acuerdo con la evaluación en planta la capacidad del calentador era de cuatro barriles, se observo que el primer barril que salía después de una hora de funcionamiento del calentador presentaba una temperatura de 303.15 K (40 °C), esto es debido a que las resistencias se encuentran en la parte superior del calentador disminuyendo la posibilidad de que haya convección, por lo que para se de el fenómeno de convección, se produce una diferencia de densidades donde el fluido caliente disminuye su densidad y este asciende y el fluido menos caliente desciende calentándose y disminuyendo su densidad cuando su temperatura aumenta, pero esto ocurre debido a que el calentador se supone en la parte inferior de donde se encuentra el fluido, pero en el caso del calentador en estudio el cual fue diseñado y construido por uno de los operarios; los calentadores se encuentran muy arriba evitando que el liquido que se encuentra abajo se caliente haciendo uso del

mecanismo de convección, se conoce que es un barril el cual sale menos caliente (el primer barril) basado en esto y teniendo en cuenta que toda la coraza del calentador se calienta, esto significa que el fluido menos caliente recibe calor de todas direcciones sin embargo para efectos de cálculos se asumirá que el fluido menos caliente recibe calor de la parte inferior de la coraza contribuyendo esto al mecanismo de convección, para lo cual se puede estimar la altura en el calentador en la que se encuentra el agua menos caliente basándose en que el volumen de este fluido es de un barril (55 galones = 0.208198 m³)

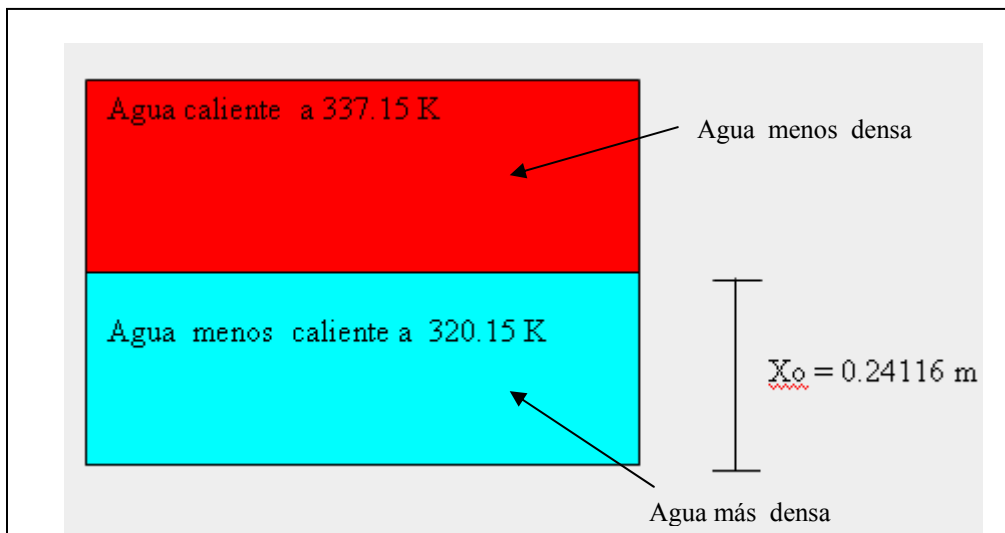


Figura 5.14: No convección en etapa inicial de funcionamiento

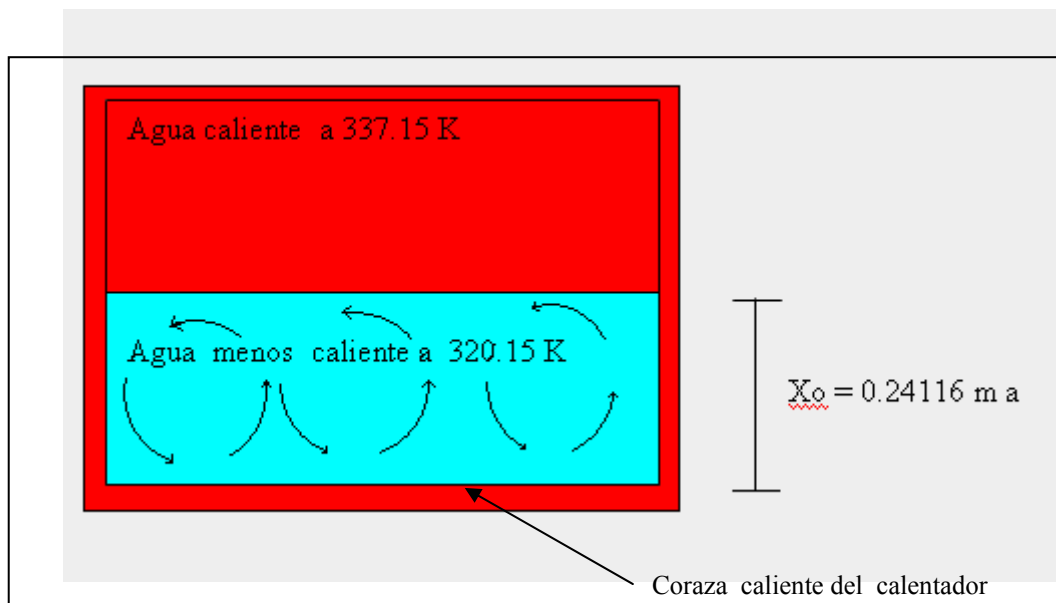


Figura 5.15: convección después de una hora de funcionamiento

Definiendo

A = área de la pared inferior del calentador

Xo = altura del fluido menos caliente en el calentador

V = volumen del calentador

k_{agua} = coeficiente de conducción del agua

Gr = Numero adimensional Grafold

h = coeficiente de convección natural

β = coeficiente de expansión térmica

μ = viscosidad térmica del fluido

ρ = densidad del agua

Pr = número adimensional Prant

Nu = número adimensional Nusselt

Cp = capacidad calorífica del agua

La convección natural ocurre en un espacio limitado para lo cual se toma en cuenta la conducción y convección del agua

$$\text{Si } A = (0.51\text{m})(2\text{m}) = 1.02 \text{ m}^2$$

$$X_o = V/A \text{ entonces } X_o = \frac{0.208198 \text{ m}^3}{1.02 \text{ m}^2} \text{ por lo que la altura en el calentador que}$$

posee el agua a 320.15 K es $X_o = 0.204116 \text{ m}$

$$k_{\text{agua}} = 561 \times 10^{-3} \frac{W}{m \cdot K} \text{ coeficiente de conducción del agua}$$

Si $Gr < 2 \times 10^3$ numero adimensional grafold (Barderas, 1988)

$$h = K/X_o$$

$$Gr = \frac{X^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

$x_o = 0.204116\text{m}$ Altura del agua de temperatura de 320.15 K

$\rho = 983.1 \text{ kg/m}^3$ Densidad del agua a temperatura de 320.15 K

$C_p = 4.174 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ capacidad calorífica del agua

$g = 9.8 \text{ m}/\text{seg}^2$ Gravedad

$Pr = 3.59$ Número adimensional prant

$\beta = 5.11 \times 10^{-4} \text{ N}/\text{m}$ Coeficiente de expansión térmica

$\Delta T = (337.15\text{K} - 320.15\text{K})$ Cambio de temperatura

$\mu = 469.9 \times 10^{-6}$ Viscosidad del agua

Calculando con estos datos el numero adimensional grafold

$$Gr = 3.16892 \times 10^9$$

Debido que el numero adimensional Grafold calculado es de 3.16892×10^9 es mayor de 2×10^3 no se puede utilizar la ecuación: $h=k/x$

Por lo que se debe de calcular para cuando el numero adimensional Grafold es mayor que 4×10^5 para utilizar la ecuación que utiliza el número adimensional Nusselt

el cual es: $Nu = \frac{h \cdot x_o}{k}$

$$Gr > 4 \times 10^5$$

El numero adimensional Nusselt se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Nu = 0.069 \cdot Gr^{1/3} \cdot Pr^{0.407}$$

$$Nu = 0.069 \cdot (3.16892 \times 10^9)^{1/3} \cdot 3.59^{0.407}$$

Siendo este valor $Nu = 170.507$

Teniendo el valor del numero adimensional Nusselt se puede calcular el coeficiente

de transferencia de calor por convección mediante $Nu = \frac{h \cdot x_o}{k}$

Resultando

$$h_{cv} = \frac{Nu \cdot k}{x}$$

$$h_{cv} = \frac{170.507 \cdot 561 \times 10^{-3}}{0.24116}$$

$$h_{cv} = 396.643 \text{ w}/\text{m}^2\text{K}$$

$$Q_{cv} = h_{cv} A' \Delta T$$

$$A' = 1.02 m^2$$

Calculando así el calor transferido por el fenómeno de convección al agua menos caliente se tiene que:

$$Q_{cv} = 396.643 \cdot 1.02 \cdot (337.15 - 320.15)$$

$$Q_{cv} = 6877.79 W$$

$$Q_{cv} = 6.87 kW$$

La contribución del mecanismo de convección a la transferencia de calor en el calentador es 6.87 kW, debido que este mecanismo coopera a que se caliente todo el fluido de manera homogénea entre mayor sea el calor de este, mas rápido se calentara el fluido.

Tenemos 6.87kW de transferencia de calor por convección el cual se realiza en una hora de calentamiento después de la hora de funcionamiento, esto es cuando la resistencias están arriba, en su posición original.

Como resultado es necesario aumentar el mecanismo de convección para una mejor distribución del calor y una disminución del tiempo de trabajo.

Calculando el flujo de calor con la resistencia arriba como se encuentra actualmente

$\frac{kJ}{mes}$ se tiene:

$$Q_{RESISTENCIA ARRIBA} = 6.87779 \frac{kJ}{seg} \cdot \frac{3600 seg}{1 hora} \cdot \frac{2 h}{1 dia} \cdot \frac{2 dias}{1 mes}$$

$$Q_{RESISTENCIA ARRIBA} = 99040.176 \frac{kJ}{mes}$$

Convirtiendo este valor en $\frac{MJ}{mes}$ para una mejor visualización

$$Q_{RESISTENCIA ARRIBA} = 99.040176 \frac{MJ}{mes}$$

Expresando el flujo de calor con la opción de mejor distribución de la resistencia en $\frac{kW \cdot h}{mes}$ se tiene:

$$Q_{RESISTENCIA ARRIBA} = 6.87779 \text{ kW} \cdot \frac{2 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q_{RESISTENCIA ARRIBA} = 27.5112 \frac{kW \cdot h}{mes} \text{ con las resistencias arriba}$$

Si las resistencias se colocaran abajo seria casi inmediatamente que se generaría el mecanismo de convección por lo que el tiempo en que ocurre este fenómeno seria todo el tiempo de operación.

Se puede concluir a partir de la figura que el mecanismo de convección del agua comienza a ocurrir a los 2700 segundos (45 minutos) que es cuando la pendiente de la curva de operación aumenta significativamente así también es verificado en forma practica en donde después de los 45 minutos los operarios ocupan el agua caliente, expresando que es el tiempo suficiente.

$$Q_{RESISTENCIA ABAJO} = 6.87779 \text{ kW} \cdot \frac{3 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q_{RESISTENCIA ABAJO} = 41.2667 \frac{kW \cdot h}{mes} \text{ con las resistencias abajo}$$

Calculando el flujo de calor con la resistencia abajo aplicando la opción de P+L

$\frac{kJ}{mes}$ se tiene:

$$Q_{RESISTENCIA ABAJO} = 6.87779 \frac{kJ}{seg} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{3 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{2 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$Q_{RESISTENCIA ABAJO} = 148560.264 \frac{kJ}{mes}$$

Convirtiendo este valor en $\frac{MJ}{mes}$ para una mejor visualización

$$Q_{RESISTENCIA ABAJO} = 148.560264 \frac{MJ}{mes}$$

Esto significa que el calor que no se aprovecha y que puede ser ahorrado, debido a la mala distribución de las resistencias es:

Para expresar el ahorro de flujo de calor cuando se mejora la distribución de las resistencias eléctricas se tiene.

$$Q_{ahorro resistencia} = Q_{RESISTENCIA ABAJO} - Q_{RESISTENCIA ARRIBA}$$

Esta diferencia no determina el ahorro a través de las pérdidas que pueden ser evitadas, sino mas bien con el fomento y desarrollo del mecanismo de convección, dicho de otro modo al haber una mejor distribución de las resistencias eléctricas, se favorece el flujo de calor interno del calentador esto es a través del movimiento de las moléculas de agua, haciendo el sistema mas homogéneo en cuanto a la distribución de temperatura como a la vez al favorecer este mecanismo el agua se calentara con mayor rapidez, lo cual repercute en un menor tiempo en el uso del equipo, reduciendo el tiempo de arranque del mismo, cuando el sistema no a alcanzado las condiciones de operación con un mejor mecanismo de convección el tiempo de arranque se reducirá significativamente.

Expresando el ahorro de energía con la opción de mejor distribución de la resistencia en $\frac{kW \cdot h}{mes}$ se tiene:

$$Q_{ahorro resistencia} = 41.2667 \frac{kW \cdot h}{mes} - 27.5112 \frac{kW \cdot h}{mes}$$

$$Q_{ahorro resistencia} = 13.5112 \frac{kW \cdot h}{mes}$$

Expresando el ahorro de energía con la opción de mejor distribución de la resistencia en $\frac{kW}{mes}$ se tiene:

$$Q_{\text{ahorro resistencia}} = 6 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} - 4 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} = 2 \frac{\text{kW}}{\text{mes}}$$

Expresando el ahorro de energía con la opción de mejor distribución de la resistencia en $\frac{MJ}{mes}$ se tiene.

Sabiendo que el flujo de calor con la resistencia arriba es

$$Q_{\text{RESISTENCIA ARRIBA}} = 99.040176 \frac{MJ}{mes}$$

y el flujo de calor con la resistencia abajo es

$$Q_{\text{RESISTENCIA ABAJO}} = 148.560264 \frac{MJ}{mes}$$

por lo tanto el ahorro se expresa así:

$$Q_{\text{ahorro resistencia}} = 148.560264 \frac{MJ}{mes} - 99.040176 \frac{MJ}{mes} = 49.5201 \frac{MJ}{mes}$$

Resultando el valor siguiente:

$$Q_{\text{AHORRO RESISTENCIA}} = 49.5201 \frac{MJ}{mes}$$

Para determinar el tiempo en que calentador llegará a su temperatura final (337.15 K), teniendo las resistencias en su posición, se asumirá que el mecanismo de convección se da a partir del primer minuto y para el calculo de este tiempo se tomara la pendiente de la figura en donde comienza el mecanismo de convección cuando tiene el calentador arriba calculando; así la pendiente (observando que en la figura línea a partir del minuto 45 se comporta como una línea recta) se calculara con los datos de la cuadro 5.25

| Tiempo (seg) | T (K) |
|--------------|--------|
| 2700 | 323.15 |
| 3600 | 334.35 |

$$m = \frac{334.35 - 323.15}{3600 - 2700}$$

$$m = 0.012444 \frac{K}{seg}$$

para calcular el tiempo en que se tardara en llegar a la temperatura de operación se tienen los siguientes datos

Tf = temperatura final de operación = 337.15 K

Ti = temperatura inicial de operación = 304.85 K

ti = tiempo inicial en donde termina el estado no estacionario = 60 seg

tf = tiempo final de operación

$$t_f = \frac{Tf - Ti}{m} + t_i$$

$$t_f = \frac{337.15 K - 304.85 K}{0.012444 \frac{K}{seg}} + 60 \text{ seg}$$

$$t_f = 2655.63 \text{ seg}$$

$$t_f = 44.2605 \text{ min}$$

Por lo que tiempo de operación es de aproximadamente 45 minutos

Le tomara al calentador 45 minutos como mínimo en llegar a la temperatura de trabajo en lugar de una hora y media (5400 seg) según puede observarse en la figura anterior.

El ahorro total que se obtendría será:

$$Q_{\text{ahorro total}} = Q_{\text{ahorro aislamiento}} + Q_{\text{ahorro resistencia}}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 4764.76 \frac{kW \cdot h}{mes} + 13.5112 \frac{kW \cdot h}{mes}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 4778.27 \frac{kW \cdot h}{mes}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 793.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} + 2 \frac{\text{kW}}{\text{mes}}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 795.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}}$$

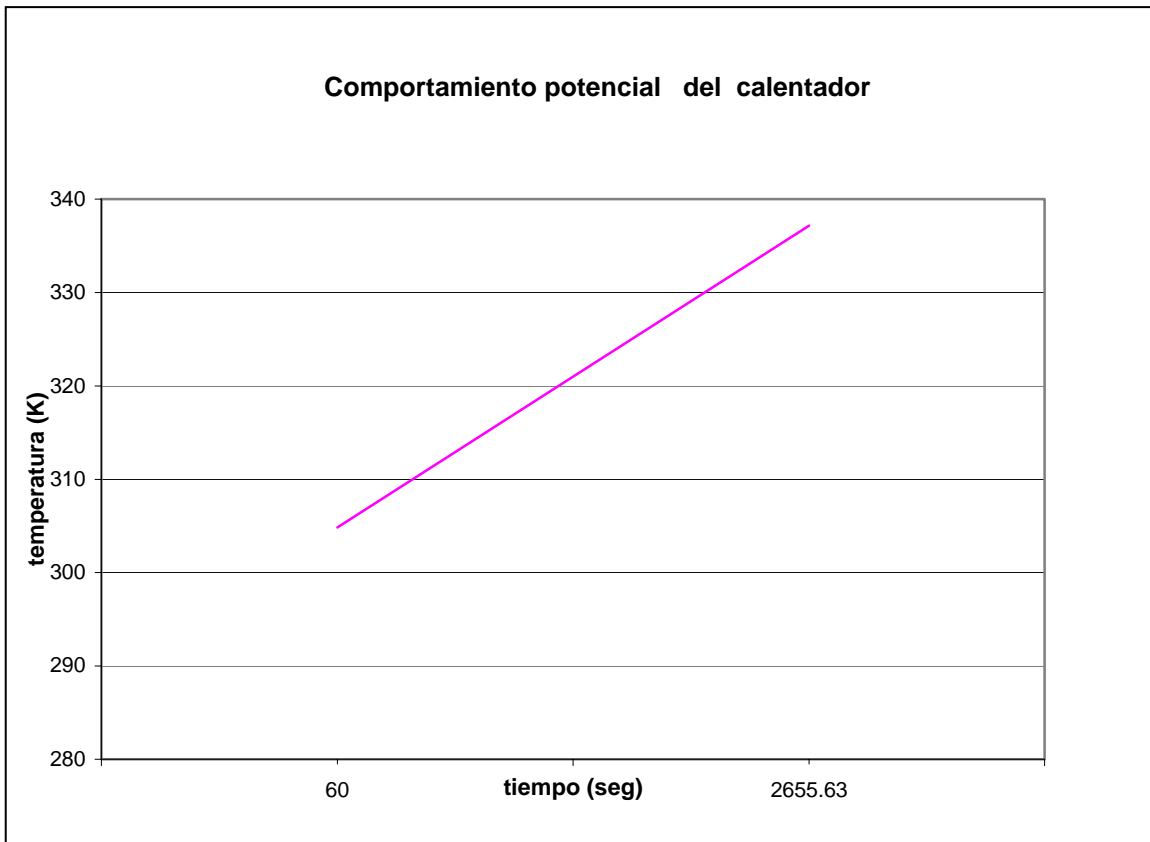


Figura 5.16: Grafico del comportamiento Potencial del Calentador.

Calculando el ahorro total tomando en cuenta el aislamiento y la distribución de

resistencia en $\frac{MJ}{mes}$ se tiene

$$Q_{\text{ahorro total}} = 1.7142 \times 10^4 \frac{MJ}{mes} + 49.5201 \frac{MJ}{mes}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 17.1915201 \times 10^3 \frac{MJ}{mes}$$

Al mes se deja de utilizar $17.19 \times 10^3 MJ$ por el calentador, calor que puede ser ocupado para la mejora del proceso.

En los cuadros 5.31 al 5.39 se presenta un resumen de las entradas, salidas y desechos que se obtienen en cada una de las operaciones de producción de cueros. Dicha tabla es realizada según el formato de la metodología de ONUDI.

Base de cálculo para el Balance: 300 pieles/mes

Cuadro 5.31: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Remojo y Enjuague

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|----------|--------------------------------|-----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Remojo y enjuague | | Pieles en seco | 2358kg | | Pieles húmedas | 2630kg | | |
| Remojo y enjuague | | Agua | 275gal | | Agua(absorbidas en las pieles) | 71.85gal | Agua | 203.15gal |
| Remojo y enjuague | | Sal | 113.3kg | | Sal a la salida de la operación | | Sal | 113.3kg |
| Remojo y enjuague | | Químicos totales | 3.62kg | | Químicos absorbidos | 0.543kg | Químicos en el agua de desecho | 3.07kg |

Cuadro 5.32: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Pelambre

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Pelambre | | Pieles húmedas | 2630.54kg | | Pieles húmedas | 2637.44kg | | |
| Pelambre | | Agua | 137.5gal | | Agua de desecho | 137.5gal | Agua de desecho | 137.5gal |
| Pelambre | | Químicos totales | 46.01kg | | Químicos absorbidos | 6.9kg | Químicos en el agua de desecho | 39.11kg |

Cuadro 5.33: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Desencalad

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Desencalado | | Pieles húmedas | 2637.44kg | | Pieles húmedas | 2645.26kg | | |
| Desencalado | | Agua | 220gal | | Agua de desecho | 220gal | Agua de desecho | 220gal |
| Desencalado | | Químicos totales | 52.15kg | | Químicos absorbidos | 7.82kg | Químicos en el agua de desecho | 44.33kg |

Cuadro 5.34: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Piquelado.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|----------------------|----------|--------------------------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Piquelado | | Pieles húmedas | 2645.26kg | | Pieles húmedas | 2667.5kg | | |
| Piquelado | | Agua | 2.11gal | | Agua de desecho | 2.11 | Agua de desecho | 2.11 |
| Piquelado | | Químicos totales | 148.31kg | | Químicos absorbidos | 22.24kg | Químicos en el agua de desecho | 126.07kg |

Cuadro 5.35: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Curtido.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Curtido | | Pieles húmedas | 2667.5kg | | Pieles húmedas | 2689.4kg | | |
| Curtido | | Agua | 190.39gal | | Agua de desecho | 190.39gal | Agua de desecho | 143.39gal |
| Curtido | | Químicos totales | 139.3kg | | Químicos absorbidos | 20.89kg | Químicos en el agua de desecho | 118.41kg |

Cuadro 5.36: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Escurrido de aguas

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|--|-----------------|-----------------------|----------|-----------------|----------------------|----------|-----------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Escurrido de aguas de curtido al cromo | | Pieles húmedas | 2689.4kg | | Pieles húmedas | 2689.4kg | | |
| Escurrido de aguas de curtido al cromo | | Agua | 47gal | | Agua de desecho | 47gal | Agua de desecho | 47gal |

Cuadro 5.37: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Dividido.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|-------------------------|-----------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Dividido | | Pieles húmedas | 2689.4kg | | Pieles húmedas | 1952.32kg | | |
| Dividido | | Desecho sólidos(viruta) | 0 | | Desecho sólidos(viruta) | 737.08kg | Viruta | 737.08kg |

Cuadro 5.38: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Rebajado.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------------|-------------------------|-----------|----------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Rebajado | | Pieles húmedas | 1952.32kg | | Pieles húmedas | 1884.29kg | | |
| Rebajado | | Desecho sólidos(viruta) | 0 | | Desecho sólidos(viruta) | 68.03kg | Viruta | 68.03kg |

Cuadro 5.39: Hoja de Balance de Materia Para la Operación de Recurtido y Engrase.

| Unidad de Operación | Fuente de Datos | Materiales de Entrada | | Fuente de Datos | Materiales de Salida | | Desechos | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|----------------------|----------|--------------------------------|----------|
| | | Nombre | Cantidad | | Nombre | Cantidad | Nombre | Cantidad |
| Recurtido y engrase | | Pieles húmedas | 1884.29kg | | Pieles húmedas | 1887.4kg | | |
| Recurtido y engrase | | Agua | 110gal | | Agua | 110gal | Agua de desecho | 110gal |
| Recurtido y engrase | | Químicos totales | 14.04kg | | Químicos absorbidos | 2.10kg | Químicos en el agua de desecho | 11.94kg |

5.4.5 Caracterización de los Flujos de Desecho:

Dentro de la empresa B existe la generación tanto de desechos líquidos, sólidos y gaseosos, los primeros son generados principalmente por el alto consumo de agua que es utilizado en las diferentes operaciones, dicho vertido liquido posee en algunos casos pH ácido y básico dependiendo de la operación que se este realizando, entre los principales vertido líquidos generados en la empresa podemos mencionar las aguas generadas en la operación con curtido al cromo, escurrido, piquelado, teñido y engrase y desencalado.

Los desechos sólidos se generan en las operaciones de descarnado, dividido y rebajado generándose importantes residuos de piel o viruta las cuales son recolectados en bolsas para luego una ser entregados al camión de la basura y la otra parte es regalada por el propietario a una empresa que procesa la viruta como cuero regenerado.

En cuanto a las emisiones gaseosas se pudo cuantificar de manera estequiométrica las emisiones de Amoniac NH_3 , procedentes de la operación de Desencalado, así como también las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) generadas en las operación de Pelambre, además de las emisiones de laca que son producidas en la etapa de brillo.

Todos los desechos líquidos, sólidos y gaseosos fueron estimados mediante los balances de materia correspondientes en cada una de las operaciones involucradas. En el cuadro 5.35 se presenta un resumen con la caracterización de los diferentes flujos de desecho para cada etapa del proceso.

Cuadro 5.40: Caracterización de los flujos de Desecho. BASE = 100 pieles/ lote

| Flujos de Desecho | Cuantificación del Flujo de Desecho | Caracterización del Flujo de Desecho |
|----------------------------------|--|---|
| Recepción de Materia Prima (Sal) | 113.39kg | Residuos de sal generadas de la conservación de las pieles en salado |
| Pelambre | 137.5gal Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S):14.86 kg | Agua de desecho de carácter básico |
| Desencalado | 220gal Emisiones de amoniaco (NH ₃):11.86 kg | Agua con carácter básico pH: 8 -9 |
| Piquelado | 2.11ga | Agua con carácter ácido pH: 2.8 – 3 |
| Rebajado | 61.3kg | Viruta de cuero |
| curtido al Cromo | 143.39 gal | Agua de desecho con carácter ácido pH: 4 - 4.5 |
| Recurtido y Engrase | 203.15gal | Agua de desecho con carácter ácido pH: 6 – 7. Además de aguas de desecho con materias grasas. |
| Dividido | 737.08 kg | Retazos de Viruta con cromo |
| Remojo y teñido | 110gal | Aguas de Desecho con alto contenido de agentes de teñido |
| Acabado: Brillo | 8.7 kg laca | Emisiones que se producen durante el acabado del cuero la cual es realizado con solventes |

Debido a que la empresa no proporciona datos de los costos de los químicos y que se nos informo por ellos mismos que no utilizan agua de fuente municipal no se pueden realizar asignación de costos a los desechos obtenidos en cada etapa

5.4.6 Identificación de Opciones de Producción Más Limpia:

En la empresa B mediante la evaluación en planta para la implementación de tecnologías de producción más limpia se pudieron identificar una serie de opciones las cuales se agrupan de acuerdo al siguiente criterio:

- 1.0 Opciones que pueden ser implementadas directamente
- 2.0 Opciones que necesitan algún otro análisis (ensayos y estudios de factibilidad)
- 3.0 Opciones que son rechazadas por diversas razones; incluir las razones

Todas las opciones deben ser clasificadas en:

- a) Buenas prácticas de manejo. (incluyendo mantenimiento)
- b) Segregación.
- c) Control de proceso o mejoras en las condiciones del proceso (temperatura, velocidad, monitoreo, etc.)
- d) Cambios de materias primas
- e) Cambios en proceso o de productos
- f) Modificaciones de equipo (cambios en equipo existente). Instalación de nuevo equipo o nueva tecnología de proceso
- g) Reciclaje y reutilización en la fuente
- h) Modificación de producto
- i) Aprovechamiento como subproductos

En el cuadro 5.41 se presenta tanto la síntesis, identificación y evaluación de opciones, mientras que en el cuadro 5.42 se presenta los resultados de selección según lo descrito en la sección 4.3.1.6, de la evaluación preliminar de las 16 posibles opciones de producción más limpia generadas para la empresa B, la evaluación indicó además que sería factible implementar en la empresa B, solamente 8 de las 16 opciones identificadas; lo que se describe en la sección 5.4.7.

Cuadro 5.41. Síntesis: Identificación y Evaluación de Opciones de Producción Más Limpia de la Empresa B

| Opciones de P+L | Categoría | Directamente | Mayor análisis | Opciones rechazadas | Comentarios/ Razones |
|--|-------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---|
| 1. Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) en la operación de recepción de Materia Prima | Reciclaje y Reutilización | X | | | Dicha sal puede ser reutilizada en la operación de piquelado. |
| 2. Realizar el desencalado con dióxido de carbono en lugar del sulfato de amonio | Cambios de Materia prima | | X | | Con esta opción se evitaría el uso de las sales amoniacaes. |
| 3. Reutilización de los Baños de Pelambre. | Reciclaje y Reutilización | X | | | Con esta opción se evitaría el uso de las sales amoniacaes. |
| 4. Adquirir fichas técnicas y equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan en el proceso. | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se lograrían importantes ahorros tanto en químicos como en el consumo de agua |
| 5. Vender toda la viruta que se genera para obtener cuero regenerado | Aprovechamiento de los subproductos | X | | | Vender la viruta generada en el proceso a empresas que la puedan reutilizar para cuero regenerado |
| 6. Mejorar la Eficiencia de los Sistemas de Calentamiento de Agua. | Modificación en equipos | | X | | El aumento de eficiencia en el calentamiento de agua permitiría un ahorro de energía eléctrica. |
| 7. Recuperación de las aguas con cromo en la operación de escurrido | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se obtendrían importantes ahorros en el consumo de las sales de cromo |
| 8. Mejorar la Distribución en planta dentro de la empresa. | Modificación en equipos | | X | | Lo que permitiría un aumento en la eficiencia del proceso. |

Pasa a la siguiente pagina..

Cuadro 5.41. Síntesis: Identificación y Evaluación de Opciones de Producción Más Limpia de la Empresa B

| Opciones de P+L | Categoría | Directamente | Mayor análisis | Opciones rechazadas | Comentarios/ Razones |
|--|--------------------------------|--------------|----------------|---------------------|--|
| 9. Reducir el uso del Sulfato de Amonio en la operación de desencalado | Cambios de materia prima | | X | | Lo que permitiría la reducción de la contaminación por el sulfato de amonio así como un ahorro económico |
| 10. Reciclaje del licor de cromo en la operación de Curtido | Reciclaje y reutilización | X | | | Lo que permitiría la reducción del uso de sales de cromo. |
| 11. Capacitación permanente de los empleados de la planta en cuanto a seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso. | Buenas Practicas de manejo | X | | | Capacitación a los empleados para informarles sobre el peligro en la manipulación de químicos |
| 12. Conservación de pieles en Frió en lugar del salado | Transferencia de Tecnología | | X | | Se evitaría el uso de sal para conservar las pieles |
| 13. Recuperación del cromo por precipitación | Reciclaje y reutilización | | X | | Se recuperarían las sales de cromo para su posterior reutilización en el proceso |
| 14. Reemplazo de biocidas y tensoactivos no biodegradables en el remojo por enzimas. | Sustitución de materias primas | | X | | Se evitaría el uso de químicos en esta operación |
| 15. Ahorro de agua en el proceso mediante un control de pérdidas por derrames y puntos de fuga. | Buenas Practicas de manejo | X | | | Se evitarían perdidas de químicos y agua que afectan la eficiencia de la operación |
| 16. Aplicar Tecnologías de alto agotamiento en la operación de Curtido al Cromo | Reciclaje y Reutilización | X | | | Se generarían importantes beneficios económicos y ambientales al implementar esta opción |

Cuadro 5.42 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|--|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 1. Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima | X | | | X | | | X | | | | X | | 11 | 1 |
| 2. Realizar el desencalado con dióxido de carbono en lugar del sulfato de amonio | | X | | | | X | | X | | | | X | 8 | 2 |
| 3. Reutilización de los Baños de Pelambre. | X | | | | X | | | X | | | | X | 10 | 1 |

Pasa a la siguiente pagina..

Cuadro 5.42 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 4. Adquirir fichas técnicas y equipos de protección para la manipulación de los diferentes químicos que se utilizan | X | | | X | | | X | | | X | | | 10 | 1 |
| 5. Recuperación de las aguas con cromo en la operación de escurrido. | X | | | X | | | | X | | | | X | 11 | 1 |
| 6. Mejorar la distribución en planta dentro de la empresa | | X | | | | X | | X | | | X | | 7 | 2 |
| 7. Vender toda la viruta que se genera para obtener cuero regenerado | | X | | | | X | | X | | | | X | 8 | 2 |

Pasa a la siguiente pagina..

Cuadro 5.42 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|--|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 8. Capacitación permanente de los empleados de la planta en cuanto a seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso | X | | | X | | | X | | | X | | | 10 | 1 |
| 9. Conservación de pieles en frío en lugar del salado | | X | | | X | | | | X | | | X | 8 | 2 |
| 10. Ahorro de agua en el proceso mediante un control de pérdidas por derrames y puntos de fuga | X | | | X | | | | X | | | X | | 10 | 1 |

Pasa a la siguiente pagina..

Cuadro 5.42 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 11. Recuperación del cromo por precipitación | | X | | | | X | | X | | | | X | 8 | 2 |
| 12. Reemplazo de biocidas y tensoactivos no biodegradables en el remojo por enzimas | | X | | | | X | | | X | | | X | 7 | 2 |
| 13. Mejor eficiencia de los sistemas de calentamiento del agua | X | | | X | | | | X | | | X | | 10 | 1 |

Pasa a la siguiente pagina..

Cuadro 5.42 Evaluación Preliminar de las Opciones de Producción Más Limpia

| Opción de P+L | Requerimientos técnicos esperados | | | Costos de inversión esperados | | | Costos de implementación esperados | | | Beneficios ambientales esperados | | | Prioridad y selección | |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|------------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Lo mismo o más alto | Bajo o ninguno | Medio | Alto | Puntuación total | Prioridad |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| 14. Reducción del uso del sulfato de amonio en la operación de desencalado. | X | | | X | | | | X | | | | X | 11 | 1 |
| 15. Reciclaje de licor de cromo generado en la operación de Curtido | X | | | X | | | | X | | | | X | 11 | 1 |
| 16. Aplicación de Tecnologías de Alto Agotamiento en la operación de curtido al cromo | X | | | X | | | | X | | | | X | 11 | 1 |

5.4.7 Estudio de Factibilidad y Viabilidad de las Opciones de Producción Más Limpia

Luego de haber realizado la evaluación preliminar de las opciones de producción más limpia generada y clasificada de acuerdo a su orden de prioridad se procede a describir cada una de estas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y organizacional.

Las opciones a evaluar se resumen a continuación:

- I. Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima
- II. Reutilización de los Baños de Pelambre.
- III. Recuperación y Reutilización de las aguas con cromo en la operación de escurrido.
- IV. Reducción del uso de sulfato de amonio en la operación de desescalado
- V. Ahorro de agua en el proceso mediante un control de pérdidas por derrames y puntos de fuga.
- VI. Reciclaje de licor de Cromo Generado en la Operación de Curtido
- VII. Mejor eficiencia en el sistema de calentamiento.
- VIII. Aplicar Tecnologías de Alto Agotamiento en la Operación de Curtido al Cromo

I Opción: “Recuperación de la Sal (NaCl) en la operación de recepción de materia Prima para piquelado”

a. Viabilidad Técnica:

La sal común puede causar daños ambientales al ser incorporada en los cuerpos de agua o descargada al suelo, debido a que ocasiona su salinización. La magnitud del daño dependerá de la concentración final de la sal y del tipo de uso o destino que tengan dichos cuerpos de agua, así como de las condiciones de la flora y fauna a la que sean destinadas esta agua de desecho (por ejemplo, la gran mayoría de los peces de agua dulce no tolera incluso concentraciones pequeñas de sales). Por su solubilidad, la sal no es fácil de eliminar de las aguas residuales y, en su caso, puede ser una operación de muy alto costo. Por lo tanto, el consumo de sal debe ser reducido y una parte de ésta debe ser recuperada en estado sólido antes de que las pieles ingresen a los baños de remojo/lavado.

Además esta opción permite la recuperación de la sal la cual mediante un pequeño tratamiento puede ser reutilizada en la operación de piquelado logrando con esto reducir el consumo de la misma y evitar que esta se incorpore al agua.

El tratamiento consiste básicamente en los siguientes pasos:

1. Separación mecánica de la sal
2. Lavado de la sal para eliminar impurezas que se encuentren presentes.

b. Factibilidad Económica:

Consumo de Sal:

Se adicionan de promedio 2.5 libras de sal por piel (1.1339 kg sal por piel), sabiendo que en la empresa B de las 300 pieles se tiene que el consumo de sal es: 136 kg sal por mes

Costo de la Sal: 0.20 \$ / kg

Consumo aproximado de Sal en la operación de Piquelado: 136.07 kg / batch

Consumo total de sal en el mes: 748.17kg / mes

El consumo de sal en la recepción de pieles es de 113.39 kg de sal por lote x 3 partidas al mes = 340.17 kg de sal por mes.

El ahorro vendría reflejado en el consumo de sal a utilizar en la operación de piquelado ya que del total de sal que se puede recuperar en la operación de Recepción de materia prima una parte de esta puede ser utilizada, luego de un tratamiento previo recomendado, en la operación de piquelado.

Por lo que el ahorro se cuantifica de la siguiente manera:

El ahorro mensual se obtiene de los 136.07 kg /lote, y considerando que son 3 lotes por mes:

$$ahorro_{sal\ mensual} = 136.07 \frac{kg}{batch} \cdot 3 \frac{batch}{mes} = 408.21 \frac{kg\ sal}{mes}$$

Extrapolando el valor del consumo de sal para un año tenemos:

$$ahorro_{sal\ anual} = 408.21 \frac{kg\ sal}{mes} \times \frac{12\ mes}{año} = 4898.52 \frac{kg\ sal}{año}$$

Calculando el Beneficio Económico de la Opción :

$$Beneficio\ Economico = 4898.52 \frac{kg\ sal}{año} \times 0.20 \frac{\$}{kg} = 979.704 \frac{\$}{año}$$

Inversión se describe en la cuadro

Cuadro 5.43: Materiales para la construcción de un sistema recuperación de la sal en el proceso de recepción

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | COSTO UNITARIO (\$/unidad) | COSTO (\$) |
|--|----------|----------------------------|------------|
| Marco para golpeo de las pieles (cotizado en carpintería) | 2 | 35.00 | 70.00 |
| Lona para recuperación de la sal de 4 m ² (cotizado en ferretería Freund) | 2 | 4.00 | 8.00 |
| Recipientes para el lavado de la sal | 1 | 2.30 | 2.30 |
| INVERSION TOTAL: | | | 80.30 |

Se tiene un total de \$ 80.30 agregando a este valor el 10% de imprevistos el cual resulta ser de \$ 8.03, siendo el monto de la inversión \$ 88.33

Calculando el Periodo de Retorno de la Inversión tenemos:

$$PR = \frac{\text{Inversion}}{\text{Flujos de Entrada} - \text{Flujos de Salida}}$$

Flujos de Entrada: Ahorros Anuales al implementar la opción.

$$PR = \frac{88.33 \$}{979.704 \$ / \text{año}} = 0.09016 \text{ años} = 1.08 \text{ meses} \cong 2 \text{ meses}$$

Periodo de Retorno de la Inversión = 2 meses.

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción vendría dado por la cantidad de sal que ya no se estaría descargando junto con el vertido líquido que se genera en la operación de Remojo y Enjuague.

Por lo que el Beneficio ambiental de la opción es:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 408.21 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 4898.52 \frac{\text{kg sal no desc argadas}}{\text{año}}$$

Beneficio ambiental al año será = 4898.52kg sal no descargadas

d. Viabilidad Organizacional:

Para llevar a cabo esta opción de producción más limpia lo único que la empresa debería es primero que nada es contratar un carpintero para hacer los marcos de golpeo, y luego buscar un lugar adecuado para realizar la actividad de separación de la sal por medio del sacudido de las pieles, al haber realizado esto la empresa de estar preparada para cambiar parte de la metodología en su proceso ya que ahora en cuando se inicie la etapa de remojo en lugar de colocar todas las pieles saladas directamente en la batan se debe de tomar un tiempo necesario para sacudir las pieles y posteriormente darle un lavado en unos recipientes para eliminar las impurezas que esta haya adquirido en la piel, para que esta puede ser utilizada posteriormente en la operación de piquelado, se busca que con esta opción disminuir el consumo de sal que se utiliza en la operación de piquelado en el mes (408.21 kg)

e. Indicador Ambiental:

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la reducción en el consumo total de sal en un año, sería de aproximadamente un 25% con respecto al consumo de sal que inicialmente se tiene.

Sobre la base de un mes de producción:

$$\text{Consumo de sal en el mes: } 748.17 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}}$$

$$\text{Reducción del consumo de sal en el mes: } 408.21 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}}$$

Por lo el consumo previsto aplicando esta opción de P+L se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de sal con } P + L = \text{consumo de sal} - \text{Reduccion del consumo de sal}$$

$$\text{Consumo de sal con } P + L = 748.17 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}} - 408.21 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}} = 339.96 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}}$$

Se tiene que la producción de la empresa B es de 7500 pie² de cuero acabado mensual, por lo que se puede calcular así los índices ambientales de la manera siguiente:

$$\text{Indicador ambiental actual} = \frac{748.17 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}}}{7500 \frac{\text{pie}^2}{\text{mes}}} = 0.1 \frac{\text{kg sal}}{\text{pie}^2 \text{ de cuero acabado}}$$

$$\text{Indicador Ambiental con P+L} = \frac{339.96 \frac{\text{kg sal}}{\text{mes}}}{7500 \frac{\text{pie}^2}{\text{mes}}} = 0.045 \frac{\text{kg sal}}{\text{pie}^2 \text{ de cuero acabado}}$$

Indicador Ambiental Actual: 0.1 kg sal / Pie² de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 0.045 kg sal / Pie² de Cuero acabado

II. Opción: “Reutilización de los Baños de Pelambre.”

a. Viabilidad Técnica:

Para la reutilización de los baños de pelambre es necesario que las aguas finales de esta operación sean sometidas a un proceso de filtración para remover todo sólido o pelo que se encuentre en dichas aguas.

Para la filtración de las aguas de finales de la operación de pelambre es necesario una infraestructura que contenga un tamiz de diámetro lo suficientemente pequeño que retenga sólidos de poco diámetro.

Las aguas de desecho serán posteriormente recolectadas en barriles o introducidas directamente al batan si fuese necesario después de la filtración para que sean reutilizadas con un nuevo lote de pieles.

b. Factibilidad Económica:

La inversión necesaria para la realización de esta opción de P+L puede estimarse de la siguiente manera:

Costo de infraestructura: según la cotización de un albañil independiente

1. El costo de la infraestructura seria de: $\$30/\text{m}^2$ de construcción incluyendo los materiales
2. Mano de obra: $\$35$
3. 10% del total de gastos por imprevistos.

Si se recomienda una pila de 1.5m^2 para la recolección de las aguas de desecho de la operación de pelambre se tiene que el gasto será de:

- Costo por 1.5 m^2 de construcción incluyendo materiales como: ladrillos, cemento, arena y el material de la rejilla = $\$45/\text{m}^2$
- Costo de mano de obra = $\$35$
- Costo por imprevistos(10%) = $\$8$
- Inversión (costo total de la infraestructura) = $\$88$

Para calcular el beneficio económico tomaremos como base el ahorro de consumo de sulfuro de sodio (Na_2S) que es utilizado en la operación de pelambre.

Consumo Actual de Na_2S por lote:

Calculando la concentración de sulfuro de sodio en los vertidos líquidos es:

Concentración Na_2S = $(34.01\text{kg} \times 0.85) / 520.4\text{gal}$ de solución = 5.55% (P/V)

Kg de Na_2S que se encuentran en el vertido líquido = $0.055 \times 520.4 = 28.90\text{kg}$ por lote

Por lo que al reutilizar los baños de pelambre solo se necesitaría un valor de 5.10kg de sulfuro de sodio para obtener los mismos resultados en dicha operación.

Consumo mensual de Na_2S : $34.01\text{ kg Na}_2\text{S}$ por lote * 3 lotes al mes = $102.03\text{ kg Na}_2\text{S}$ en el mes.

Calculando el Ahorro por la Reutilización de los baños de Pelambre tenemos:

Condicion Inicial: consumo de 34.01 kg por lote

Primer baño de Reuso: $28.90\text{ kg} + 5.10\text{ kg} = 34.01\text{kg}$

Segundo baño de Reuso: $28.90\text{ kg} + 5.10\text{ kg} = 34.01\text{ kg}$

Consumo mensual con el reciclaje de los Baños de Pelambre: $34.01\text{ kg} + 5.10\text{ kg} + 5.10\text{ kg} = 44.21\text{ kg}$ de Na_2S en el mes

Ahorro de Sulfuro de Sodio por reutilizar los Baños de Pelambre:

102.03 kg – 44.21 kg = 57.82 kg de Sulfuro de Sodio por mes

Calculando a partir de este ahorro de Sulfuro de Sodio el Beneficio Económico:

Costo de Sulfuro de Sodio 0.84 \$ / kg

Ahorro de sulfuro de sodio por mes: 57.82 kg Na₂S / mes

Extrapolando este Valor a un año tenemos:

$$\text{Beneficio Economico} = 57.82 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \times 0.84 \frac{\$}{\text{kg}} = 584.82 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Economico} = 584.82 \frac{\$}{\text{año}}$$

Calculando el periodo de retorno de la inversión tenemos que:

$$PR = \frac{INVERSION}{Flujos \text{ de Entrada} - Flujos \text{ de Salida}}$$

$$PR = \frac{88 \$}{584.8 \frac{\$}{\text{año}}} = 0.15 \text{ años} = 2 \text{ meses}$$

Periodo de Retorno de la inversión = 2 meses.

c. Factibilidad Ambiental:

Uno de los beneficios ambientales obtenidos al reutilizar las aguas de pelambre, es la reducción de la concentración de sulfuro de sodio que se encontrarán en los vertidos líquidos, así como también una reducción importante en las emisiones de Sulfuro de Hidrógeno emitidas al ambiente

Calculando el Beneficio Ambiental relacionado a la reducción de Sulfuro de Sodio que se incorpora al vertido líquido:

Ahorro de sulfuro de sodio por mes: 57.82 kg Na₂S / mes

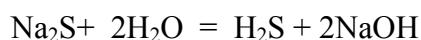
Extrapolando a un año tenemos:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 57.82 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 693.84 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Beneficio Ambiental = 693.84 kg de Na₂S que no serán descargados en los vertidos líquidos por año.

Beneficio Ambiental en función de la reducción de las emisiones de Sulfuro de Hidrógeno tenemos:

La reducción de las emisiones al ambiente de H₂S también proporciona un beneficio ambiental:



Datos para realizar los cálculos estequiométricos:

PM: Sulfuro de Sodio: (Na₂S) = 78 kg / kg mol

PM: Sulfuro de Hidrogeno: (H₂S) = 34.082 kg / kg mol

Cantidad de Sulfuro de Sodio que se ocupa por lote para la operación de pelambre en las condiciones actuales es de 102.03 kg por mes, lo que genera para estas condiciones 44.58 kg de emisiones de H₂S por mes.

Para las condiciones de Reuso de los Baños de Pelambre se tiene:

Consumo de Na₂S por mes = 44.21 kg / mes

Calculando por estequiometria las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno generadas por lote:

$$\text{Kg de H}_2\text{S} = 44.21 \text{ kg de Na}_2\text{S} \left(\frac{34.082 \text{ kg H}_2\text{S} / \text{kg mol}}{78 \text{ kg Na}_2\text{S} / \text{kg mol}} \right) = 36.32 \text{ Kg de H}_2\text{S}$$

Emisiones de H₂S: 36.32 kg / mes

Calculando la reducción de las emisiones de H₂S tenemos:

Reducción de Emisiones = Emisiones de H₂S en condiciones Actuales – Emisiones de H₂S con P+L

Reducción de Emisiones $H_2S = 44.38 \text{ kg } H_2S - 36.32 \text{ kg } H_2S = 8.15 \text{ kg } H_2S$ no emitidas por mes.

Extrapolando este valor a un año tenemos que el Beneficio Ambiental de la Opción es:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 8.15 \frac{\text{kg } H_2S}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 97.8 \frac{\text{kg } H_2S}{\text{año}}$$

Beneficio ambiental = 97.8 kg H_2S que no serán emitidos a la atmósfera por año.

d. Viabilidad Organizacional:

En el área organizacional la opción de reutilización de las aguas de pelambre es conveniente debido a que no interrumpe el proceso de producción de cueros, además dichas aguas pueden ser almacenadas en barriles, para ser utilizadas en la operación de pelambre del siguiente lote de pieles.

e. Indicadores Ambientales:

Indicadores Ambientales para El Sulfuro de Hidrógeno (H_2S):

Indicador ambiental Actual = 5.91 gramos de H_2S /pie² de cuero acabado.

Indicador ambiental con P+L = 4.83 gramos de H_2S /pie² de cuero acabado

Indicadores Ambientales para El Sulfuro de Sodio (Na_2S):

Indicador ambiental Actual = 13.60 gramos de Na_2S /pie² de cuero acabado.

Indicador ambiental con P+L = 5.89 gramos de Na_2S /pie² de cuero acabado

III. Opción “Reutilización de las aguas de cromo de la operación de escurrido”

a. Viabilidad Técnica:

La recuperación de agua de escurrido después de la curtición con cromo puede realizarse por medio de una “pila” la cual tendrá una superficie en forma de rejillas donde se colocaran las pieles. Esta agua puede ser recolectada luego en barriles que permitan su reposo y posterior la filtración si fuese necesario para ser reutilizadas en la próxima operación de curtición.

En el Manual de Aplicación se presenta una figura que muestra la infraestructura que podría ser utilizada en la recuperación de agua con cromo en la operación de escurrido.

b. Factibilidad Económica:

La opción de recuperación de agua de cromo en el escurrido permitirá un ahorro en costo de químicos debido a que estas contienen teóricamente entre un 80 a 85 % de los químicos que fueron absorbidos por las pieles en la operación de curtición. El costo de la inversión puede ser recuperado por el ahorro de químicos que se obtendrían al reutilizar esta agua en una próxima operación de curtido.

El costo de una infraestructura similar a la presentada en el Manual de Aplicación fue cotizado por un albañil independiente el cual nos proporcionó los siguientes datos:

- Costo por 1.5 m² de construcción incluyendo materiales como: hierro, ladrillos, cemento, arena y el material de la rejilla = \$90/m²
- Costo de mano de obra = \$35
- Costo por imprevistos(10%) = \$12.5
- Costo total de la Inversión = \$137.5

El ahorro de sulfato de cromo por la reutilización de aguas de escurrido en la operación de curtición con cromo será:

Si 48.19kg sulfato de cromo no absorbidos por las pieles.

Vertidos líquidos = 190.39gal = 720.20lt

$$\% \text{ sulfato de cromo en agua de desecho} = \frac{48.19 \text{ kgsulfato de Cromo}}{720.2\text{ltolucion}}$$

% sulfato de cromo en agua de desecho = 6.69%

Con esta concentración de sulfato de cromo calculamos los nuevos kilogramos necesarios en la etapa de curtición:

6.69% = kg de sulfato de cromo / 177.9lt solución

kg de sulfato de cromo = 11.90kg

El cromo recuperado seria de:

11.90kg/lote x 3 lotes/mes x 12 meses/año = 428.45kg de sulfato de cromo.

Beneficio económico: costo de sulfato de cromo de \$1.07/kg (según cotizaciones en el mercado)

Ahorro = 428.45kg x \$1.07/kg = \$458.44

Calculo del periodo de retorno:

$$PR = \frac{INVERSION}{Flujo\ de\ Entrada - Flujo\ de\ Salida}$$

$$PR = \$137.5/\$458.44$$

$$PR = 0.29\ años = 3.48\ meses \cong 4\ meses$$

Periodo de Retorno de la inversión = 4 meses

c. Factibilidad Ambiental:

Los beneficios ambientales que esta opción proporciona son el ahorro de agua y la disminución de la concentración de químicos que contendrían los vertidos líquidos de la operación de curtición.

Beneficio ambiental del ahorro de sulfato de cromo al año de 428.45kg

d. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional obtenida con la opción de recuperación de aguas de escurrido al cromo, consta de el buen manejo y aprovechamiento de un químico tan importante en la curtición de pieles como lo es el sulfato de cromo, además esta opción no significa pérdidas de tiempo de trabajo para la empresa ya que puede realizarse simultáneamente con el resto de las operaciones de curtición.

e. Indicador ambiental:

El indicador ambiental se basa en la reducción de agua consumida en la operación de curtición si se reutilizasen las aguas de escurrido de cromo. Realizando el cálculo tomando un mes de producción se tendría que el indicador será dado en galones de agua recuperado por pie² de producto terminado.

Indicador Ambiental Actual = 0.076 gal de agua de desecho/pie² de cuero acabado
Indicador Ambiental con P + L= 0.019 gal de agua de desecho/pie² de cuero acabado

IV. Opción: “Reducción del Sulfato de Amonio en la Operación de Desencalado”

a. Viabilidad Técnica:

La reducción del sulfato de amonio en la operación de desencalado, permitirá la reducción a la atmósfera de emisiones de amoniaco gaseoso además de reducción de costos por la compra de sulfato de amonio.

Esta opción puede realizarse por medio de baños cortos de sulfato de amonio en la operación de desencalado, para la realización de los baños cortos se reduce a la mitad la cantidad de agua necesaria en la operación y por lo tanto también se reducirá la cantidad de sulfato de amonio necesaria para realizar un desencalado eficiente. Los baños cortos permitirán una mayor absorción de la piel del sulfato de amonio y por lo tanto se tendrá una mayor eficiencia en el proceso.

b. Factibilidad Económica:

Actualmente la empresa B utiliza 45.35kg de sulfato de amonio por lote de producción, con un consumo de agua aproximado de 55gal para la dilución del sulfato de amonio, por lo tanto la concentración de sulfato de amonio será de 21.8% en las aguas de entrada a desencalado.

Ahora bien, reduciendo el agua de dilución en un 50%, mediante el concepto de baños cortos, necesitamos conocer que cantidad de sulfato de amonio es necesaria para mantener la concentración de 21.8% en la operación de desencalado, por lo que:

$$\text{Concentración sulfato de amonio} = \frac{\text{kg sulfato de amonio}}{\text{lt de solución}}$$

$$\text{Kg de sulfato de amonio} = \text{lt de solución} \times \text{concentración} = (104.09\text{lt}) \times 0.218$$

$$\text{Kg de sulfato de amonio} = 22.69\text{kg}$$

Según cotizaciones realizadas en el mercado el costo de un kilogramo de sulfato de amonio es de \$0.40/kg, por lo tanto la reducción en costo seria de:

$$\text{Consumo actual de sulfato de amonio} = \$0.40/\text{kg} \times 45.35\text{kg} = \$18.14$$

$$\text{Consumo de sulfato de amonio con P+L} = \$0.40/\text{kg} \times 22.69\text{kg} = \$9.07$$

Calculando Ahorro a Partir de estos valores el Beneficio Económico de la Opción:

Costo Actual de Sulfato de Amonio: 18.14 \$ / lote

Costo Reducido De Sulfato de Amonio con P+L: 9.07 \$ / lote

Ahorro = (18.14 - 9.07) \$ /lote = 9.09 \$ / lote

Extrapolando este valor a un año tenemos que el Beneficio Económico será:

$$\text{Beneficio Economico} = 9.07 \frac{\$}{\text{lote}} \times \frac{3 \text{ lotes}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 326.52 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Economico} = 326.52 \frac{\$}{\text{año}}$$

c. Factibilidad Ambiental:

Los beneficios ambientales que se obtendrían con la aplicación de la opción de reducción de sulfato de amonio seria:

Consumo actual de Sulfato de Amonio: 45.35 kg / lote

Consumo de Sulfato de Amonio con P+L: 22.69 kg / lote

Ahorro en el consumo del químico:

(45.35 – 22.69) kg de Sulfato de Amonio por lote = 22.66 kg de Sulfato de amonio por lote.

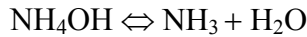
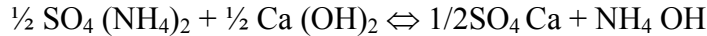
Calculando el Beneficio Ambiental de la opción:

Llevando el valor a un año tenemos:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 22.66 \frac{\text{kg}}{\text{lote}} \times \frac{3 \text{ lotes}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 815.76 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Ambiental} = 815.76 \frac{\text{kg de sulfato de amonio no descargados}}{\text{año}}$$

El otro beneficio ambiental de la aplicación de esta opción viene en función de una reducción en las emisiones gaseosas de amoniaco la cual se explica a continuación:



Datos para realizar los cálculos estequometricos:

PM: Sulfato de Amonio: $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 = 132.141 \text{ kg / kg mol}$

PM: Hidróxido de Amonio: $(\text{NH}_4\text{OH}) = 35.045 \text{ kg / kg mol}$

PM: Amoniaco: $(\text{NH}_3) = 17.03 \text{ kg / kg mol}$

Cantidad de Sulfato de Amonio que se ocupa por lote para la operación de Desencalado:

$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 = 45.35 \text{ kg/lote}$

Calculando por estequometricamente las emisiones de Amoniaco generadas por lote:

Calculando primero la cantidad de Hidróxido de Amonio:

$$\text{Kg NH}_4\text{OH} = 45.35 \text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 \frac{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}}{(0.5) * 132.141 \text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 / \text{kg mol}} = 24.05 \text{kg NH}_4\text{OH}$$

Calculando ahora las emisiones gaseosas de amoniaco a partir de la segunda reacción:

$$\text{Kg NH}_3 = 24.05 \text{kg Kg NH}_4\text{OH} \frac{17.03 \text{ kg NH}_3 / \text{kg mol}}{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}} = 11.68 \text{kg NH}_3$$

Emisiones de NH₃: 11.68kg NH₃/lote

Para una reducción de sulfato de amonio utilizando = 22.69kg, el cálculo de emisiones de amoniaco será:

Calculando primero la cantidad de Hidróxido de Amonio:

$$\text{Kg NH}_4\text{OH} = 22.69\text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 \frac{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}}{(0.5) * 132.141\text{kg SO}_4(\text{NH}_4)_2 / \text{kg mol}} = 12.03\text{kg NH}_4\text{OH}$$

Calculando ahora las emisiones gaseosas de amoniaco a partir de la segunda reacción:

$$\text{Kg NH}_3 = 12.03\text{kg Kg NH}_4\text{OH} \frac{17.03 \text{ kg NH}_3 / \text{kg mol}}{35.045 \text{ kg (NH}_4\text{OH) / kg mol}} = 5.84\text{kg NH}_3$$

Emisiones de NH₃: 5.84kg NH₃/lote

Para conocer la reducción de emisiones de amoniaco se tomara en base a un año de producción:

$$\text{Amoniaco en condiciones actuales} = 11.68\text{kg} \times 3 = 35.04$$

$$\text{Amoniaco con P + L} = 5.84\text{kg} \times 3 = 17.52$$

Reducción = Amoniaco Generado en condiciones Actuales – Amoniaco generado con P+L

$$\text{Reducción} = 35.06 \text{ kg de NH}_3 - 17.54 \text{ kg de NH}_3$$

$$\text{Reducción} = 17.52 \text{ kg NH}_3 \text{ no emitidas a la atmósfera por mes}$$

Extrapolando este valor a un año tenemos:

$$\text{Kg de NH}_3 \text{ reducidos} = 17.52 \text{ kg NH}_3 / \text{mes} * 12 \text{ meses} / \text{año} = 210.24 \text{ kg/año}$$

Beneficio Ambiental: 210.24 kg NH₃ que no serán emitidos a la atmósfera por año.

d. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional de la opción de reducción de sulfato de amonio en la operación de desencalado se justifica mediante el buen manejo del químico antes mencionado y por lo tanto de la reducción de contaminación ambiental en los vertidos líquidos y en las emisiones gaseosas. Además de que esta reducción de sulfato de amonio conlleva a una reducción en los costos para la empresa.

e. Indicador ambiental:

Indicadores Ambientales debido a las emisiones de NH_3

Indicador ambiental actual = 4.67 gramos NH_3 / pie² de cuero acabado.
Indicador ambiental con P+L = 2.33 gramos NH_3 / pie² de cuero acabado.

Indicadores Ambientales debido al consumo de Sulfato de Amonio

Indicador ambiental actual = 18.14 gramos Sulfato de Amonio / pie² de cuero acabado.
Indicador ambiental con P+L = 9.07 gramos Sulfato de Amonio / pie² de cuero acabado.

V. Opción: “Ahorro de agua en el proceso mediante un control de pérdidas por Derrames y puntos de fuga”

a. Viabilidad Técnica:

Para el buen manejo del agua en las operaciones de la tenería es necesario realizar un control del sistema de abastecimiento del agua que alimenta los batanes, de manera de eliminar cualquier fuga, la cual puede repercutir en considerables pérdidas económicas y crea un ambiente potencial para que ocurran accidentes.

Para crear un adecuado sistema de abastecimiento de agua a los batanes se hace necesario un sistema de soporte de la tubería, tubería, accesorios de tubería y manguera.

Para el sistema de soporte de la tubería, en primicia se tiene que aprovechar elementos estructurales que puedan servir de soporte para la tubería y colocar los elementos estructurales adicionales en lugares en los que no interrumpen el tiempo de trabajo y no representen un riesgo en la seguridad para los trabajadores, los soportes serán de metal (tubo metálico cuadrado de media pulgada de espesor) con pintura protectora, el cual puede estar fijo al piso o soldado a otros elementos estructurales.

En cuanto a la tubería es necesario adquirir la necesaria para alargar la línea y para sustituir segmentos de tuberías obsoletos. Son necesarios veinte (20) metros de tubería de 1.5 pulgadas, según cálculos realizados en una visita técnica a la empresa. Los accesorios son elementos como codos, uniones universales, válvulas, entre otras. Las tuberías al final de su trayecto contarán con una manguera para una mejor manipulación. El sistema de alimentación de agua presenta potenciales de mejora. La empresa B tiene dos formas de alimentar a los batanes:

1. Por medio de bombeo de agua lluvia recolectada el cual tiene unas pérdidas en tuberías de 0.0006123, y la bomba utilizada para la distribución de agua tiene las siguientes especificaciones es de 60 Hz, de 208 V – 230 V, potencia de ½ hp.
2. Por medio de un tanque el cual por gravedad el cual tiene unas pérdidas en tuberías de 0.007807 $\frac{m^3}{min}$

Cuadro 5.44: Cuantificación de pérdidas por fugas de agua por etapas de proceso (para una partida)

| Operación | Tiempo de llenado (min) | Pérdidas en tubería con bomba m^3 | Pérdidas en tubería por gravedad m^3 | Pérdida de energía de bomba |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Remojo | 40 | 0.24492 | 0.31228 | 0.248567 |
| Pelambre y encalado | 40 | 0.24492 | 0.31228 | 0.248567 |
| Desencalado | 40 | 0.24492 | 0.31228 | 0.248767 |
| Piquelado | 30 | 0.18369 | 0.23421 | 0.186425 |
| Curtición | 30 | 0.18369 | 0.23421 | 0.186425 |
| Recurtido y engrase | 25 | 0.153075 | 0.195175 | 0.124283 |
| Remojo y teñido | 30 | 0.18369 | 0.23421 | 0.186425 |
| TOTAL | 235 | 1.43891 | 1.83465 | 1.42926 |
| | | 3.27356 $\frac{m^3}{partida}$ | | 1.42926 $\frac{kW \cdot h}{partida}$ |

Calculando las pérdidas de aguas por fugas por mes sabiendo que mensualmente se realizan tres (3) partidas se tiene lo siguiente:

$$Q_{mensual} = 3.27356 \frac{m^3}{partida} \cdot \frac{3 \text{ partida}}{1 \text{ mes}} = 9.82068 \frac{m^3}{mes}$$

Calculando las pérdidas de agua para un año

$$Q_{anual} = 9.82068 \frac{m^3}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 117.848 \frac{m^3}{año}$$

Consumo de energía de la bomba sin un adecuado sistema de abastecimiento de agua:

A partir de pruebas realizadas a la bomba se estimo que el caudal de la bomba es de 12 gal / min (0.045425 m³/min), calculando el tiempo perdido que a partir de las fugas de agua considerando que el desperdicio de agua es de 117.848 m³/año, por lo que

$$tiempo \text{ perdido} = \frac{117.848 \frac{m^3}{año}}{0.045425 \frac{m^3}{min}}$$

$$tiempo \text{ perdido} = 2594.34 \frac{min}{año}$$

Siendo este ultimo el tiempo que se desperdicia en uso de la bomba

Calculando el tiempo total de operación de la bomba en el año:

$$tiempo \text{ operacion} = 235 \frac{min}{partida} \cdot \frac{3 \text{ partidas}}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{año} = 8460 \frac{min}{año}$$

Calculando el consumo de energía por bombeo de agua en forma mensual:

$$E_{mensual} = 1.42926 \frac{kW \cdot h}{partida} \cdot \frac{3 \text{ partida}}{1 \text{ mes}} = 4.28778 \frac{kW \cdot h}{mes}$$

Calculando las pérdidas de energía para un año:

$$E_{anual} = 4.28778 \frac{kW \cdot h}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 51.4534 \frac{kW \cdot h}{año}$$

Considerando que el tiempo de llenado los batanes resulta ser 235 min/partida (3.91667 h/partida)

$$E_{mensual} = \frac{51.4534 \frac{kW \cdot h}{año}}{3.91667 h} = 13.137 \frac{kW}{año}$$

Consumo de energía de la bomba con un adecuado sistema de abastecimiento de agua:

Cuando se eviten las fugas se reducirá el tiempo de operación de la bomba de la siguiente manera:

$$tiempo \text{ sin fugas} = 8460 \frac{\text{min}}{\text{año}} - 2594.34 \frac{\text{min}}{\text{año}} = 5865.66 \frac{\text{min}}{\text{año}}$$

Calculando el consumo de energía por bombeo de agua en forma anual:

$$E_{mensual} = 0.37285kW \cdot \frac{5865.66 \text{ min}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 36.4502 \frac{kW \cdot h}{año}$$

Calculando las pérdidas de energía para un año:

$$E_{mensual} = \frac{36.4502 \frac{kW \cdot h}{año}}{3.91667 h} = 9.30643 \frac{kW}{año}$$

b. Factibilidad Económica:

El mejoramiento del sistema de distribución requiere una inversión la cual se detalla a continuación:

El costo de instalación de elementos estructurales que funcionaran de soporte del sistema de distribución de agua resulta por:

- ✓ Por instalación de elemento estructural: \$30,
- ✓ Cemento:\$7
- ✓ Tubería metálica: \$10
- ✓ Total de costo de estructura: \$47

Los requerimientos de tubería de pvc de 1.5 pulgadas de diámetro, son de 20 metros:

- ✓ Tubería tiene un costo de \$ 1.67 / m² el cual resulta en \$ 33.40 de tubería.
- ✓ Accesorios \$ 10.00,
- ✓ Manguera plástica \$15.00

Por lo que el total de la estructura tendrá un valor de: \$ 105.40

Agregando el 10% para imprevistos, se obtiene un total de la inversión de \$115.94

$$ahorro_{\text{eléctrico}} = 0.081 \frac{\$}{kW \cdot h} \cdot \left(51.4534 \frac{kW \cdot h}{año} - 36.4502 \frac{kW \cdot h}{año} \right) = 1.21 \frac{\$}{año}$$

$$ahorro_{\text{agua}} = 134.347 \frac{\$}{año}$$

$$ahorro = 134.347 \frac{\$}{año} + 1.21 \frac{\$}{año} = 135.562 \frac{\$}{año}$$

Beneficio económico:

Con un costo de \$ 1.14 / m³ de agua.

Ahorro por evitar fugas de agua será: \$ 134.347 /año tomando en cuenta también el beneficio de uso de la bomba de \$ 1.21/ año se tiene un beneficio económico de 135.562 \$/ año.

Calculando el periodo de retorno de la inversión tenemos que:

$$PR = \frac{INVERSION}{Flujo de Entrada - Flujo de Salida}$$

$$PR = \frac{\$ 115.94}{\$ 135.562 / año}$$

$$PR = 0.855 años = 10.26 meses \cong 11 meses$$

Periodo de Retorno de la inversión = 11 meses

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción viene en función de evitar el desperdicio del agua a través de solventar los problemas en el sistema de abastecimiento de agua que va hacia los batanes. Mediante la mejora del sistema de abastecimiento de agua se pretende aprovechar el uso del agua en el proceso, mejorar la seguridad industrial de los operarios, la opción de producción más limpia es de crear un sistema fijo de

abastecimiento de agua y que sea mas practico para los operarios, con el objeto de eliminar las fugas de agua, teniendo con esto el beneficio ambiental siguiente:

$$\text{Beneficio Ambiental} = 3.83057 \frac{\text{kW no desperdiciado}}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Ambiental} = 117.848 \frac{\text{m}^3 \text{ de agua no desperdiciada}}{\text{año}}$$

d. Viabilidad Organizacional:

Para realizar esta opción de mejora es necesario tomar en cuenta que el sistema de abastecimiento de agua actual tiene dos fuentes una que se dirige al batan de la operación de ribera y la otra fuente de agua al batan de la operación de curtido. Debido a que se tiene dos fuentes de agua, para evitar tener que parar la producción debido a la mejora del sistema del sistema de abastecimiento de agua, se puede realizar las modificaciones en dos fases. La primera fase consiste en realizar las modificaciones en la primera fuente de agua, y utilizando la segunda fuente para suministrar de agua a los dos batanes; cuando el sistema de distribución del primer batan se encuentre listo se adaptara para poder suministrar agua a los dos batanes, mientras se realiza las modificaciones a la segunda fuente de agua. Terminando así los sistemas de distribución de ambas fuentes de aguas. El tiempo de reparación de ambos sistemas de distribución para cada batan son de seis días, debido que primero se realizará la modificación en para la primera fuente y luego se realizara la modificación en la segunda fuente. Con esta opción se pretende evitar las pérdidas de agua y mejoras las condiciones de trabajo como la seguridad industrial y la ejecución del trabajo de llenado de batanes se realizara con mas facilidad y rapidez.

e. Indicador Ambiental de Desempeño:

Indicador ambiental:

$$= 117.848 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{7500 \text{ pie}^2} = 0.00139 \frac{\text{m}^3 \text{ agua desperdiciada}}{\text{pie}^2}$$

Indicador ambiental = 1.39 litros/ pie² de cuero terminado

VI. Opción: “Reciclaje de licor de Cromo generado en la operación de Curtido”

a. Viabilidad Técnica:

El reciclaje directo de las aguas de la operación de curtido al cromo puede realizarse por medio de la recolección de las aguas de desecho que quedan en el batan al finalizar la curtición.

Al finalizar la operación de curtición, las pieles se sacan del batan y se colocan a escurrir, el agua que queda en el batan puede ser transportada por medio de una tubería de pvc hacia una pila o estructura de recolección, esta agua debe pasar por un proceso de filtración debido a que en ellas hay sólidos suspendidos que se desprende de la piel al momento de realizar la rotación.

La pila de recolección puede estar provista de un tamiz fino que permita la retención de los sólidos. En el Manual de Aplicación se presenta una figura que puede ser utilizada para aplicar esta opción de Producción Más Limpia.

Luego de finalizar el transporte de las aguas de licor de cromo hacia la pila de contención, se retira el tamiz para botar los sólidos suspendidos que se hayan quedado en él. Después de retirar el tamiz, la pila debe ser tapada con una tapadera adecuada para ella y de esa forma evitar que el licor de cromo se contamine con cualquier clase de partículas que se encuentren en el ambiente.

Este licor de cromo puede ser utilizado en la siguiente operación de curtición y puede ser llevada al batan por medio de cubetas por los trabajadores teniendo en cuenta las medidas de seguridad necesarias para que estos no tengan contacto directo con el licor de cromo el cual contiene una alta concentración de cromo que es dañina para la salud.

Según un estudio realizado por (CEPIS,1996). En su informe Técnico en el manejo de residuos en una curtiembre los baños generados en la operación de curtido al cromo pueden ser reutilizados 5 veces después del baño inicial bajo condiciones controladas de pH sin afectar la calidad de los cueros.

b. Factibilidad Económica:

El mayor beneficio económico que se obtendría con la aplicación de reciclaje directo de aguas de cromo es el ahorro mismo de consumo de sulfato de cromo para los siguientes dos lotes (utilizando licor de cromo reciclado)

Costo de la inversión:

Para la realización de la pila de recolección de aguas con cromo se cotizo a un albañil independiente el cual nos proporcionó los siguientes costos:

- Costo de infraestructura incluyendo ladrillos, tamiz fino de 20mm a 15mm, cemento, arena y otros: \$100/1m²
- Costo de mano de obra : \$55
- Costo por imprevistos: 10% de la inversión.

Para una pila de recolección de 1m² se tiene que el costo total de la inversión será:\$170.5

Calculando los ahorros o beneficios económicos al implementar esta opción:

Consumo mensual de la sal de Cromo comercial:

56.72 kg sulfato de cromo por lote * 3 lotes al mes = 170.16 kg de sulfato de cromo

Condición Inicial: 170.16 kg por mes

Costo: 1.017 \$/kg

Vertido Liquido Generado de las operaciones de curtido al cromo mensual:

143.39 gal / batch * 3 batch en el mes = 430.17 gal / mes.

Según el estudio realizado por (CEPIS,1996). la formulación a utilizar es la siguiente:

Baño Inicial: 170.16 kg de sal de cromo

Primer Baño: se debe adicionar el 50% de las condiciones iniciales

Primer Baño: 170.16*0.50=85.08 kg

Segundo Baño: 85.08 kg

Tercer Baño: 85.08 kg

Cuarto Baño: 85.08 kg

Quinto Baño: 85.08 kg

Por lo que el consumo de químicos totales sería: 170.16+(85.08*5) = 595.56 kg de sal de cromo comercial cada 6 meses.(según condiciones de la empresa).

Calculando el ahorro tenemos:

En las condiciones iniciales: $170.16 \text{ kg} * 6 \text{ meses} = 1020.96 \text{ kg}$ de sal de cromo comercial cada 6 meses.

Por lo que el ahorro de este químico al implementar esta opción sería:

Ahorro = $1020.96 \text{ kg} - 595.56 \text{ kg} = 425.4 \text{ kg}$ de sal de cromo comercial cada seis meses.

Extrapolando este valor a un año se tiene:

$425.4 \text{ kg} / 6 \text{ meses} * 2 = 850.8 \text{ kg}$ de sal de cromo comercial por año.

Calculando el Beneficio Económico de esta opción:

$850.8 \text{ kg} / \text{año} * 1.017 \text{ \$} / \text{kg} = 865.26 \text{ \$} / \text{año}$

Beneficio Económico = 865.26 \$/ año

Calculo del periodo de retorno:

$$PR = \frac{INVERSION}{Flujos \text{ de Entrada} - Flujos \text{ de Salida}}$$

$$PR = 170.5\$/865.26 \text{ \$} / \text{año}$$

$$PR = 0.19 \text{ años} = 3 \text{ meses}$$

Periodo de Retorno de la inversión = 3 meses

c. Factibilidad Ambiental:

El mayor beneficio ambiental obtenido debido al reciclaje de las aguas generadas en la curtición con cromo es la reducción de la concentración de cromo en los vertidos líquidos, y por lo tanto la contaminación es reducida a concentraciones que pueden ser aceptables por las normas ambientales.

Beneficio ambiental: reducción de consumo de sulfato de cromo:

Ahorro de sulfato de cromo por mes: 850.8 kg de sulfato de cromo

Extrapolando a un año tenemos que el beneficio ambiental de la opción es:

$$Beneficio \text{ Ambiental} = 850.8 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Beneficio Ambiental: 850.8 kg de sulfato de Cromo no descargados al vertido liquido por año

d. Viabilidad Organizacional:

La opción de reciclaje de las aguas de cromo permite el buen manejo de este químico tan importante y a la vez tan dañino para la salud y el medio ambiente. Con la reducción del uso de sulfato de cromo, la empresa tendrá tanto beneficios económicos como ambientales sin que sea afectado el proceso de producción de cueros.

e. Indicador ambiental:

El indicador ambiental será analizado en base a los gramos de sulfato de cromo por pie² de cuero acabado que serán utilizados en la operación de curtición de pieles:

Indicador ambiental actual = 0.56kg de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado
Indicador ambiental con P+L = 0.33 kg de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado

VII. Opción: “Mejorar la eficiencia de los sistemas de calentamiento del agua”

a. Viabilidad Técnica:

El calentador en estudio presenta varias deficiencias las cuales fueron identificadas en la evaluación preliminar de la Empresa B. La primera de estas deficiencias se refiere a una falta de aislamiento en la coraza del calentador, lo cual generaba la mayor parte de las pérdidas de calor, siendo estas de 4794.1 kw-h/mes, para lo cual se recomienda el uso de un aislante que sea de bajo costo, de larga vida, de fácil acceso y que sea eficiente, según el estudio el yeso resulto ser un aislante idóneo para las características deseadas, este se aplicara como cemento creando alrededor de la coraza una capa de una pulgada de espesor para que tenga los resultados esperados. Con la aplicación de este aislante se reducirá las fugas de calor en un 99% según cálculos, este aislante va cooperar para reducir el tiempo de operación.

La segunda deficiencia determinada es la mala distribución de las resistencias eléctricas, resultando en que una región del agua no llega a la temperatura de operación necesaria, requiriéndose mas tiempo de operación para salir de ese estado no estacionario y por consiguiente mas consumo de energía, para lo cual se recomienda a partir de estudios realizados distribuir en la parte inferior del calentador las resistencias de manera que se favorezca el transporte de calor a todas las regiones del agua, y por consiguiente se reducirá el tiempo que se tarda en llegar a la temperatura de operación.

b. Factibilidad Económica:

Instalación del aislamiento y distribución de resistencias:

Instalación del aislamiento:

Se necesitara un saco de yeso el cual tiene un valor de \$ 30.00, el pago de mano de obra es de \$ 30.00 haciéndolo en dos días.

Distribución de resistencia:

Se necesitara la compra de resistencias eléctricas y accesorios resultando en un costo de \$ 40.00 y \$ 30.00 por el pago de mano de obra.

El calentador es usado por tres horas, dos veces al mes, para la producción de 300 cueros que teñidos los cuales tienen un área promedio de 25 pie².

La inversión para la instalación del aislamiento y la distribución de la resistencia tomando el 10% por imprevistos resulta de

$$inversion = 1.1 \cdot (costo\ material + costo\ mano\ de\ obra)$$

$$inversion = 1.1 \cdot (\$ 30.00 + \$ 40.00 + \$ 30.00 + \$ 30.00)$$

$$inversion = \$ 143.00$$

El ahorro anual de energía por año vendría dado de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro de energía en calentador: } 4778.27 \frac{kW \cdot h}{mes} \times \frac{12\ mes}{año} = 57339.2 \frac{kW \cdot h}{año}$$

$$Q_{ahorro\ total} = 793.644 \frac{kW}{mes} + 2 \frac{kW}{mes}$$

$$Q_{\text{ahorro total}} = 795.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}}$$

$$795.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 9547.73 \frac{\text{kW}}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que el consumo de energía tiene un valor de $0.081 \frac{\$}{\text{kW}\cdot\text{h}}$ se puede calcular el beneficio económico el cual resulta de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio Economico} = 57339.2 \frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{año}} \times 0.081 \frac{\$}{\text{kW}\cdot\text{h}} = 4,644.48 \frac{\$}{\text{año}}$$

Calculando el Periodo de Retorno de la Inversión:

Inversión: \$143

Flujos de Entrada: Beneficios Económicos anuales de la Opción: 4,644.0 \$/año

$$PR = \frac{\text{Inversion}}{\text{Flujos de Entrada} - \text{Flujos de Salida}}$$

$$PR = \frac{143 \$}{4,644.0 \$ / \text{año}} = 0.03 \text{ años} = 0.36 \text{ meses} = 12 \text{ dias}$$

Periodo de Retorno de la inversión = 12 días.

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción viene en función del ahorro de energía, a través de los resultados de la evaluación en donde se comparo técnicamente las perdidas generadas por calor para las condiciones de: sin aislamiento del calentador y utilizando un asilamiento a base de yeso, lográndose obtener como resultando en un beneficio ambiental para un año dada de la siguiente manera

$$\text{Beneficio Ambiental} = 4778.27 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 57339.2 \frac{\text{kW} \cdot \text{h no desperdiciado}}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Ambiental} = 795.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 9547.73 \frac{\text{kW no desperdiciado}}{\text{año}}$$

d. Viabilidad Organizacional:

Para llevar a cabo esta opción de producción más limpia se puede aprovechar los tiempos en que el equipo no esta en uso y solo se tendría que definir dos días de trabajo, que no coincidan con los días en que se ocupa para la etapa de teñido y Engrase, no es necesario detener la producción ni mover ningún equipo, mas otro día que resultara para que el yeso se fije en el calentador.

e. Indicador Ambiental:

El indicador ambiental para esta opción viene en función de las perdidas de calor generadas en la coraza con aislamiento y con una mejor distribución de las resistencias y comparándolas con las perdidas de calor generadas en la coraza sin aislamiento, utilizando el indicador en base a pie² de producto terminado.

Se conoce que se generan 7500 pie² de cuero terminado al año.

El calor perdido sin aislamiento para un año es:

$$Q'_{\text{perdido}} = 4794.1 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 57529.2 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{año}}$$

$$Q'_{\text{perdido}} = 793.644 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 9523.73 \frac{\text{kW}}{\text{año}}$$

El indicador ambiental sin aislamiento

$$57529.2 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{7500 \text{ pie}^2} = 7.67056 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{pie}^2}$$

$$795.12 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{7500 \text{ pie}^2} = 0.106016 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{pie}^2}$$

El calor perdido con aislamiento para un año es:

$$Q'_{\text{perd}} = 29.3399 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 352.079 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{año}}$$

Entonces el indicador ambiental con aislamiento

$$352.079 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{7500 \text{ pie}^2} = 0.046944 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{pie}^2}$$

Indicador Ambiental Actual: 7.67056 kW-h/ Pie² de Cuero acabado
Indicador Ambiental con P+L: 0.046944 kW-h / Pie² de Cuero acabado

VIII. Opción: “Aplicar Tecnologías de Alto Agotamiento en la Operación de Curtido al Cromo”.

a. Viabilidad Técnica:

La viabilidad técnica de esta opción va en función de la aplicación de tecnologías de alto agotamiento en la operación de Curtido en la cual se consume en total 170.16 kg de sal de cromo por mes.

De acuerdo a referencia bibliográfica (SERRANO, 1998) la aplicación de tecnologías de alto agotamiento se puede lograr la absorción del sulfato de cromo en el cuero en un 79% a un temperatura de aproximadamente 40 C y un pH de 3.8-3.9 proveniente de la operación de piquelado. (Ver curva de Absorción del oxido de cromo Cr₂O₃ en función de la temperatura y el pH).

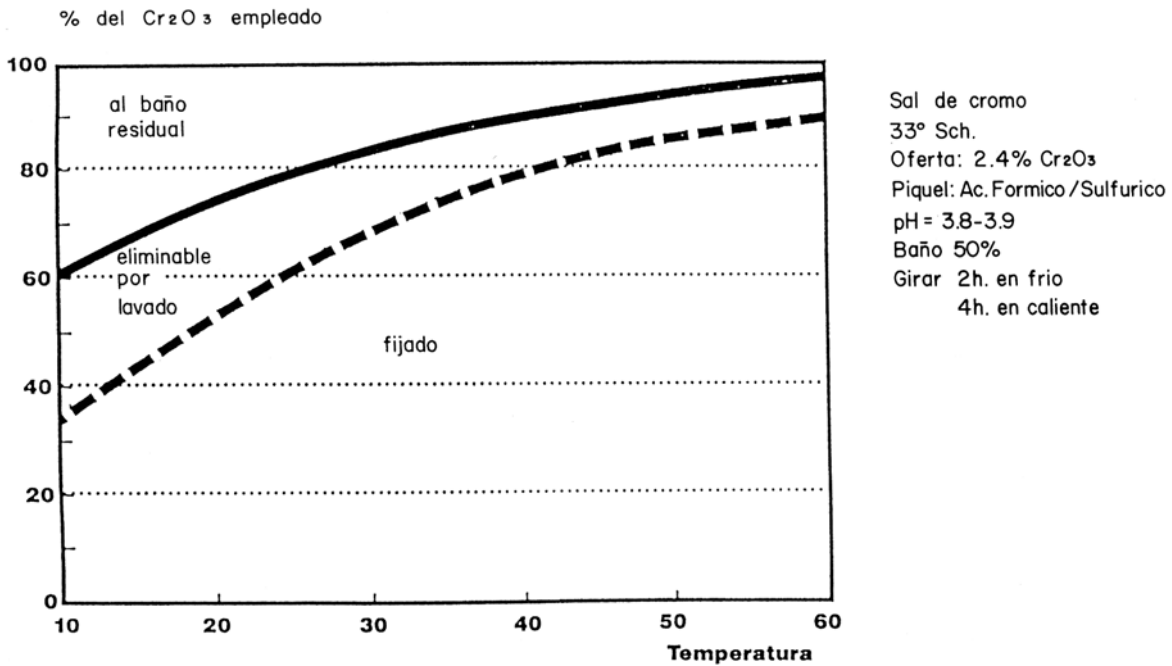


Figura 5.17: Curva de Absorción de Oxido de Cromo Cr₂O₃ en función de la Temperatura y pH (FUENTE: SERRANO, 1998).

b. Factibilidad Económica :

Consumo de Sal de Cromo comercial Cr(OH)SO₄ en la operación de Curtido al cromo es de 170.16 kg de sal de cromo por mes.

Costo de la sal de cromo: 1.017 \$ / kg

Condiciones optimas para lograr el Alto Agotamiento de la Sal de Cromo comercial

Temperatura: 40 C

pH 3.8-3.9 proveniente del piquelado

Calculando primero el Oxido de Cromo (Cr₂O₃) presente en la sal de cromo comercial.

La pureza del reactivo es de 25% de Cr₂O₃ presente en la sal de cromo comercial

Por lo que la cantidad de Cr₂O₃ es:

$$170.16 \text{ kg de } (\text{Cr} (\text{OH}) \text{SO}_4) \frac{25 \text{ kg } \text{Cr}_2\text{O}_3}{100 \text{ kg } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4} = 42.54 \text{ kg } \text{Cr}_2\text{O}_3$$

42.54 kg Cr₂O₃ presentes en 170.16 kg de sal de cromo comercial

Calculando ahora a partir de la curva de Absorción a la temperatura de 40 C y ph 3.8-3.9 la cantidad de Oxido de Cromo que puede ser absorbido por el cuero tenemos que es de 79% de absorción.

Por lo que la cantidad de Cr₂O₃ que se absorbe en el cuero es:

$$42.54 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 * 0.79 = 33.60 \text{ kg de Cr}_2\text{O}_3 \text{ absorbidos}$$

Calculando el ahorro en químicos al aplicar tecnología de agotamiento tenemos:

Sin Agotamiento tenemos que en teoría solo el 15% de químico es absorbido por el cuero por lo que para las condiciones iniciales en la cual se utiliza 42.54 kg Cr₂O₃ tenemos:

$$\text{Sin Agotamiento} = 42.54 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 * 0.15 = 6.38 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 \text{ absorbidos}$$

$$\text{Con Agotamiento} = 42.54 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 * 0.79 = 33.60 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3$$

Ahorro en el consumo de químicos es:

$$33.60 \text{ kg} - 6.38 = 27.22 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 \text{ por mes}$$

Calculando ahora a partir de este valor la cantidad de Sal de Cromo comercial ((Cr (OH) SO₄) que se ahorraría en el mes:

$$27.22 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 \frac{100 \text{ kg Cr(OH)SO}_4}{25 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3} = 108.88 \text{ kg Cr(OH)SO}_4$$

Ahorro de Sal de Cromo Comercial (Cr (OH) SO₄) en el mes: 108.88 kg de sal comercial (Sulfato de Cromo)

Extrapolando este valor a un año:

$$108.88 \text{ kg (Cr (OH) SO}_4) / \text{mes} * 12 = 1306.56 \text{ kg / año}$$

Calculando Beneficio Económico tenemos:

$$\text{Beneficio Economico} = 1306.56 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 1.017 \frac{\$}{\text{kg}} = 1328.77 \frac{\$}{\text{año}}$$

Beneficio Económico de la Opción = 1328.77\$/año

c. Factibilidad Ambiental:

El beneficio ambiental de esta opción va en función de la reducción del uso de la sal de cromo comercial que sería descargada en el vertido líquido.

Beneficio Ambiental = 1306.56 kg Cr(OH)SO₄/ año

d. Viabilidad Organizacional:

La viabilidad organizacional de esta opción requiere de una capacitación la cual debe ir dirigida a los empleados de la empresa relacionado con las tecnologías de alto agotamiento para la operación de Curtido al cromo la cual se puede realizar en un día en donde se explica a los empleados que beneficios económicos y ambientales que le traería a la empresa la introducción de estas tecnologías y así como también de los beneficios que estos tendrían en cuanto una mejora en su ambiente laboral.

e. Indicador Ambiental

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de sulfato de cromo que se reduciría al aplicar las tecnologías de alto agotamiento en la operación de Curtido al cromo.

En base a un mes de Consumo de Sulfato de Cromo:

Indicador Ambiental Actual: 0.56 kg (Cr (OH) SO₄) / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 0.44kg (Cr (OH) SO₄) / Pie² de Cuero acabado

5.4.8 Resumen de Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa A.

En el Cuadro 5.45 Se Presenta un cuadro resumen de las opciones de producción más limpia generadas las cuales fueron descritas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y organizacional en total se realizo el estudio de viabilidad y factibilidad a 8 opciones las cuales se presentan en dicho cuadro con sus beneficios económicos y ambientales potenciales que la empresa obtendría si estas fueran implementadas dentro de su proceso productivo, además algunas presentan inversiones que se tienen que realizar para su implementación, y que a partir de los ahorros potenciales calculados cual debería de ser el periodo de retorno de las mismas.

Cuadro 5.45: Resumen de las Opciones de Producción de Producción Mas Limpia Generada a partir de la Investigación de Campo Realizada a la Empresa B.

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental anual | Inversión (\$) | Periodo de Retorno (meses) | Indicador Ambiental de Desempeño Actual | Indicador Ambiental de Desempeño con P+L |
|---|------------------------------|---|----------------|----------------------------|--|--|
| Recuperación y reutilización de la sal (NaCl) en la operación de recepción de materia prima | 979.71 | 4898.52 kg de sal no descargadas | \$ 80.30 | 2 meses | 0.1 sal / Pie ² de cuero acabado | 0.045 kg de sal / Pie ² de cuero acabado |
| Reutilización de los Baños de Pelambre. | 584.82 | 693.84 kg de Na ₂ S que no serán descargados en los vertidos líquidos por año. | \$88.00 | 2 meses | 5.91 gramos de H ₂ S/pie ² de cuero acabado y 13.60 gramos de Na ₂ S/pie ² de cuero acabado. | 4.83 gramos de H ₂ S/pie ² de cuero acabado y 5.89 gramos de Na ₂ S/pie ² de cuero acabado |
| Reducción del uso de sulfato de amonio en la operación de descalcado | 326.52 | 210.24 kg NH ₃ que no serán emitidos a la atmósfera | _____ | _____ | 4.67 gramos NH ₃ / pie ² de cuero acabado y 18.14 gramos Sulfato de Amonio / pie ² de cuero acabado. | 2.33 gramos NH ₃ / pie ² de cuero acabado y 9.07 gramos Sulfato de Amonio / pie ² de cuero acabado. |

Pasa a la siguiente pagina

Cuadro 5.45: Resumen de las Opciones de Producción de Producción Mas Limpia Generada a partir de la Investigación de Campo Realizada a la Empresa B.

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental anual | Inversión (\$) | Periodo de Retorno (meses) | Indicador Ambiental de Desempeño Actual | Indicador Ambiental de Desempeño con P+L |
|---|------------------------------|--|----------------|----------------------------|--|--|
| Recuperación y Reutilización de las aguas con cromo en la operación de escurrido. | 458.44 | de 428.45kg de sulfato de cromo que no serán descargados | 137.5 | 4 meses | 0.076 gal de agua de desecho/pie ² de cuero acabado | 0.019 gal de agua de desecho/pie ² de cuero acabado |
| Ahorro de agua en el proceso mediante un control de pérdidas por derrames y puntos de fuga. | 135.562 | 117.848 m ³ de agua que no serán desperdiciados | 115.94 | 11 meses | 1.39 litros/ pie ² de cuero terminado | _____ |
| Mejor eficiencia en el sistema de calentamiento. | 4 644.48 | 9547.43 kW no desperdiciados | 143 | 12 días | 7.67056 kW-h/ Pie ² de Cuero acabado | 0.046944 kW-h / Pie ² de Cuero acabado |
| Reciclaje de licor de Cromo generado en la operación de Curtido. | 865.26 | 850.8 kg de sulfato de Cromo no descargados al vertido liquido | 170.50 | 3 meses | 0.56 kg de sulfato de cromo/pie ² de cuero acabado | 0.33kg de sulfato de cromo/pie ² de cuero acabado |
| Aplicación de Tecnologías de Alto Agotamiento en la operación de curtido al cromo | 1328.77 | 1305.56 kg de sulfato de Cromo no descargados al vertido liquido | | | 0.56 kg de sulfato de cromo/pie ² de cuero acabado | 0.44 kg de sulfato de cromo/pie ² de cuero acabado |

5.4.9 Observaciones de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa “B”.

Al momento de realizar las visitas técnicas para llevar a cabo la evaluación en planta de la empresa B, se pudo observar que:

- a) Los empleados que están a cargo de realizar el proceso de producción de cueros, no utilizan ninguna implementación que los proteja del contacto directo con los químicos que son utilizados y de los vertidos que se producen en el procesamiento de pieles.

- b) Al realizar las visitas técnicas a la Empresa B, se observo que los efluentes líquidos generados en cada operación del proceso presentaban coloración, lo que generalmente nos indicaba la presencia de químicos que no han reaccionado en dichos efluentes; un ejemplo de esto es el agua de desecho de la operación de curtido la cual presenta una coloración verde oscura que indica presencia de cromo en el agua.

- c) La empresa B posee una pila de tratamiento de aguas residuales donde son enviadas por medio de canales todas las aguas de desecho que son producidas en las operaciones de producción de cuero, pero se observó en las visitas técnicas realizadas a la empresa, que estas pilas no reciben ningún mantenimiento que permita asegurar que las pilas funcionan correctamente.

- d) La grasa, piel y otros desechos sólidos que son generados en la operación de descarnado son enterrados en un terreno baldío que pertenece a la empresa pero se encuentra fuera de la misma.

5.4.10 Conclusiones de las Opciones de Producción Más Limpia para la Empresa “B”.

1. Al realizar el análisis de la opción de Reutilización de los baños de Pelambre en la Empresa B, se concluye que dicha opción proporciona tanto beneficios económicos como ambientales, ya que al realizar el estudio de factibilidad y viabilidad de la opción se encuentra un ahorro de \$584.82 al año en costos por la reducción de químicos. En cuanto a los beneficios ambientales el estudio indica que 693.84 kg de

sulfato de Sodio (Na_2S) no serán descargados en los vertidos líquidos por año. Reduciendo de esta forma la contaminación del río que se encuentra en las cercanías de la empresa.

2. Cuando se realiza un análisis de la opción de Reutilización de agua de cromo en la operación de escurrido se encontró que proporcionaba beneficios económicos y ambientales. El beneficio económico que presenta la opción de reutilización de agua de cromo en la operación de escurrido, es el ahorro por costo de químicos al año con un valor de \$458.44, lo que le permitirá al empresario la recuperación en 4 meses de la inversión que realizaría si pusiera en práctica la opción de producción más limpia. El beneficio ambiental de esta opción es la reducción de consumo de sulfato de cromo en la operación de curtición, siendo esta reducción de 428.45kg/año, los cuales no serían descargados a los vertidos líquidos en un año de trabajo. También se conoce que cada pie^2 de cuero acabado produce cierta cantidad de agua de desecho en todo el proceso de producción, con la implementación de la opción de producción más limpia la cantidad de agua de desecho se reducirá a un valor de 0.0741 galones de agua de desecho/ pie^2 de cuero acabado.
3. Con la implementación de la opción de Reducción del Sulfato de Amonio en la Operación de Desencalado, se obtienen los beneficios económicos y ambientales potenciales de:
 - a) Beneficio económico: \$326.52 al año en costo de sulfato de amonio.
 - b) Beneficio ambiental: solo se producirán 2.33 gramos NH_3 / pie^2 de cuero acabado y 9.07 gramos Sulfato de Amonio / pie^2 de cuero acabado
Lo que nos indica una reducción del 49.9% de emisiones de amoniaco (NH_3) por pie^2 de cuero producido, y una reducción del 50% en las descargas de sulfato de amonio ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$) a los vertidos líquidos.
4. Al realizar el análisis de implementación de la opción de P+L de Reciclaje Directo de Cromo, se puede concluir que dicha opción es una de las mas beneficiosas económica como ambientalmente, ya que esta opción presenta un beneficio económico potencial de ahorros al año de \$1175 debido a la reducción en la utilización de sulfato de cromo. Esta misma reducción permite una reducción en

descargas al ambiente del 43.4% de sulfato de cromo por pie² de cuero acabado al año. La opción de reciclaje de licor de cromo directo también permitirá recuperar la inversión que se realizaría si se aplicase la opción, en un periodo de dos meses. Un cuidado especial que se debe tener con la implementación de esta opción, es la seguridad del operario que estará a cargo de realizar el reciclaje ya que este licor de cromo contiene altas concentraciones de sulfato de cromo el cual es dañino para la salud, por lo que en la opción se hacen recomendaciones del manejo de esta agua.

5. El estudio de la alternativa de mejorar la eficiencia del sistema de calentamiento de agua, proceso que es utilizado en la etapa de teñido, dejó ver la importancia que tiene un adecuado aislamiento, de manera que pueda acumularse el calor y este se transfiera en su mayor parte al agua que es la sustancia de trabajo, al realizar el estudio de producción más limpia en el calentador se observó la considerable reducción de los índices ambientales del calentador así como la alternativa es de una baja inversión al igual que su periodo de retorno siendo esta una alternativa de importancia. Como otro elemento dentro de la opción fue mejorar la distribución de calor modificando las posiciones de las resistencias, debido que este problema alarga el tiempo de operación del calentador y por consiguiente genera pérdidas en kilowatt y por consiguiente económicos, el estudio dejó entre ver que el fenómeno de convección no se llevaba a cabo de manera eficiente, este fenómeno resultó ser de gran importancia para la reducción del tiempo de estabilización del calentador siendo en su actualidad de una hora y treinta minutos, y aplicando la opción de producción más limpia se puede llegar a reducir a 45 minutos, la mitad del tiempo actual.

6. Un adecuado sistema de abastecimiento de agua la cual alimente los batanes, es de gran importancia ambiental y de seguridad industrial, la posición de las tuberías como se encuentran en la empresa B, generan una cantidad de pérdidas de agua considerable; el beneficio de seguridad industrial es debido que la zona de trabajo no estará con mojada y resbaladiza sino además que el sistema de abastecimiento de agua estará fuera de la pasada de ellos a una altura que no represente un problema. Las pérdidas de agua resultaron ser 1.39 litros por cada pie² de cuero terminado, el beneficio ambiental 117.848 m³ de agua que no serán desperdiciado anual, valorado esto en \$ 135 , dejando entrever la importancia de

establecer una adecuada gestión del agua, considerando también que las tenerías ocupan una gran cantidad de este recurso, el cual posee un valor económico que resulta ser significativo.

7. Al recuperar la sal se tiene el beneficio de esta ya no contribuye a la contaminación de los efluentes líquidos los cuales recaen en costos económicos de tratamientos, la sal la cual puede ser recuperada en su estado sólido en la etapa de recepción de las pieles por medio de un sacudido o golpeo, esta sal recuperada puede ser utilizada en otras partes del proceso como el piquelado reduciendo con esto en el uso de químico y la descarga de los mismos.
8. Los beneficios ambientales resultaron ser de 4898.52 kg de sal no descargadas anualmente traducándose en \$ 979.71 de ahorro al año , realizándose una opción con dos meses de recuperación de la inversión, a la vez que el nivel de tecnología resulto ser baja, debido que el proceso es completamente manual siendo esta opción de producción mas limpia ideal para las pequeñas y medianas empresas.
9. La análisis de la opción de alto agotamiento en la operación de curtido para la empresa B, indica que con dicha opción el empresario tendrá un beneficio económico de 1328.77\$/año y un beneficio ambiental de 328.77 kg Cr(OH)SO₄/ año que no serán descargados a los vertidos líquidos.

5.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMPRESAS A Y B.

5.5.1 Comparación de los procesos de producción de pieles entre Empresas A y B.

Para realizar la comparación entre las empresas estudiadas se tomará como base una piel procesada por cada empresa. Los parámetros de comparación o indicadores ambientales de desempeño (Benchmarks) a utilizar son: consumo de agua, vertidos líquidos generados, desechos sólidos, emisiones gaseosas y los químicos totales utilizados para el procesamiento de pieles.

Cuadro 5.46 : Materia Prima y Desechos de cada una de las Empresas en un mes de Trabajo

| | Agua utilizada (kg) | Agua de desecho (kg) | Químicos utilizados (kg) | Desechos sólidos (kg) | Emisiones gaseosas (kg) |
|-----------|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Empresa A | 8,440 | 7,620 | 971.1 | 4304.76 | 473.178 |
| Empresa B | 11,563.85 | 10,973.75 | 1550.19 | 4456.47 | 105.72 |

Se conoce que la empresa A procesa aproximadamente 450 pieles por mes, mientras que la empresa B procesa 300 pieles por mes, por lo que el valor de cada uno de los parámetros es:

Cuadro 5.47 : Materia Prima y Desechos por cada Piel procesada en la Empresa A y B

| | Agua utilizada (kg/piel procesada) | Agua de desecho (kg/piel procesada) | Químicos utilizados (kg de químico /por piel procesada) | Desechos sólidos (kg /piel procesada) | Emisiones gaseosas (kg/piel procesada.) |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Empresa A | 18.75 | 16.93 | 2.16 | 9.56 | 1.05 |
| Empresa B | 38.54 | 36.57 | 5.16 | 14.85 | 0.35 |

Debido a los resultados obtenidos en el cuadro 5.46 y 5.47 Se puede concluir que la empresa B necesita realizar ajustes en cada una de las etapas del proceso debido a que la eficiencia de la utilización de materia prima es mucho menor para una menor cantidad de pieles respecto de la Empresa A, la cual utiliza menor cantidad de materia prima (agua y químicos) para una mayor cantidad de pieles procesadas.

Ahora bien, respecto a las emisiones gaseosas, se observa que la empresa A produce una mayor cantidad de emisiones gaseosas que la empresa B, esto debido a que utiliza la quema de carbón para el calentamiento de agua en la operación de engrase y teñido, donde la empresa B en esta operación utiliza calentamiento por medio de electricidad,

evitando de esta manera la contaminación gaseosa por las emisiones generadas por la quema de carbón las cuales son las que mas contribuyen con las emisiones gaseosas en la empresa A.

Por otra parte es importante realizar una comparación para el uso de sal entre las empresas en estudio, ya que tenemos que comparando las cantidades de cloruro de sodio utilizadas por las dos empresas se tiene, que la empresa A utiliza 408 kg de cloruro de sodio (NaCl) una relación de 2.72 kg sal por piel, mientras que la empresa B, hace uso de 340.17 kg de cloruro de sodio mensual con una relación de 1.13 kg sal por piel, por lo que la empresa A utiliza 1.5861 kg de cloruro de sodio (NaCl) / piel mas que la empresa B, esto es, un poco más que el doble del uso de cloruro de sodio (NaCl) por piel, esto puede deberse a que la empresa A utiliza piel de cerdo la cual posee una mayor cantidad de grasa por lo que es más propensa a el ataque bacteriano y además procesa 150 más respecto a la empresa B al mes, la cual utiliza principalmente piel de res en su proceso.

Para la empresa A se tiene los flujos totales en la figura 5.17 en donde el flujo más representativo es la cantidad de agua utilizada la cual tiene un valor de 8429.986 kg comparando esta cantidad con las aguas de desecho se tiene que estas aguas tienen un flujo mensual de 619.071 kg siendo la diferencia de ellos la cantidad de agua absorbida por las pieles durante un mes teniendo entonces el valor de 810.915 kg, de agua absorbida. Resultando que la cantidad total de agua absorbida es el 9.62% respecto al flujo total de agua a la entrada. También es necesario comparar la cantidad de agua a la entrada respecto a la cantidad de químicos utilizados. Esto la empresa A utiliza 8429.986 kg de agua a la entrada para solubilizar y/o hacer reaccionar 971.1 kg de químicos mensualmente, por lo que se necesitan en general 8.7 kg de agua para solubilizar un kilogramo de químicos existiendo una relación de 8.6:1, como además aproximadamente la cantidad de agua desecho vertida en relación con cantidad de químicos utilizados es de 7.8:1 lo que significa que por cada kilogramo de químico utilizado se descargan 7.8 kg de agua de desecho. Así también se tiene que por cada 2 kg de agua utilizada se descarta un kilogramo de desecho sólido. Y la relación que se tiene de los desechos sólidos generados respecto a las aguas desecho es de 1:1.7 es decir que por cada kilogramo de desecho sólido generado se descarta 1.7 kg de aguas de desecho. La relación de químicos utilizados respecto a las emisiones gaseosas

generadas es de 2:1 es decir que por cada 2 kg de químicos utilizados se emite un kilogramo emisiones gaseosas.

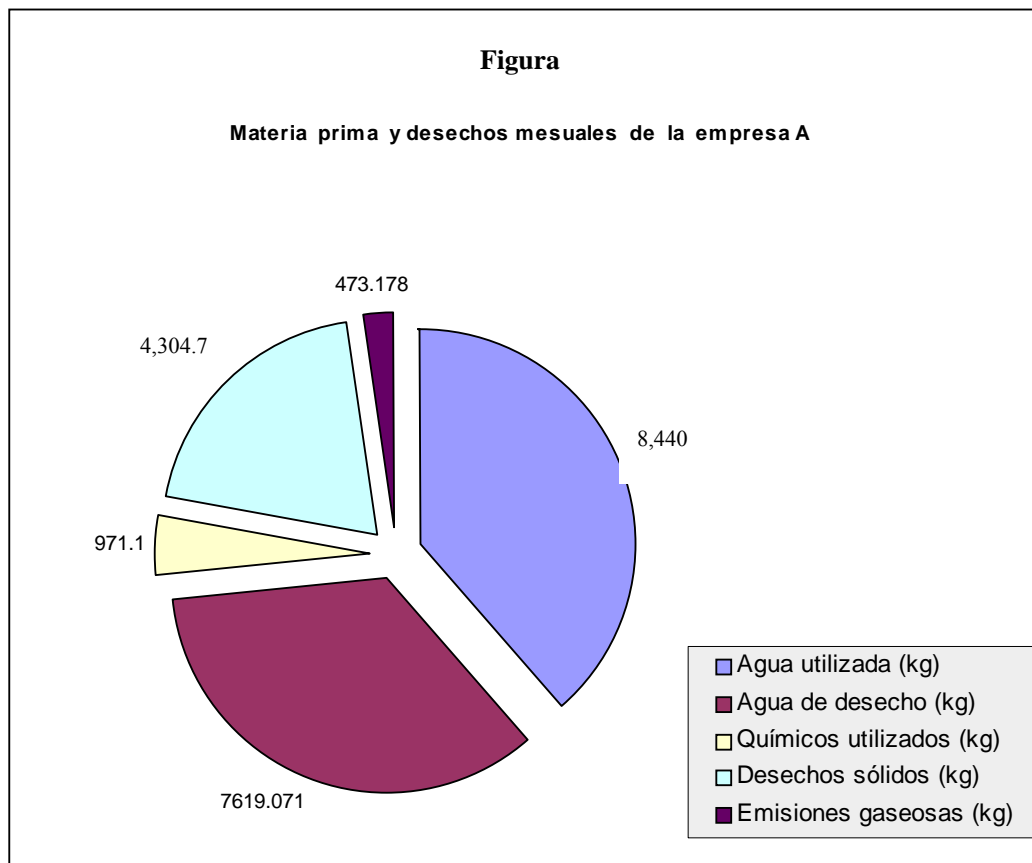


Figura 5.18: Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida de la Empresa A.

Para la empresa B se tiene los flujos totales en la figura 5.18 en donde el flujo más representativo es el la cantidad de agua utilizada la cual tiene un valor de 11549.987 kg comparando esta cantidad con las aguas de desecho se tiene que estas aguas tienen un flujo mensual de 10960.556 kg siendo la diferencia de ellos la cantidad de agua absorbida por las pieles durante un mes teniendo entonces el valor de 589.431 kg, de agua absorbida. Resultando que la cantidad total de agua absorbida es el 5.1% respecto al flujo total de agua a la entrada. También es necesario comparar la cantidad de agua a la entrada respecto a la cantidad de químicos utilizados. Esto la empresa B utiliza 11549.987 kg de agua a la entrada para solubilizar y/o hacer reaccionar 1550.19 kg de químicos mensualmente, por lo que se necesitan en general 7.4 kg de agua para

solubilizar un kilogramo de químicos existiendo una relación de 7.4:1, como además aproximadamente la cantidad de agua desecho vertida en relación con cantidad de químicos utilizados es de 7.1:1 lo que significa que por cada kilogramo de químico utilizado se descargan 7.1 kg de agua de desecho. Así también se tiene que por 2.6 kg de agua utilizada se descarta un kilogramo de desecho sólido. Y la relación que se tiene de los desechos sólidos generados respecto a las aguas desecho es de 4:10 es decir que por 4 kg de desecho sólido generado se descarta 10 kg de aguas de desecho. La relación de químicos utilizados respecto a las emisiones gaseosas generadas es de 15:1 es decir que por cada 15 kg de químicos utilizados se emite un kilogramo emisiones gaseosas.

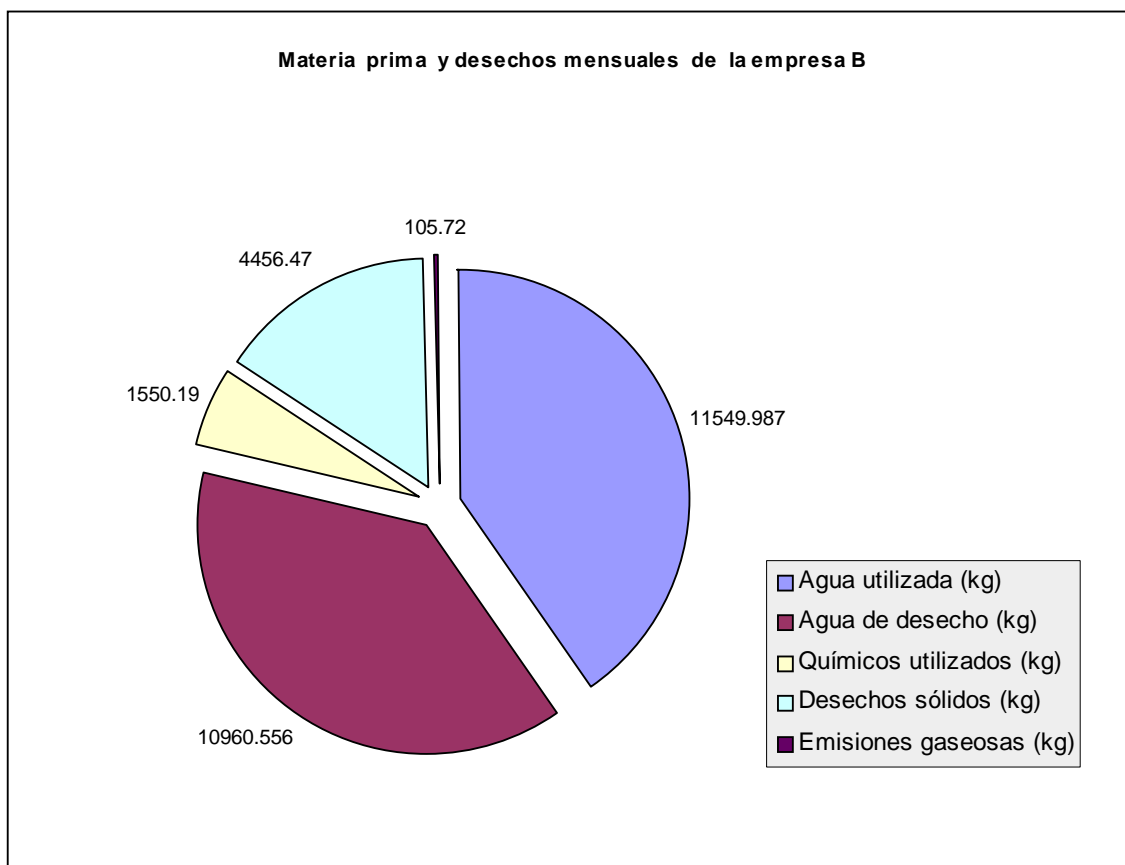


Figura 5.19: Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida de la Empresa B.

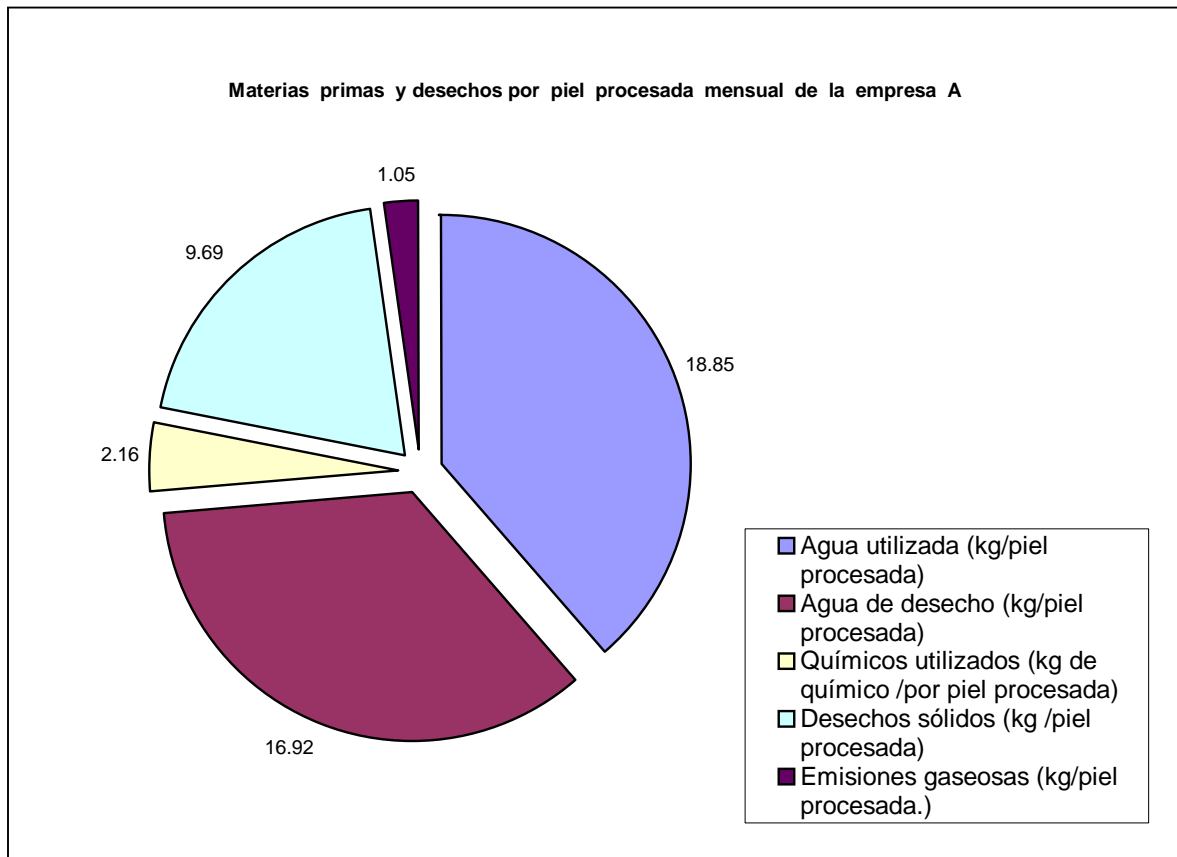


Figura 5.20: Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida por piel procesada mensualmente de la Empresa A.

Se puede ver a partir de los índices que indican la distribución de las corrientes de flujo de entradas y salidas que la empresa A (figura 5.19) en cuanto a agua utilizada, agua de desecho, desechos sólidos, la cantidad de todas corrientes por piel procesada son menores en comparación a la empresa B (figura 5.20) la cual generará más desechos de salida por piel procesada, a excepción de las emisiones gaseosas las cuales son bastante representativas en la empresa A resultando mayor que las emisiones de B, esto es debido a la diferencia en la técnica de calentamiento de agua, a pesar que la empresa A ocupa menos cantidad de químicos que generan emisiones gaseosas, el proceso de calentamiento es el principal generador de emisiones de la empresa A.

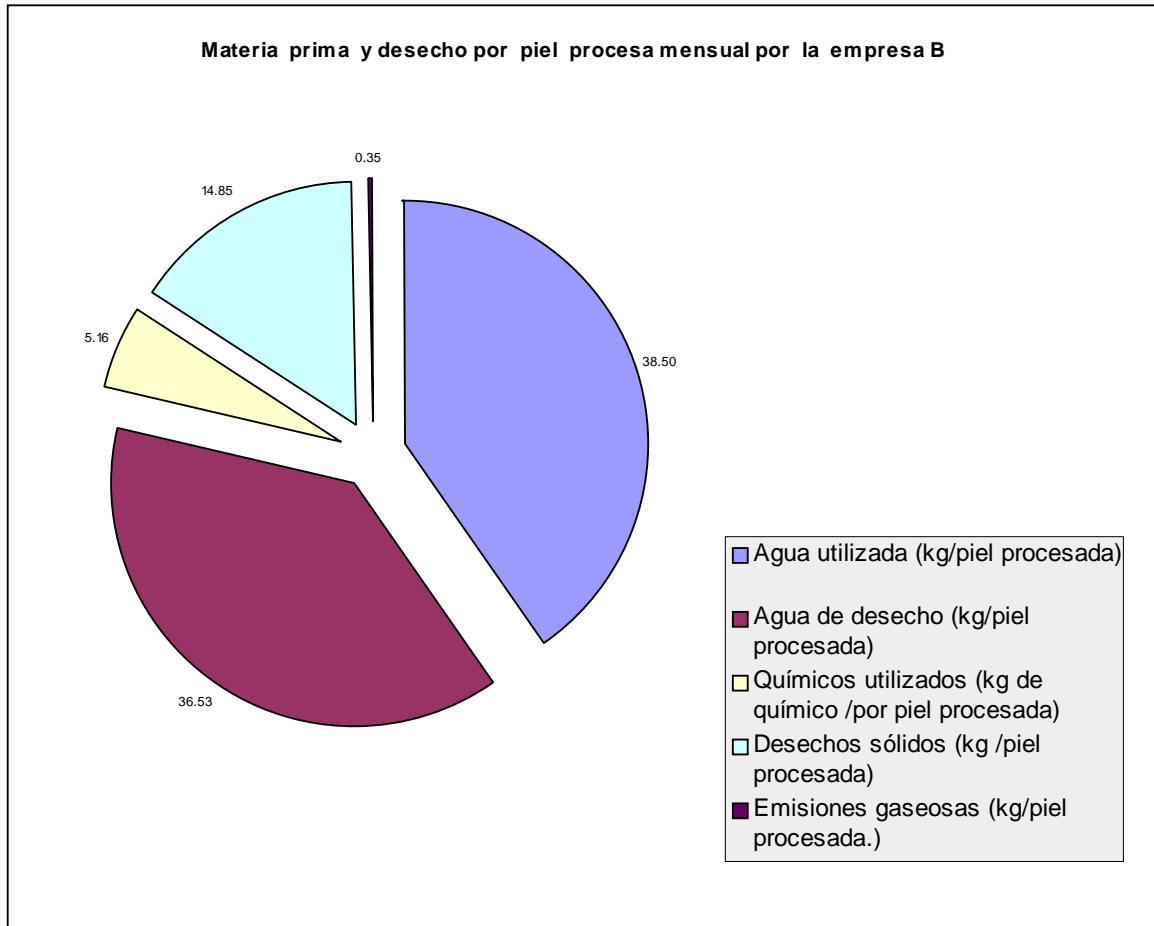


Figura 5.21: Distribución de corrientes de flujo de entrada y salida por piel procesada mensualmente de la Empresa B.

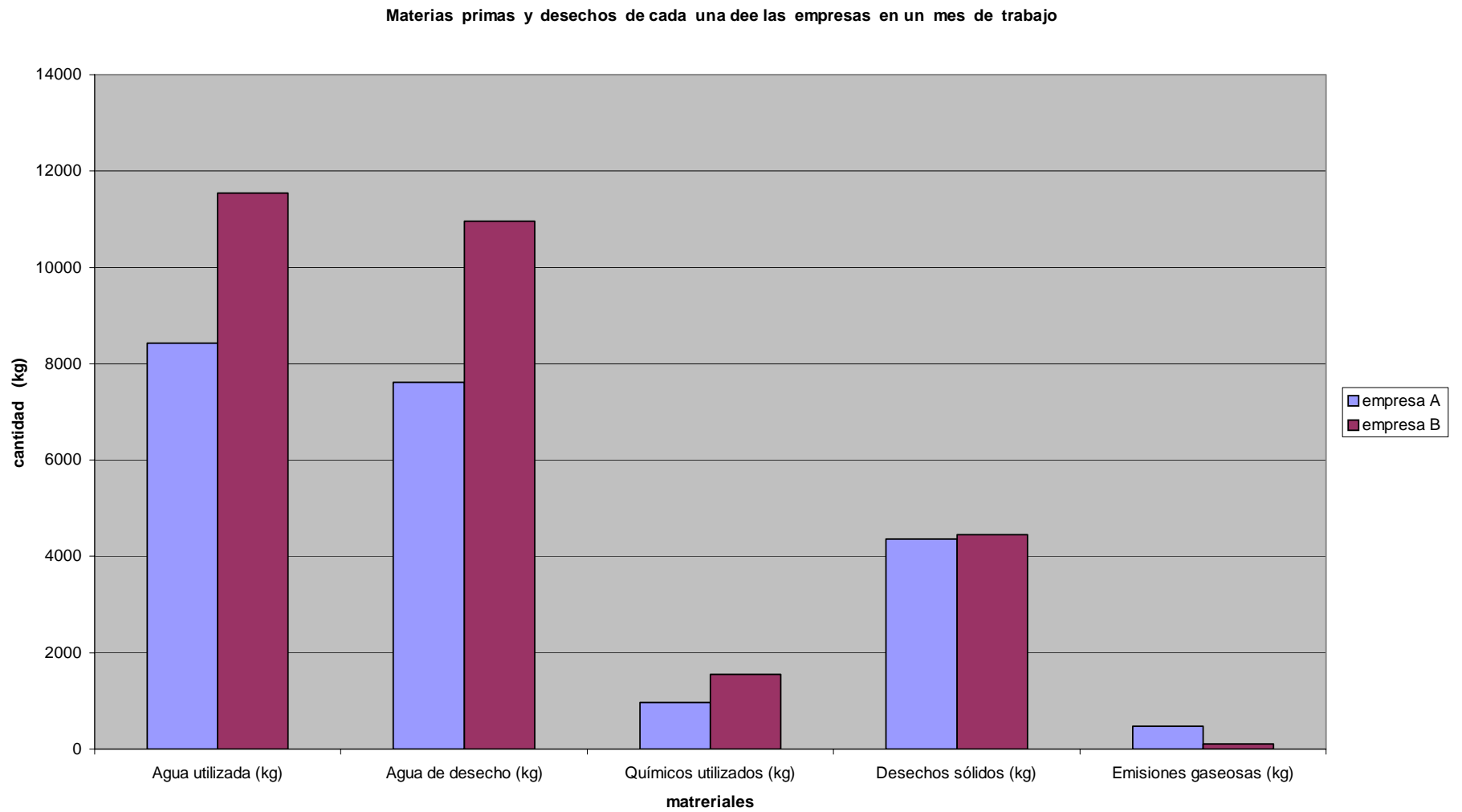


Figura 5.22: Comparación de las corrientes de Flujo de Entrada y Salida de las Empresas A y B

Realizando una comparación de las empresas en la distribución de los flujos de entradas y salidas (ver figura 5.21) se puede observar una que la empresa B presenta valores mas elevado en la mayoría de los flujos de entrada y salida , en cuanto al agua utilizada, agua de desecho, químicos utilizados, desechos sólidos, a excepción de las emisiones gaseosas la cual es mayor en la empresa A, esto ultimo es debido al sistema de calentamiento de agua que tiene la empresa A en donde utiliza la combustión del carbón vegetal, y la empresa B utiliza un sistema de calentamiento en base a resistencias eléctricas, en cuanto a las de mas corrientes de entrada y salida del proceso la empresa B consume más, esto puede deberse a un mala formulación de los químicos empleados, en donde se utilizan cantidades de agua excesiva en algunas etapas en donde se realizan de dos a tres lavados según el caso, y debido que tienen una formulación basada en cantidad de agua al aumentar la cantidad de agua debe aumentar la cantidad de químico para mantener las concentraciones de los batanes. Para la empresa B, en cuanto a la cantidad de químicos empleados se tiene ue tomar en cuenta químicos como el cloruro de sodio y el hidróxido de calcio los cuales resultan abundantes en su uso. En cuanto a la cantidad de desecho sólido generados esto resulta porque, a pesar de que la piel de cerdo posee más cantidad de sebo pero la piel de la res es mucho mas extensa esto justifica la cantidad de desecho sólidos generados, como también el número de veces que se realiza el desorillado dependiendo el caso, la piel puede resultar dañada cuando sale del proceso de descarnado realizada por una máquina que devasta la piel eliminando la carne y el sebo, este daño que se realiza obliga a realizar mas desorille de lo normal, este daño hecho por la piel puede ser generado por la mala calibración de la máquina o algún desperfecto de esta. Otra operación que genera desechos sólidos es la operación de rebajado donde se genera la viruta, esto al igual de desorillado depende bastante de la calibración de la máquina como además del grosor de la piel, todo estos factores son los que generan desechos sólidos.

En cuanto a la cantidad de agua de proceso esta puede ser generada por el mal sistema de suministro de agua que posee la empresa B, como además los lavados que se realizan en la etapa de ribera.

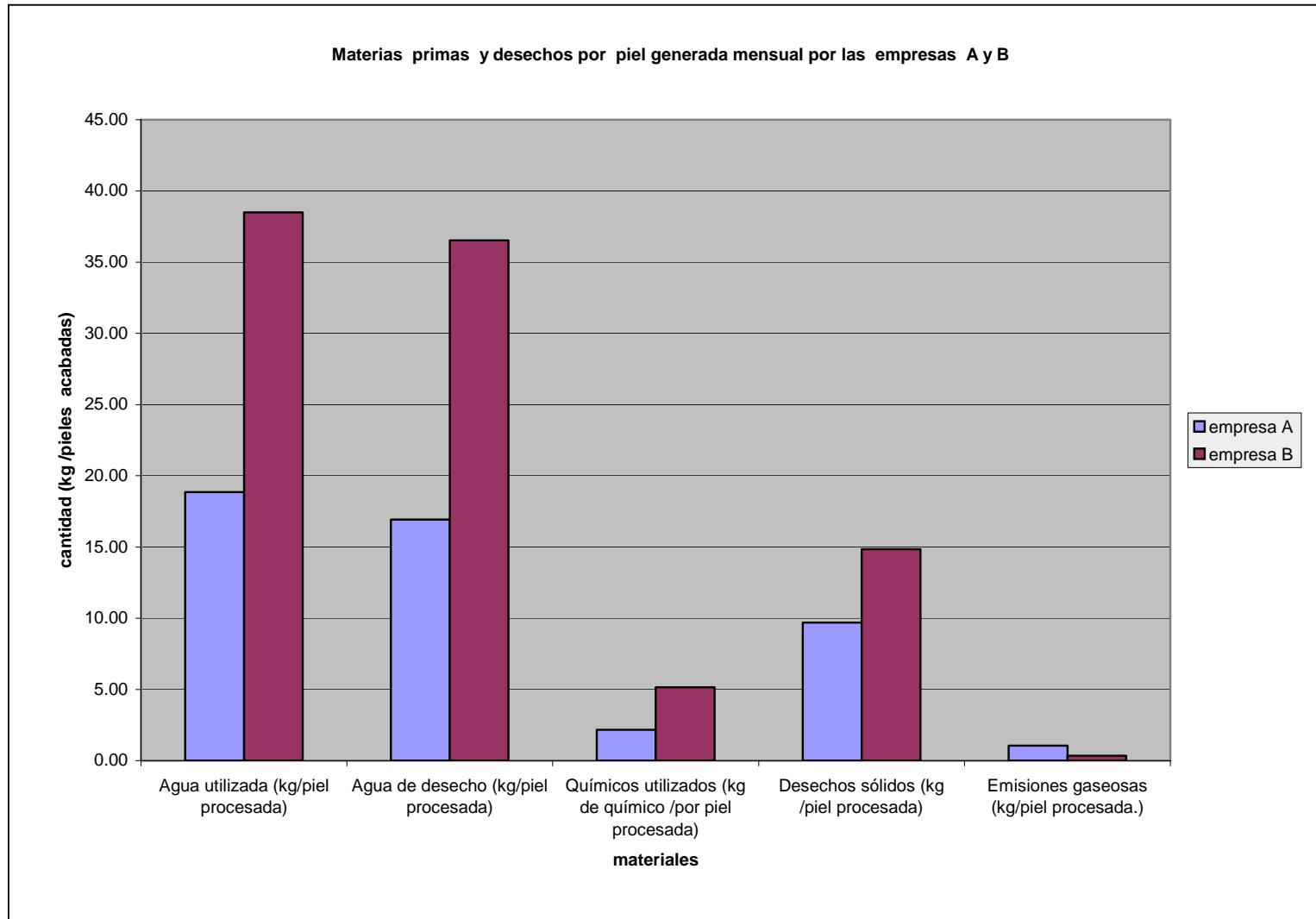


Figura 5.23: Comparación de Indices de Flujos de Entrada y Salida para las Empresas A y B.

Comparando la distribución de materias primas y desechos por piel generada mensual de ambas empresas (Figura 5.22). Se tiene que para el agua utilizada, en general la empresa B supera a la empresa A en el consumo de agua, pero al ver cada operación o etapa se puede ver que la empresa A utiliza menos cantidad de agua en la operación de remojo, pero utiliza mas agua en la operación de pelambre. Y en la etapa de curtición la empresa B utiliza mas agua que la empresa A.

Debido a que prácticamente el agua que se utiliza es la sale, eso sin tomar en cuenta la cantidad de agua absorbida y las perdidas por ineficiencias del proceso. Esto justifica que la cantidad de agua de desecho tenga la misma tendencia y parecida magnitud. En cuanto a los químicos es debido a la gran cantidad de cloruro de sodio utilizada en diferentes etapas de proceso, la empresa B consume más químicos que la empresa A, al igual que hay que tomar en cuenta que la empresa B tiene la etapa de acabado con más operaciones que incluyen químicos como pigmentos, solventes, brillo.

5.5.2 Análisis comparativo entre las opciones de Producción Más Limpia de Reciclaje de Licor de Cromo y Tecnologías de Alto Agotamiento para la Operación de Curtido al Cromo.

Dicho análisis consistió en la comparación entre las opciones de Reciclaje de licor de cromo y tecnologías de alto agotamiento para ambas empresas, a partir de los beneficios económicos y ambientales que se obtendrían al ser estas implementadas o introducidas dentro de su proceso productivo.

Otro de los parámetros de comparación que se tomo en cuenta para ambas empresas fue la concentración de Cromo trivalente incorporada en el vertido liquido (Cr^{+3})

Análisis de comparación para la Empresa A:

Calculando la Concentración de Cr^{+3} presente en el vertido liquido:

Opción: Reciclaje de Licor de Cromo:

Volumen de Vertido Liquido generado en la operación de curtido al Cromo(según balance de materia realizado para la empresa A):

Volumen de Vertido Liquido: 1777.26 litros por mes (469. 5 gal por mes)

Consumo de Sal de Cromo Comercial: 70 kg de sal de cromo comercial por mes

Base 1 mes:

Calculando la cantidad de químico que se va en el vertido liquido:

Asumiendo de acuerdo a estudio realizado por (CPTS,2003) que el 85 % de los químicos se incorporan al vertido tenemos:

$70 * 0.85 = 59.5$ kg de sal de cromo

Pasando a gramos tenemos: 59,500 gramos de sulfato de cromo

Calculando la concentración:

Concentración de Sulfato de Cromo=Masa en gramos/ Litros de vertido

Concentración de Sulfato de Cromo= $59,500 \text{ gr} / 1777.26 \text{ lts de vertido} = 33.47 \text{ gramos / lts}$

Concentración de Sulfato de Cromo= 33.47 gr/lts

Pasando a concentración de Cr^{+3} utilizando factor de conversión de sales de cromo a Cromo trivalente: dividir entre 3.17(CEPIS,1996).

Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 33.47 \text{ gr/lts} / 3.17 = 10.5 \text{ gr/lts}$

Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 10.5 \text{ gr/lts}$

Opción: Tecnologías de Alto Agotamiento:

Volumen de Vertido Liquido generado en la operación de curtido al Cromo(según balance de materia realizado para la empresa A):

Volumen de Vertido Liquido: 1777.26 litros por mes (469.5 gal por mes)

Consumo de Sal de Cromo Comercial: 120 kg de sal de cromo comercial por mes

Base 1 mes:

Calculando la cantidad de químico que se va en el vertido liquido:

De acuerdo a estudio realizado por (SERRANO,1998) que el 21 % de los químicos se incorporan al vertido tenemos:

$120 * 0.21 = 25.2$ kg de sal de cromo

Pasando a gramos tenemos: 25,200 gramos de sulfato de cromo

Calculando la concentración:

Concentración de Sulfato de Cromo=Masa en gramos/ Litros de vertido

Concentración de Sulfato de Cromo= $25,200 \text{ gr} / 1777.26 \text{ lts de vertido} = 14.17 \text{ gramos / lts}$

Concentración de Sulfato de Cromo= 14.17 gr/lts

Pasando a concentración de Cr^{+3} utilizando factor de conversión de sales de cromo a Cromo trivalente: dividir entre 3.17 (CEPIS,1996).

Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 14.17 \text{ gr/lts} / 3.17 = 4.47 \text{ gr/lts}$
Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 4.47 \text{ gr/lts}$

En el cuadro 5.48 se muestra un resumen de los parámetros de comparación obtenidos a partir del estudio realizado en la empresa A para las opciones de Agotamiento y Reciclaje de licor de cromo:

Cuadro 5.48: Parámetros de Comparación de la Empresa A para las opciones de Reciclaje y Agotamiento.

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental(kg de sulfato de cromo /año) | Indicador Ambiental Actual | Indicador Ambiental con P+L | Concentración de Cr^{+3} en el vertido líquido |
|--------------------|------------------------------|--|---|---|---|
| <i>Agotamiento</i> | 937 | 921 kg | 0.26 kg sulfato de cromo/pie ² cuero | 0.21 kg sulfato de cromo absorbidos /pie ² cuero | 4.47 gr/litro |
| Reciclaje | 610 | 600 kg | 0.26 kg sulfato de cromo/pie ² cuero | 0.04 kg sulfato de cromo absorbidos /pie ² cuero | 10.56 gr/litro |

Como se puede observar en el cuadro 5.48 la opción de P+L de Agotamiento presenta mejores tanto desde el punto de vista Económico como Ambiental ya que al ser implementada la opción de Agotamiento se obtiene un beneficio económico potencial de 327 \$ /año más con respecto a la de Reciclaje de Licor de Cromo, en cuanto al punto ambiental podemos decir que la primera opción presenta una menor concentración de Cr^{+3} en el vertido líquido que la segunda opción, además de que la opción de Agotamiento posee una mayor eficiencia en cuanto absorción de químicos se refiere ya que esta logra una eficiencia de aproximadamente 0.21 kg de sal de cromo absorbida por pie² de cuero acabado, mientras que la opción de Reciclaje posee una eficiencia de solamente 0.04 kg de

sal de cromo absorbido por pie² de cuero acabado, lo que incide grandemente en la concentración del vertido liquido a la salida.

Análisis de comparación para la Empresa B:

Calculando la Concentración de Cr⁺³ presente en el vertido liquido:

Opción: Reciclaje de Licor de Cromo:

Volumen de Vertido Liquido generado en la operación de curtido al Cromo (según balance de materia realizado para la empresa A):

Volumen de Vertido Liquido: 1628.37 litros por mes (430. 17 gal por mes)

Consumo de Sal de Cromo Comercial: 99.26 kg de sal de cromo comercial por mes

Base 1 mes:

Calculando la cantidad de químico que se va en el vertido liquido:

Asumiendo de acuerdo a estudio realizado por (CPTS,2003) que el 85 % de los químicos se incorporan al vertido tenemos:

$99.26 * 0.85 = 84.37$ kg de sal de cromo

Pasando a gramos tenemos: 84,370 gramos de sulfato de cromo

Calculando la concentración:

Concentración de Sulfato de Cromo=Masa en gramos/ Litros de vertido

Concentración de Sulfato de Cromo= $84,370 \text{ gr} / 1628.3 \text{ lts de vertido} = 51.8 \text{ gramos / lts}$

Concentración de Sulfato de Cromo= 51.8 gr/lts

Pasando a concentración de Cr⁺³ utilizando factor de conversión de sales de cromo a Cromo trivalente: dividir entre 3.17(CEPIS,1996).

$$\text{Concentración de Cr}^{+3} = 51.8 \text{ gr/lts} / 3.17 = 16.3 \text{ gr/lts}$$

$$\text{Concentración de Cr}^{+3} = 16.3 \text{ gr/lts}$$

Opción: Tecnologías de Alto Agotamiento:

Volumen de Vertido Liquido generado en la operación de curtido al Cromo (según balance de materia realizado para la empresa B):

Volumen de Vertido Liquido: 1628.37 litros por mes (430. 17 gal por mes)

Consumo de Sal de Cromo Comercial: 170.16 kg de sal de cromo comercial por mes

Base 1 mes:

Calculando la cantidad de químico que se va en el vertido líquido:

De acuerdo a estudio realizado por (SERRANO,1998) que el 21 % de los químicos se incorporan al vertido tenemos:

$$170.16 \cdot 0.21 = 35.73 \text{ kg de sal de cromo}$$

Pasando a gramos tenemos: 35,730 gramos de sulfato de cromo

Calculando la concentración:

Concentración de Sulfato de Cromo=Masa en gramos/ Litros de vertido

$$\text{Concentración de Sulfato de Cromo} = 35,730 \text{ gr} / 1628.3 \text{ lts de vertido} = 21.94 \text{ gramos / lts}$$

$$\text{Concentración de Sulfato de Cromo} = 21.94 \text{ gr/lts}$$

Pasando a concentración de Cr^{+3} utilizando factor de conversión de sales de cromo a Cromo trivalente: dividir entre 3.17 (CEPIS,1996).

Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 21.94 \text{ gr/lts} / 3.17 = 6.92 \text{ gr/lts}$
Concentración de $\text{Cr}^{+3} = 6.92 \text{ gr/lts}$

En el cuadro 5.49 se muestra un resumen de los parámetros de comparación obtenidos a partir del estudio realizado en la empresa B para las opciones de Agotamiento y Reciclaje de licor de cromo:

Cuadro 5.49: Parámetros de Comparación de la Empresa B para las opciones de Reciclaje y Agotamiento.

| Opción de P+L | Beneficio Económico (\$/año) | Beneficio Ambiental(kg de sulfato de cromo /año) | Indicador Ambiental Actual | Indicador Ambiental con P+L | Concentración de Cr^{+3} en el vertido líquido |
|---------------|------------------------------|--|---|---|---|
| Agotamiento | 1328.7 | 1305.5 kg | 0.56 kg sulfato de cromo/pie ² cuero | 0.44 kg sulfato de cromo absorbidos /pie ² cuero | 6.92 gr/litro |
| Reciclaje | 865.26 | 850.3 kg | 0.56 kg sulfato de cromo/pie ² cuero | 0.08 kg sulfato de cromo absorbidos /pie ² cuero | 16.34 gr/litro |

Como se puede observar en el cuadro 5.49 la opción de P+L de Agotamiento presenta mejores tanto desde el punto de vista Económico como Ambiental ya que al ser implementada la opción de Agotamiento se obtiene un beneficio económico potencial de 463.4 \$ /año más con respecto a la de Reciclaje de Licor de Cromo, en cuanto al punto ambiental podemos decir que la primera opción presenta una menor concentración de Cr^{+3} en el vertido liquido que la segunda opción, además de que la opción de Agotamiento posee una mayor eficiencia en cuanto absorción de químicos se refiere ya que esta logra una eficiencia de aproximadamente 0.44 kg de sal de cromo absorbida por pie^2 de cuero acabado, mientras que la opción de Reciclaje posee una eficiencia de solamente 0.08 kg de sal de cromo absorbido por pie^2 de cuero acabado, lo que incide grandemente en la concentración del vertido liquido a la salida.

OBSERVACIONES.

1. Al momento de realizar las visitas técnicas a ambas empresas pudo observarse que carecían de un sistema de seguridad higiénico para los empleados de la empresa, ya que ninguno de ellos incluyendo a los propietarios de las mismas utilizan protección para el manejo de químicos, de pieles frescas, en proceso de curtición y curtidas y el manejo de los desechos sólidos, líquidos y gaseoso producidos por el procesamiento de las pieles.
2. La industria de curtiembre es una de las más contaminantes debido al alto consumo de químicos que son utilizados para el procesamiento de las pieles, por lo que muchas de estas empresas no permite la entrada a sus instalaciones debido a que temen a ser sancionadas por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
3. Al momento de realizar la elección de las empresas que serian estudiadas, se observo que a algunas de estas a las que se les solicito colaboración fueron esépticas a dicho estudio pues no estaban de acuerdo con el mismo, siendo las Empresas A y B las únicas que nos abrieron las puertas para realizar la investigación.
4. Las operaciones de Remojo, Pelambre y desencalado representan aproximadamente el 60% del consumo de agua total utilizada en el procesamiento de cueros.
5. El tiempo para el procesamiento de pieles en general en las tenerías estudiadas oscila entre los 10 a 18 días desde la recepción de las pieles hasta el acabado de los cueros.

CONCLUSIONES.

1. La investigación realizada permitió establecer cierta relación entre las empresas estudiadas, lo que derivó en una apertura de las mismas, a las ideas de la Producción Más Limpia y a tener una relación más amigable con el ambiente, las empresas que fueron estudiadas en el presente trabajo están dispuestas a analizar las opciones de producción más limpias generadas en este documento para implementarlas en sus respectivas empresas y así mejorar su eficiencia tanto desde el punto de vista económico como ambiental.
2. La aplicación de Tecnologías de Producción Más Limpia en una empresa permite que dicha organización se encuentre cumpliendo con las normativas de medio ambiente para la protección de la fauna y flora, las empresas en estudio al aplicar una o más de las opciones recomendadas, podrán cumplir con los estándares de las normas salvadoreñas de aguas de desecho.
3. Según el estudio realizado en las empresas de referencia, en el proceso de curtición de pieles genera aproximadamente 16.93 litros de vertidos líquidos (dato estimado en base a un rango promedio que oscila entre las 100 y 150 pieles procesadas), los cuales llevan consigo una variedad de químicos y materia orgánica, por cada cuero procesado o terminado, generando un impacto negativo a los ecosistemas cercanos a las industrias de curtiembre.
4. La implementación de la opción de producción más limpia, Reutilización de los baños de pelambre y encalado le puede generar a las empresas en estudio (empresa A y Empresa B) beneficios económicos de aproximadamente 776.42 \$ anuales en concepto de ahorro de químicos y agua así también obtendrían beneficios ambientales de 812.84 kg/año de Na_2S no descargados en el vertido líquido y 75.01 kg/año de emisiones de H_2S no emitidas a la atmósfera.

5. La aplicación y implementación de las opciones de producción más limpia generadas en este estudio permitirá a las empresas A y B obtener beneficios económicos totales \$12,582.67 en función del ahorro de químicos, así como también en la reutilización de desechos sólidos, con una inversión total de \$9215.49, recuperando la inversión en 1.36 años.

RECOMENDACIONES.

Al finalizar el presente trabajo de graduación se realizan recomendaciones a las empresas en estudio:

1. Se recomienda aplicar Tecnologías de Producción Mas Limpia como parte de una mejora continúa para lograr en base a dicho concepto una mejor eficiencia en los procesos productivos optimizando los recursos como el agua, materias primas y minimizar los vertidos tanto líquidos, sólidos como los gaseosos.
2. Realizar pruebas a escala piloto de las opciones de producción más limpias generadas en las operaciones de Pelambre, Curtido al Cromo y Desencalado previo a su implementacion en planta.
3. Efectuar capacitaciones periódicas para los empleados sobre temas de Higiene y Seguridad Industrial, pero principalmente enfocados en el manejo y manipulación de los químicos utilizados en la industria de curtiembres.
4. Realizar investigaciones para sustituir el uso de sales de cromo en la operación de curtido por curtientes de origen vegetal u otros químicos que sean más amigables con el ambiente y menos dañinos a la salud humana.
5. Evaluar tecnologías que permitan darle una mejor disposición a la viruta generada en la operación de Rebajado de cueros, buscando darle un valor agregado a dicho desecho sólido por medio de la obtención de cuero regenerado. Actualmente en El Salvador existe una empresa llamada FIBRESA, que procesa la viruta para convertirlo en cuero regenerado el cual es utilizado para la elaboración de suelas de zapato.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. BACA URBINA, G. (2002) **“Formulación y Evaluación de Proyectos”** Cuarta Edición Editorial Mcgraw-Hill, Mexico D.F
2. CASTILLO MACHUCA N. Y RAMIREZ V. (1993) **“Uso de Enzimas Proteolíticas en el Depilado de Pieles y su Incidencia en la Reducción de la Contaminación Producida por Tenerías”**. Trabajo de Graduación, Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, El Salvador.
3. CNPML, (2003) **“Informe Medio Ambiental para la Aplicación del Calendario la Empresa Eficiente”**, Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, Periodo (Enero-Diciembre), El Salvador.
4. CPTS, (2003), **“Manual de Procedimientos para el Manejo adecuado de los Residuos de la Curtidería”** Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, La Paz, Bolivia.
5. CEPIS, (1996) **“Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre”**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Realizado por Cooperación Alemana GTZ, Alemania.
6. DEL TRANSITO, C. (2004), **“Entrevista personal con la propietaria de la Tenería A”**, El Salvador, Usulután, Mes Junio.
7. SANTOS, C. (2003), **“Diagnóstico Ambiental para el Sector de Curtiembre de Pieles de El Salvador”**. Diagnóstico Ambiental Realizado para la Asociación de Teneros de El Salvador (ATES). El Salvador.

8. GARCIA E. E. Y RAMIREZ J. R (1994) **“Recuperación de Grasas Residuales de Tenerías y su uso Industrial”**. Trabajo de Graduación, Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, El Salvador.
9. GASPAR ISABEL, P. G. (1999) **“Producción Más Limpia, Principios y Herramientas”**, Instituto Nacional de Tecnología de Chile (INTEC), Chile.
10. INTEC, (2000) **“Generación de Capacidades Nacionales en Tecnologías Aplicables a Residuos Industriales para el Sector Curtiembre”** Instituto Nacional de Tecnología de Chile (INTEC), Chile.
11. MCCABE W. Y SMITH J. (1991) **“Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”**, Mcgraw-Hill, Cuarta Edición, Madrid España.
12. ONUDI, (1994), **“Metodología de Implementación de Producción Más Limpia”**. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Vienna Austria.
13. PNUMA, (1990) **“Informe Técnico No 7 Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales”**. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Vienna Austria.
14. POLANCO, P. **“Entrevista personal con el propietario de la Tenería B”**, El Salvador, Santa Ana, Mes Julio.
15. DIARIO OFICIAL DE EL SALVADOR, publicada el 9 de junio de 2004 Tomo 363, No. 106 Acuerdo No. 28, (2004), **“Política de Producción Más Limpia de El Salvador”**, El Salvador.

16. SERRANO MARTINEZ, F. (1998) **“Eficiencia Energética en la Pequeña Industria de Pieles”**. Comisión de las Comunidades Europeas y Dirección General de La Energía. Madrid, España.
17. SHARPHOUSE, J.H., LEATHER (1983) **“Technician’S Handbook, Leather Producer’S Association. Northampton”**. EEUU.
18. TRANSITO, I. (2004) **“Entrevista personal con El Supervisor de la Tenería A”**, El Salvador, Usulután, Mes Julio.
19. VALIENTE BARDERAS (1984) **“Problemas de Transferencia de Calor”**, Editorial Limusa. Segunda Edición, Mexico D.F
20. PROYECTO GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA (GESTA) Revista TecnoAmbiente, (Octubre de 2004) **“Edición No.1, Artículo Reciclaje de Fibras de Cuero Páginas 27-29”**, El Salvador.

REFERENCIAS EN INTERNET.

1. GESTION AMBIENTAL, consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004 :
www.valles.com/aqec/iue2.pdf
www.valles.com/aqec/iue3.pdf
2. BUENAS PRÁCTICAS, consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004 :
http://www.cueronet.com/tecnica/normasiso14000_cap4.htm
3. INFORME TECNICO SOBRE MINIMIZACION DE RESIDUOS EN UNA CURTIEMBRE, consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004:
<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/gtz/infomini/minimiz1.html>

4. PRODUCCION MÁS LIMPIA consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004:

www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/Cueros/ANEXO.A.pdf

www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/Cueros/capitulo8.pdf

www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/Cueros/ANEXOD.pdf

www.tecnologiaslimpias.org.co/Curtiembres/Manual.pdf

www.tecnologiaslimpias.org.co/Curtiembres/EstrategiasDiagnostico.pdf

5. MANEJO AMBIENTAL DEL CUERO, consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004:

<http://www.cepis.opsoms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/inpri60d.html>

6. CURTIEMBRE, consultado en Internet en los meses de Febrero/2004 a Junio/2004:

www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.pdf

7. FUNDACION SOSTENIBLE, Consultado en Internet en el mes de Febrero/2005

<http://www.fundacionsustentable.org/article461.html>

ANEXO 1:
TERMINOLOGÍA TÉCNICA DEL PROCESO DE
CURTIEMBRE DE PIELES

Glosario:

AMBIENTE: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo.

AGUAS RESIDUALES: Cualquier tipo de agua generada en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permite usarla de nuevo en el proceso o actividad que la generó.

ABSORCIÓN: Poder que el cuero tiene de incorporar además de agua, otras sustancias como productos químicos, pigmentos, aceites, etc. en las diferentes etapas del proceso del curtido.

BACTERIA: Microorganismos compuestos generalmente de proteínas y ácidos nucleicos. Tienen funciones beneficiosas muy importantes, algunas de las cuales son la fabricación de etanol, antibióticos por fermentación, fijación del nitrógeno al suelo, tratamiento de aguas residuales por procesos de lodos activados, etc. Pero también son causa de numerosas fermentaciones, putrefacción y producen graves enfermedades. En las curtiembres las bacterias atacan el colágeno de la piel del animal y pueden llegar a destruir todas las sustancias dérmicas que contiene la piel. Por eso es muy importante el uso de bactericidas y en el proceso de conservación la deshidratación de las pieles ya que las bacterias necesitan de un ambiente neutro y húmedo.

BACTERICIDAS: Producto químico que se utiliza para evitar el desarrollo de bacterias que afectan los diferentes procesos del curtido.

BATANES: Recipientes o contenedores esféricos donde se realiza la operación de curtición

CAPA FLOR: La parte de un cuero o una piel comprendida entre la superficie que queda al descubierto al eliminar el pelo o la lana y la epidermis hasta el nivel de las raíces de los mismos.

COLÁGENO: Proteína principal de la piel susceptible de curtirse.

CONTAMINACIÓN: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

CONTAMINANTE: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

CUERO: La cubierta exterior de un animal maduro o plenamente desarrollado, de gran tamaño, por ejemplo ganado vacuno y caballar. Curtidos elaborados en base a lo expresado en el párrafo anterior; Cuando se utiliza con este sentido, puede complementarse con el nombre del animal, tipo de curtido, uso, etc., por ejemplo cuero de vaca; cuero de buey; cuero para correas; cuero de curtición vegetal, etc.

CURTICIÓN: Conjunto de operaciones físico-químicas, que mediante el adecuado uso de productos químicos, convierten a la piel (comúnmente llamada cuero) en un material durable e imputrescible.

CURTIDO: Un término general para cueros y pieles que conservan su estructura natural fibrosa y que han sido tratados en forma tal, que resultan imputrescibles, incluso después de un tratamiento con agua. Puede haberse eliminado o no el pelo o la lana. Ciertas pieles tratadas o acabadas de forma análoga, pero sin que se les haya separado el pelo, se denominan "pieles para peletería".

DESCARNADO EN PELO: Consiste en quitar de la endodermis los restos del músculo y colgajos, puede efectuarse en cal crudo, a mano o con máquina de descarnar.

DESENCALADO: En este proceso se remueve la cal y el sulfuro de la piel y además elimina el hinchamiento alcalino de la piel. Se realiza para evitar posibles interferencias en las etapas posteriores del curtido. Durante el desencalado, las pieles se lavan con abundante agua y neutralizantes (ácido sulfúrico, hidroclicórico, láctico, fórmico, bórico o mezclas de ácidos o sales acídicas). Cuando los ácidos derivados del sulfuro se emplean en el desencalado, es necesario el pretratamiento con peróxido de hidrógeno o bisulfato de sodio para oxidar el sulfuro en el ácido y prevenir la formación de sulfato de hidrógeno. El cloruro de amonio, sulfato de amonio y dióxido de carbono también pueden emplearse en el desencalado.

DIVIDIDO (Piel o cuero): La capa externa o del lado del pelo o la lana, de un cuero o de una piel que ha sido dividida en dos o más capas, mediante la máquina de dividir.

DISPOSICIÓN FINAL: Acción de depositar materiales en confinamientos controlados o en rellenos sanitarios, con el fin de reducir o deshacerse de los mismos.

ENDODERMIS: Capa de la piel que esta compuesta por músculo.

EFLUENTE: Líquido resultante de un proceso de producción donde se hayan usado líquidos como componentes.

ESCURRIDO: Operación mecánica que quita gran parte de la humedad del "wet blue". Se elimina la mayor parte del agua entre las fibras del cuero y también las sales, porque si el cuero se secara al sol se evaporaría el agua, pero las sales quedarían y después podrían generar efluorescencias salinas.

ENZIMA: Compuesto derivado de células animales o vegetales o bien de origen sintético que cataliza la destrucción de proteínas y grasas.

FLOR: Grupo de fibras superficiales de la piel.

PIEL SECA: Es la piel conservada secándola a la sombra.

PIEL EN SANGRE: Piel del animal recién desollada sin ningún sistema de conservación.

PIEL EN TRIPA INTEGRAL: Es el cuero del pelambre hasta antes del curtido, en ésta etapa, el cuero tiene su espesor completo (sin dividir).

PIEL EN TRIPA: Piel de la que se ha separado la carnaza y la flor, mediante el dividido.

PELAMBRE: Proceso a través del cual se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio, produciéndose además, al interior del cuero, el desdoblamiento de fibras a fibrillas, que prepara el cuero para la posterior curtición. La cal se mezcla con sulfito de sodio para aflojar la lana y pelo, o disolver estos, produciendo un aflojamiento de la estructura fibrosa con el fin de preparar la piel para los procesos siguientes.

PIEL: Término genérico que significa la cubierta exterior de un animal. También se denominan así, las pieles de peletería curtidas y acabadas con su pelo.

PIQUELADO: Condición en la que se encuentran los cueros luego del tratamiento con ácidos y sales neutras y en la cual pueden ser conservados temporalmente.

RECICLAJE: Recuperación de materiales que pueden ser empleados como materia prima en los mismos procesos productivos que los generan, o bien en procesos compatibles para elaborar bienes sustitutos.

REBAJADO: Operación mecánica que torna uniforme el espesor del cuero.

REMOJO: Es el proceso para rehidratar la piel, eliminar la sal y otros elementos como sangre, excremento y suciedad en general. Se trata las pieles con agua dentro de una tina, o bombo. En este proceso se emplea hidróxido de sodio, sulfuro, hipoclorito, agentes de remojo, enzimas, etc.

RIBERA: El objetivo de las operaciones de ribera es deshacerse de aquellas porciones que no son deseadas en el cuero acabado y darle a la piel condiciones físicas y químicas para el proceso siguiente. Para hacer un buen cuero, esto debe hacerse de tal manera que no se haga daño a la porción fibrosa que será transformada en cuero.

RASPA: Es la viruta que queda al darle el espesor deseado al cuero, en máquina de raspar.

RESIDUO: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

SALADO DEL CUERO: El sistema más difundido para proteger la estructura de las pieles, en esta etapa, por eficacia y economía, es el salado. Consiste esencialmente en deshidratar la piel puesto que está formada por un 60-65 % de agua, medio en el cual la reproducción de las bacterias se facilita. Por experiencia se determina la cantidad de sal (cloruro de sodio) que debe ponerse sobre la piel para obtener un buen salado o deshidratación de la misma.

TEÑIDO: Es la operación que tiene por objeto darle un color determinado, ya sea superficialmente, en parte del espesor o en todo él para mejorar su apariencia, adaptarlo al estilo de moda e incrementar su valor. Es además la operación donde se verán reflejados los errores en operaciones anteriores.

WET-BLUE: Cueros curtidos al cromo con un alto contenido de agua y sin ningún tratamiento posterior.

ANEXO 2:

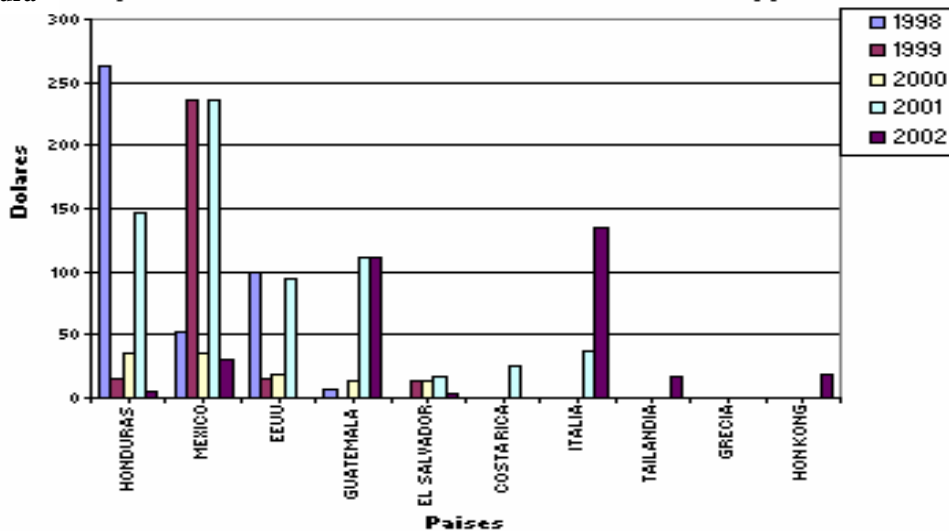
**ESTADISTICAS DE IMPORTACIONES Y
EXPORTACIONES DE DIFERENTES TIPOS DE
PIELES Y CUEROS A NIVEL MUNDIAL**

Cuadro A-N.1: Exportación de cuero bovino frescos o salados (pieles enteras) Valor (US)

| PAIS | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR |
| HONDURAS | 317.4 | 262.2 | 68.8 | 14.8 | 3.5 | 35.9 | 83.3 | 145.9 | 14.6 | 4.8 |
| MEXICO | 76 | 52.3 | 451.1 | 235.5 | 51 | 36.1 | 233 | 236.6 | 37 | 30.5 |
| EEUU | 94.9 | 99 | 25.8 | 15.8 | 24 | 18 | 77.4 | 94.8 | 0 | 0 |
| GUATEMALA | 20 | 6.6 | 0 | 0 | 16 | 14.1 | 98 | 110.7 | 95.5 | 111.7 |
| EL SALVADOR | 0 | 0 | 19.3 | 12.8 | 17 | 12.8 | 18 | 16.5 | 8.8 | 4.2 |
| COSTA RICA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 25.2 | 0 | 0 |
| ITALIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 37 | 139.8 | 134.3 |
| TAILANDIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 16.8 |
| GRECIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HON KONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 19.1 |

Fuente: Ministerio de Economía, El Salvador (2002)

Figura 1: Exportación de cuero bovino frescos o salados (pieles enteras)

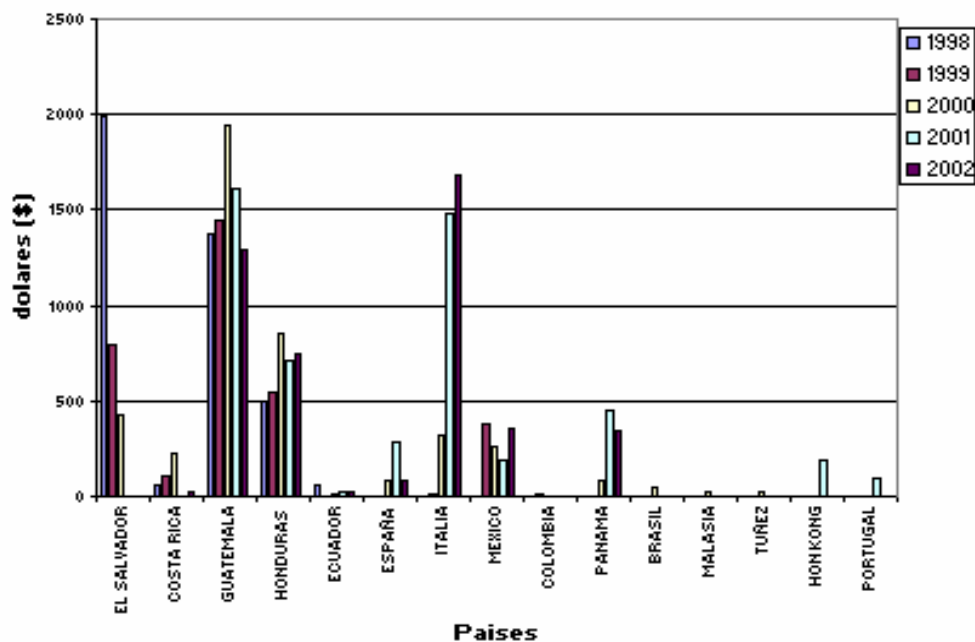


Cuadro A-N.2: Exportaciones de cuero semi curtido y vegetal al cromo húmedo (wet blue).

| PAIS | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|-------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR |
| EL SALVADOR | 1453.1 | 1993.4 | 823.5 | 789.4 | 579.8 | 431.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COSTA RICA | 7.4 | 58.2 | 43.8 | 106.6 | 198.2 | 221.5 | 0 | 0 | 17.6 | 24.8 |
| GUATEMALA | 775.4 | 1375.4 | 994.7 | 1439.9 | 1294.1 | 1947.9 | 907.7 | 1609.5 | 842.3 | 1292.1 |
| HONDURAS | 177.3 | 500.5 | 114.1 | 541.5 | 129.5 | 851.2 | 94 | 707.3 | 134.3 | 747.4 |
| ECUADOR | 125.4 | 58.4 | 0 | 0 | 45.1 | 15.8 | 71 | 24.9 | 54.5 | 19.1 |
| ESPAÑA | 0 | 0 | 0.4 | 0.5 | 53.5 | 87.4 | 184.7 | 282.4 | 54.7 | 84.9 |
| ITALIA | 0 | 0 | 17 | 17.2 | 263.3 | 317.8 | 1050 | 1482.7 | 1377.8 | 1685.1 |
| MEXICO | 0 | 0 | 432 | 380.1 | 245.7 | 259.3 | 137.8 | 185.5 | 311 | 350.2 |
| COLOMBIA | 0 | 0 | 33 | 13.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PANAMA | 0 | 0 | 0 | 0 | 41.1 | 85.9 | 135.8 | 449.3 | 172.3 | 342.3 |
| BRASIL | 0 | 0 | 0 | 0 | 52.8 | 52.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MALASIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.8 | 22.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TUÑEZ | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.8 | 22.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HON KONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 108.9 | 189.8 | 0 | 0 |
| PORTUGAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53.2 | 92 | 0 | 0 |

Fuente: Ministerio de Economía, El Salvador (2002)

Figura 2: Exportaciones de cuero semicurtido vegetal y mineral al cromo humedo Vet Blue

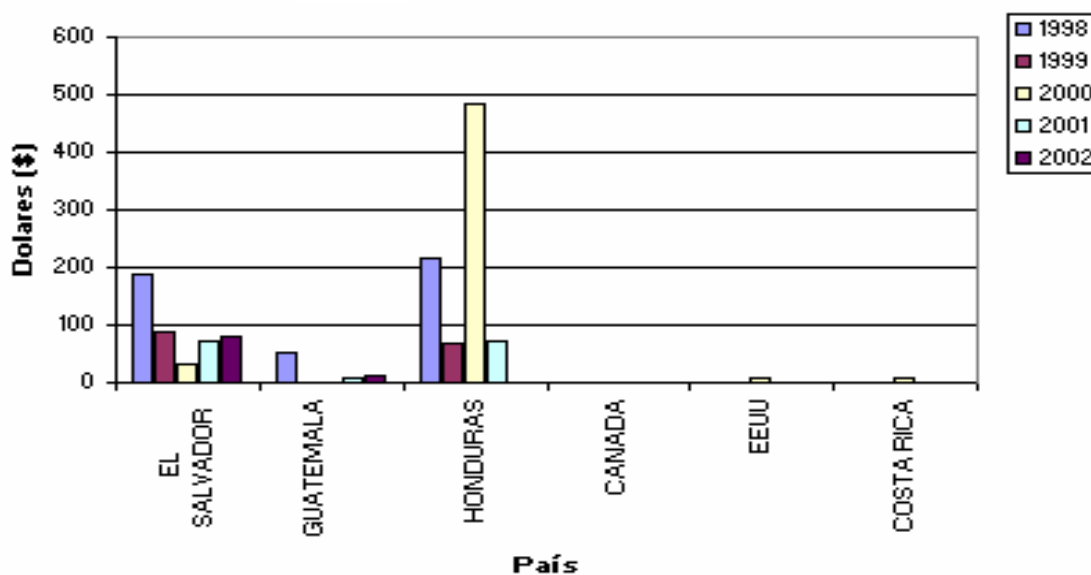


Cuadro A-N.3: Exportaciones de Cuero Terminado. Valor en US

| PAISES | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR |
| EL SALVADOR | 18.3 | 188.8 | 8.5 | 86.9 | 4 | 32.1 | 7.9 | 73.9 | 8.3 | 81.7 |
| GUATEMALA | 4.5 | 51.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 7.9 | 1.2 | 10.8 |
| HONDURAS | 44.6 | 216.9 | 14.7 | 68 | 8.8 | 485 | 15.7 | 72.6 | 0 | 0 |
| CANADA | 0.1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EE UU | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COSTA RICA | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 8.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 67.5 | 457.4 | 23.2 | 154.9 | 26.8 | 532.6 | 24.5 | 154.4 | 9.5 | 92.5 |

Fuente: Ministerio de Economía, El Salvador (2002)

Figura 3: Exportación Cuero Terminado

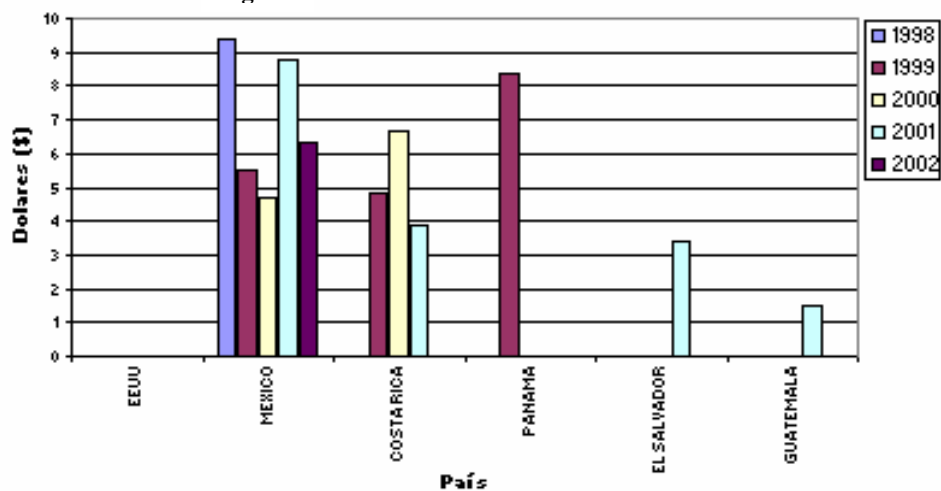


Cuadro A-N.4: Importaciones de Cuero Terminado. Valor en US.

| PAISES | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR |
| TAIWAN | 6.9 | 1.7 | 7.2 | 7.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COSTA RICA | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.1 | 0 | 0 | 0 |
| EL SALVADOR | 12.1 | 15.5 | 6.3 | 6.6 | 3.1 | 4 | 0.4 | 1.09 | 2.4 | 1.7 |
| EE UU | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.07 | 6.5 | 0.5 | 0 | 0.3 | 0.12 | 0.7 |
| GUATEMALA | 0.06 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2 | 0 | 0 |
| CHINA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.04 |
| PANAMA | 0.01 | 0.1 | 2.49 | 12.28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MEXICO | 0 | 0 | 0.06 | 0.8 | 1.4 | 1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 30.11 | 21.41 | 16.1 | 27.35 | 11 | 6.3 | 1.5 | 12.59 | 2.55 | 2.44 |

Fuente: Ministerio de Economía, El Salvador (2002)

Figura 4: Importación de Cuero Terminado

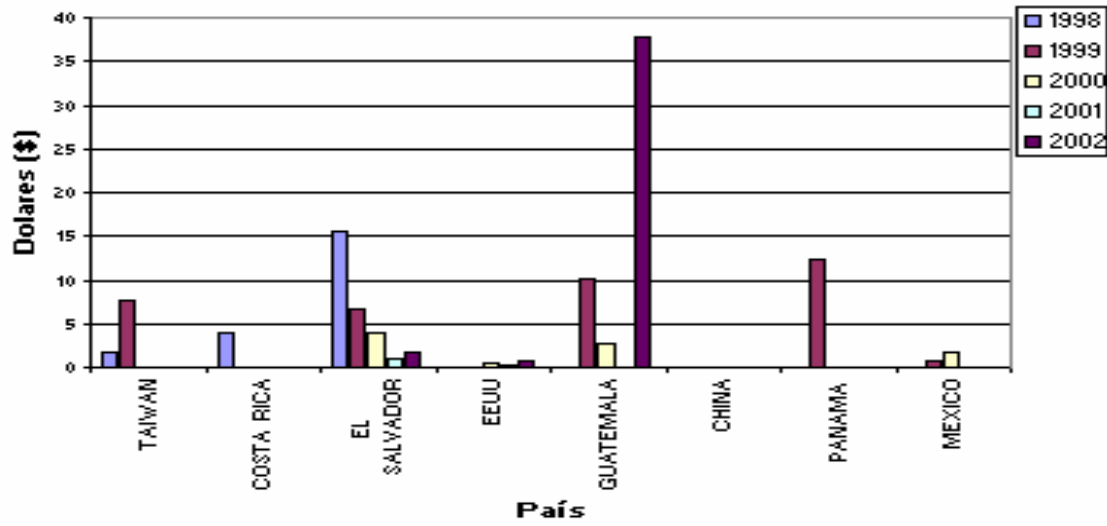


Cuadro A-N.5: Importaciones de Cuero Regenerado. Valor en US

| PAISES | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR | KILOS | VALOR |
| TAIWAN | 6.9 | 1.7 | 7.2 | 7.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COSTA RICA | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.1 | 0 | 0 | 0 |
| EL SALVADOR | 12.1 | 15.5 | 6.3 | 6.6 | 3.1 | 4 | 0.4 | 1.09 | 2.4 | 1.7 |
| EE UU | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.07 | 6.5 | 0.5 | 0 | 0.3 | 0.12 | 0.7 |
| GUATEMALA | 0 | 0 | 5.9 | 10.1 | 1.4 | 2.7 | 3.05 | 0 | 11.83 | 37.7 |
| CHINA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.04 |
| PANAMA | 0.01 | 0.1 | 2.49 | 12.28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MEXICO | 0 | 0 | 0.06 | 0.8 | 1.4 | 1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 30.05 | 21.31 | 22 | 37.45 | 12.4 | 9 | 4.55 | 1.39 | 14.38 | 40.14 |

Fuente: Ministerio de Economía. El Salvador (2002)

Figura 5: Importación de Cuero Regenerado



ANEXO 3:
LISTA DE VERIFICACION Y RECOLECCION DE
INFORMACION PARA UN ESTUDIO
PRELIMINAR

El siguiente formato es utilizado para la recopilación de la información que es necesaria para la realización del estudio preliminar, bajo la metodología del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador:

Listado

- Guía 1: Información de la Empresa.
- Guía 2: Política Ambiental.
- Guía 3: Estimación de áreas con potenciales de mejora por parte de la empresa.
- Guía 4: Administración Energética.
- Guía 5: Seguridad e Higiene Ocupacional
- Guía 6: Seguridad Industrial y Prevención de Accidentes
- Guía 7: Manejo de Insumos
- Guía 8: Transporte
- Guía 9: Procesos de Producción
- Guía 10: Estadísticas de Producción y Consumo
- Guía 11: Almacenamiento y Manejo de Inventario
- Guía 12: Suministro de Energía: Proceso Térmico
- Guía 13: Suministro de Energía: Aire Comprimido
- Guía 14: Suministro de Energía: Sistemas de Refrigeración

1. Información de la empresa

| | |
|--|-------|
| Fecha | ..... |
| Personas presentes durante el estudio Preliminar | ..... |
| Nombre de la empresa | ..... |
| Dirección, TEL, Fax, Correo Electrónico | ..... |
| | |
| | |
| Contactos | ..... |
| Volumen de venta/ingresos | ..... |
| | |
| No. de empleados y horarios de turnos de trabajo | ..... |
| | |
| | |
| Departamentos | ..... |
| | |
| | |
| Productos, volumen de producción. | ..... |
| | |

1. Información de la empresa

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| | |
| Clientes | ..... ..... ..... ..... |
| Proveedores | ..... ..... ..... ..... |
| Información adicional | |

2. Política Ambiental

| | |
|--|---|
| ¿La empresa ha formulado una política ambiental y la comunicado? | <input type="checkbox"/> Si, implementada → |
| | <input type="checkbox"/> no escrita |
| | <input type="checkbox"/> no |
| ¿Tiene un encargado ambiental? | <input type="checkbox"/> Si → |
| | <input type="checkbox"/> no oficialmente |
| | <input type="checkbox"/> no |
| ¿Se ha realizado una auditoria ambiental? | <input type="checkbox"/> Si..... |
| | <input type="checkbox"/> no |
| ¿Se han introducido otros sistemas de gestión? | <input type="checkbox"/> Si, implementada <input type="checkbox"/> EMS <input type="checkbox"/> QMS <input type="checkbox"/> H&SMS <input type="checkbox"/> otros |
| | <input type="checkbox"/> implementándose |
| | <input type="checkbox"/> no |
| ¿Existen recursos adicionales financieros y humanos para otras auditorías? | <input type="checkbox"/> Si, suficientes |
| | <input type="checkbox"/> limitados |
| | <input type="checkbox"/> no |

3. Estimación de áreas potenciales de mejora por parte de la empresa

| | |
|---|-------|
| ¿Adonde considera la administración posibilidades de mejora ? | ..... |
| ¿Existen pérdidas obvias de insumos y energía? | ..... |
| | |
| ¿Se realizan suficientes esfuerzos para asegurar el eficiente uso de la materia prima y recursos energéticos? | ..... |
| | |
| ¿Que procesos y materias primas son costosas? | ..... |
| | |
| | |

4. Administración ¹⁾ Energética

| | | | | | |
|---|---|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Tipo de energía Consumo anual | <input type="checkbox"/> Electricidad | <input type="checkbox"/> Aceite | <input type="checkbox"/> Gas | <input type="checkbox"/> Madera | <input type="checkbox"/> otro. |
| | kWh | l | m ³ | m ³ | ..... |
| Uso de energía (excluyendo iluminación y calentamiento) | ..... ..... ..... |  |  |  |  |
| Consumo de energía de proceso* | <input type="checkbox"/> baja | | | | |
| | <input type="checkbox"/> moderada | | | | |
| | <input type="checkbox"/> alta | | | | |
| *vrs. calefacción, iluminación interna. | | | | | |
| ¿La empresa ha implementado un sistema de gestión de energía (contabilidad energética, gestión de capacidad)? | <input type="checkbox"/> existe (registro de información, evaluada, verificada) | | | | |
| | <input type="checkbox"/> parcialmente | | | | |
| | <input type="checkbox"/> no disponible | | | | |
| ¿Existe un plan de mantenimiento técnico para los sistemas energéticos? | <input type="checkbox"/> mantenimiento preventivo (interno, externo) | | | | |
| | <input type="checkbox"/> parcialmente | | | | |
| | <input type="checkbox"/> no esta disponible | | | | |
| Información adicional | | | | | |

5. Seguridad e higiene ocupacional

| | | |
|---|---|---------|
| ¿Sufren de problemas de salud los trabajadores? | <input type="checkbox"/> no | |
| | <input type="checkbox"/> ocasionalmente | |
| | <input type="checkbox"/> si | → |
| ¿Se informa a los empleados sobre temas de higiene y seguridad industrial? | <input type="checkbox"/> si | |
| | <input type="checkbox"/> no siempre | |
| | <input type="checkbox"/> no | |
| ¿El trabajador utiliza equipo protector? | <input type="checkbox"/> si | |
| | <input type="checkbox"/> no siempre | |
| | <input type="checkbox"/> no | |

6. Seguridad industrial y Prevención de Accidentes

| | | |
|--|---|---------|
| ¿La compañía ha realizado estudios sobre la prevención de accidentes? | <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no saben <input type="checkbox"/> no | → |
| ¿La empresa esta sujeta a normativas sobre accidentes graves (reducción de riesgos y riesgos potenciales)? | | |
| ¿Hay indicadores sobre la prevención de accidentes? | <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no saben <input type="checkbox"/> no | → |
| ¿Están los empleados informados sobre la prevención de accidentes? | <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no saben <input type="checkbox"/> no | |
| ¿Las sesiones de entrenamiento son impartidas frecuentemente? | | |

7. Manejo de insumos ²⁾

| | | |
|--|--|---------|
| ¿El traslado interno de los insumos son minimizado? | <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> necesitan ser optimizados <input type="checkbox"/> no | |
| Como se efectúa el traslado | <input type="checkbox"/> manual <input type="checkbox"/> automático | |
| ¿Ocurren pérdidas obvias durante el traslado? | <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> perdidas mínimas <input type="checkbox"/> si | → |
| * fugas, derrames, llenados incorrectos, consume excesivo. | | |
| ¿Existen insumos que necesitan cuidado adicional en el traslado? | <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si | → |
| Comentarios | | |

1) Filling, pump over, cleaning etc.

9. Procesos

| Departamento | Procesos | | | |
|--|--|---|--|--|
| Diagrama del proceso, información de las entradas, salidas, energías | | | | |
| Entradas | Materias primas(eco-toxicas), Prima, auxil & insumos de operación | <input type="checkbox"/> ninguna <input type="checkbox"/> insignificante | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Consumo de energía(procesos) | <input type="checkbox"/> bajo | <input type="checkbox"/> moderado | <input type="checkbox"/> alto |
| | Costos (materias prima, energía) | <input type="checkbox"/> bajo | <input type="checkbox"/> moderado | <input type="checkbox"/> alto |
| Desechos | Desechos sólidos (incl. mat. empaque) | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Desechos (peligros) especiales | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| Agua Res. | Aguas residuales | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Componentes problemáticos | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| Emisiones | Emisiones al aire | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Costos de disposición | <input type="checkbox"/> bajo | <input type="checkbox"/> moderadas | <input type="checkbox"/> altas |
| Tecnología | De punta | <input type="checkbox"/> aceptable | <input type="checkbox"/> apto/optimización | <input type="checkbox"/> no apto |
| | Nivel de automatización | <input type="checkbox"/> automático | <input type="checkbox"/> semi-automático | <input type="checkbox"/> manual |
| | Lote defectuoso, desecho, etc. | <input type="checkbox"/> ninguno | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Limpieza, mantenimiento, servicio | <input type="checkbox"/> aceptable | <input type="checkbox"/> apto/optimización | <input type="checkbox"/> no apto |
| | Costo de mantenimiento/paro | <input type="checkbox"/> bajo | <input type="checkbox"/> moderado | <input type="checkbox"/> alto |

10. Almacenamiento y manejo de inventario

| | | | | | |
|---|---|---------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| Bodega 1 ¿ Materiales, materias primas, productos, desechos almacenados? | | | | | |
| | | | | | |
| Bod | 1 | ¿Sistema de manejo inventario? | <input type="checkbox"/> si | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> no |
| | | Orden de almacenamiento | <input type="checkbox"/> excelente | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no apto |
| | | Concepto de seguridad | <input type="checkbox"/> cumple | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no existe |
| | | Medidas de seguridad | <input type="checkbox"/> Alarma/incendio | <input type="checkbox"/> Extintores de fuego | <input type="checkbox"/> Rociadores |
| | | | <input type="checkbox"/> canaleta de goteo | <input type="checkbox"/> Depósitos/almacenamiento | <input type="checkbox"/> ninguno |
| <hr/> | | | | | |
| Bodega 2 Materiales, materias primas, productos, desechos | | | | | |
| | | | | | |
| Bodega 2 | | Sistema de manejo de inventario | <input type="checkbox"/> si | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> no |
| | | Orden en lo almacenado | <input type="checkbox"/> excelente | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no apto |
| | | Concepto de seguridad | <input type="checkbox"/> cumple | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no existe |
| | | Medidas de seguridad | <input type="checkbox"/> Alarma/incendio | <input type="checkbox"/> Extintores de fuego | <input type="checkbox"/> Rociadores |
| | | | <input type="checkbox"/> canaleta/goteo | <input type="checkbox"/> Depósitos/almacenamiento | <input type="checkbox"/> ninguno |

11. Suministro de Energía Proceso Térmico

| | | | | |
|------------------------|------------------------|--|--|---|
| Proceso térmico | Fuentes térmicas | <input type="checkbox"/> Vapor | °C | bar |
| | | <input type="checkbox"/> agua caliente | °C | |
| | | <input type="checkbox"/> | | |
| | Utilizados | ..... |  |  |
| | Pérdidas | <input type="checkbox"/> ninguna | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades | <input type="checkbox"/> grandes cantidades |
| | Mant./aislamiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Caldera 1 | Fuente de energía | <input type="checkbox"/> Gas | <input type="checkbox"/> Eléctrica | <input type="checkbox"/> Diesel |
| Tipo | Capacidad nominal / | ..... |  |  |
| ..... | consumo de combustible | ..... |  |  |
| ..... | Horas de Operación | ..... |  |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Caldera 2 | Fuente de energía | <input type="checkbox"/> Gas | <input type="checkbox"/> Eléctrica | <input type="checkbox"/> Diesel |
| Tipo | Capacidad nominal / | ..... |  |  |
| ..... | consumo de combustible | ..... |  |  |
| ..... | Horas de operación | ..... |  |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Caldera 3 | Fuente de energía | <input type="checkbox"/> Gas | <input type="checkbox"/> Eléctrica | <input type="checkbox"/> Diesel |
| Tipo | Capacidad nominal / | ..... |  |  |
| ..... | consumo de combustible | ..... |  |  |
| ..... | Horas de operación | ..... |  |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Comentarios | | | | |
| | | | | |

See also Checklist 4

12. Suministro de Energía Aire comprimido

| | | | | |
|---|------------------|---|---|--|
| Sistema de distribución de aire comprimido | | Presión sostenida bar | | |
| | Áreas de uso | ..... |  |  |
| | | | | |
| | Pérdidas (fugas) | <input type="checkbox"/> ninguna | <input type="checkbox"/> pequeñas fugas | <input type="checkbox"/> fugas grandes |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Compresor 1 | | Presión de trabajo | ..... |  |
| Tipo | ..... | Capacidad nominal / | ..... |  |
|  | ..... | consumo actual | ..... |  |
|  | ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> aceptable | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Compresor 2 | | Presión de trabajo | ..... |  |
| Tipo | ..... | Capacidad nominal / | ..... |  |
|  | ..... | Consumo actual | ..... |  |
|  | ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Compresor 3 | | Presión de trabajo | ..... |  |
| Tipo | ..... | Capacidad nominal / | ..... |  |
|  | ..... | Consumo actual | ..... |  |
|  | ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno/preventivo | <input type="checkbox"/> necesita optimizar | <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Comentarios | | | | |
| | | | | |

See also Checklist 4

13. Suministro de energía Sistemas de Refrigeración

| | | | |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|
| Energía de refrigeración | Modo de enfriamiento | <input type="checkbox"/> Salmuera | °C |
| | | <input type="checkbox"/> Agua fría | °C |
| | | <input type="checkbox"/> otros | ..... |
| | área de uso | ..... |  |
| | | | |
| Sistema de refrigeración | Pérdidas | <input type="checkbox"/> ninguna | <input type="checkbox"/> pequeñas cantidades <input type="checkbox"/> cant./altas |
| | Mant./aislamiento | <input type="checkbox"/> bueno | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Sistema 1 | Refrigerante | ..... |  |
| Especificaciones. | Capacidad nominal / | ..... |  |
| | Consumo actual | ..... |  |
| ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | | | |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Sistema 2 | Refrigerante | ..... |  |
| Especificaciones. | Capacidad nominal/ | ..... |  |
| | Consumo actual | ..... |  |
| ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | | | |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Sistema 3 | Refrigerante | ..... |  |
| Especificaciones. | Capacidad nominal / | ..... |  |
| | Consumo actual | ..... |  |
| ..... | Horas de operación | ..... |  |
| | | | |
| | Tecnología | <input type="checkbox"/> adecuado | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuada |
| | Mantenimiento | <input type="checkbox"/> bueno | <input type="checkbox"/> necesita optimizar <input type="checkbox"/> no adecuado |
| Comentarios | | | |

ANEXO 4:

**HOJAS DE SOFTWARE INFORMATICO ECO-
INSPECTOR PARA LA EVALUACION
PRELIMINAR EN PRODUCCION MÁS LIMPIA
DE LA EMPRESA “A”**

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Proceso de Ribera para la Empresa A

| Proceso 1 | | Proceso de Ribera | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|--|---|--|---|---|--|--|-----------------------------|----------------|--|---|
| Pasos del proceso | | Este proceso consta de la siguientes operaciones:Recepcion de materia prima, remojo, descamado, desorillado y pelambre considerandose este proceso como inicio del acondicionamiento de la piel para los posteriores etapas como eliminacion de pelos, recuperar | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios |
| | | | | | | | (Ponderación) | Proceso | Gastos | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Principalmente en el uso de quimicos como sal industrial, sulfhidrato de sodio y cal hidratada | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Utilizando principalmente agua para la etapa de remojo y pelambre asi como energia electrica para el funcionamiento de los batanes | |
| | Consumo de energia | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | | El consumo de energia es bajo ya que el batan es utilizado solo para el pelambre por unos 30 minutos. | |
| | Costos (Entrada de materiales y energia) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | Referido principalmente al costo por flete por llevar el cuero asi como la compra de algunos quimicos hacia la empresa y al almacenaje de dicho producto. | |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | Referido principalmente a la generacion de residuos de carne provenientes del descamado y desorillado de las pieles | |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | principalmente por la manipulacion de quimicos como el sulfhidrato de sodio. | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input checked="" type="radio"/> Volúmenes grandes | 2 | 1.5 | 3 | | Aguas con alto contenido de quimicos y aguas negras las cuales son descargadas hacia una quebrada que se encuentra cerca de la empresa sin ningún tratamiento previo | |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | No existe una segregacion adecuada de las corrientes tanto de aguas negras como las provenientes del proceso provocando una complejidad mayor para su tratamiento. | |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | Gases generados debido a la manipulacion de quimicos | |
| | Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | 3 | | Elevado debido a la mala segregacion de las aguas negras y de proceso | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | Los batanes utilizados se encuentran en mal estado provocando desperdicio de quimicos y consumo de agua para las operaciones que se requieren | |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | Todo se realiza de forma manual, existiendo derrames y pérdidas. | |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido a la formulacion de quimicos para el tratamiento de las pieles en este proceso | |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | No existe un adecuado procedimiento de limpieza ni tampoco un mantenimiento de los equipos | |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | | Debido a que la empresa espera recolectar una buena cantidad de cueros para empezar a procesarlo (Producción por lotes) | |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinion del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 | | Necesita ser optimizado principalmente el area de batanes ya que en estos se realizan las demas operaciones para el procesamiento del cuero | |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pielés

Proceso de Curticion de la Empresa A

| Proceso 2 | | Inicio del Proceso de Curticion | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|---|----------------|---|--|
| Pasos del proceso | | En este proceso incluyen el desencalado y lavado con sal, piquelado, precurtido y rebajado proceso en el cual la piel se trata con quimicos para evitar que esta se descomponga para hacer al cuero mas resistente a los cambios de temperatura que sufrira durante todo el | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios |
| | | | | | | | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) | Proceso | Gastos | |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | | Se utilizan quimicos como sulfato de amonio, acido formico rendidores, acido sulfurico en concentraciones pequeñas las cuales aumentan a medida avanza el proceso de curticion. |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | | Referido principalmente al consumo de agua para la preparacion del cuero. |
| | Consumo de energia | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | | Energía eléctrica utilizada para el movimiento de los batanes. |
| | Costos (Entrada de materiales y energia) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | | 1.5 | | costo de quimicos para el procesamiento de los cueros en el proceso de curticion. |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | | Se generan cantidades significativas de cuero o Viruta |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | | Referido ala gran variedad de quimicos que se emplen para el inicio del proceso de curticion. |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input checked="" type="radio"/> Volúmenes grandes | 2 | 1.5 | 3 | | | Principalmente a las aguas las cuales son de caractes acido y basico. |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | | El uso de quimicos como lo acidos y bases que son considerados como previos para el acondicionamiento de las pieles. |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | | El uso de quimicos lo que provoca un ambiente no adecuado para los trabajadores de la empresa. |
| Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | | 3 | | Debido a que las aguas son descargadas sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada que se encuentra cerca de la empresa. | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | | Debido a que la empresa solo cuenta con dos batanes para el procesamiento de las pieles. |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | | Ya que durante el proceso no se llevan registros de variables que son importantes como la temperatura optima para la fijacion de los quimicos en el cuero y todo se realiza de Debido al mal estado de la maquinaria en la cual ocurren de quimicos los cuales son muy toxicos para todas los empleados de la empresa. |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | | No existe un adecuado procedimiento de limpieza de los equipos. |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | | Debido a que la empresa espera recolectar una buena cantidad de cueros para empezar a procesarlo (Producción por lotes) |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | | - | | |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinion del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 | | | Debido a que en esta se genera la mayor cantidad de desechos liquidos por parte de la empresa. |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Segunda Curticion de la Empresa A

| Proceso 4 | | Proceso de Curticion Propiamente | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|-----------------------------|----------------|-----|--|
| Pasos del proceso | | En la operación de curtición al cromo y neutralizado el cuero es sometido con quimicos pero en mayor proporción, para lograr darle al cuero estabilidad química y física y resistencia a la putrefacción, temperatura y humedad | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| | | | | | | | Proceso | Gastos | | |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Se utilizan una gran cantidad de quimicos como sulfato de cromo, cloruro de sodio, rendidores etc. |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Referido principalmente al consumo que se coloca en una relación de 2:1 con respecto alcuero |
| | Consumo de energia | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | | 1 | 1.5 | 1.5 | | El consumo de energia utilizado principalmente para el movimiento de los batanes |
| | Costos (Entrada de materiales y energia) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | | 3 | costo de quimicos para el procesamiento de los cueros en el proceso de curticion. |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | | no | - | - | | No se generan residuos solidos en esta etapa |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Referido ala gran variedad de quimicos que se emplen para el inicio del proceso de curticion. |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input checked="" type="radio"/> Volúmenes grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Principalmente a las aguas las cuales son de caractes acido y basico. |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | El uso de quimicos como lo acidos y bases que son considerados como previos para el acondicionamiento de las pieles. |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Ambiente muy toxico debido a la volatilidad de los quimicos que se emplean para la curticion del cuero |
| | Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | | 3 | Por la gran cantidad de quimicos que se utilizan |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido a que la empresa solo cuenta con dos batanes para el procesamiento de las pieles. |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | | 2 | 1.5 | 3 | | Muchas de las operaciones se realizan de manera manual. |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido al mal estado de la maquinaria en la cual ocurren fugas de quimicos que son muy toxicos para todas los empleados de la empresa. |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | | 2 | 1.5 | 3 | | No existe un adecuado procedimiento de limpieza de los equipos. |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | | 1 | 1.5 | | 1.5 | Debido a que la empresa espera recolectar una buena cantidad de cueros para empezar a procesarlo (Producción por lotes) |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinion del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 | | | Debido a que en esta se genera la mayor cantidad de desechos liquidos por parte de la empresa. |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Procesos de Ecurrido, Recurtido y Engrase de la Empresa A

| Proceso 5 | | Proceso de Ecurrido, Recurtido y Engrase | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | |
|--|---|--|---|---|--|--|------------------------------|--------|--|
| Pasos del proceso | | En esta operación se logra que el cuero adquiera el color y la suavidad deseada para la fabricación de los artículos comerciales | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios |
| | | | | | | Operación | Proceso | Gastos | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido a la recirculación de las aguas provenientes de la operación de neutralizado y curtido |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | Referido a proceso de engrase realizado en batanes |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | | 1.5 | Debido a la compra de aceite de tiburón para la operación de engrase. |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Referido principalmente a la grasa catiónica y aceite de tiburón utilizados para iniciar el acabado del cuero. |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido a las cantidades de aguas con un alto contenido de químicos de carácter básico. |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Que son el resultado del proceso de escurrido al ambiente. |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Que se producen en el escurrido y recurtido por la presencia de químicos, y en el proceso de engrase son el resultado de las grasas utilizadas para darle suavidad al cuero. |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | | 3 | Debido a las aguas servidas que contienen cromo y otros químicos, además de los engrasantes. |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido a que la empresa solo cuenta con dos batanes para el procesamiento de las pieles. |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | Muchas de las operaciones se realizan de manera manual. |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Debido al mal estado de la maquinaria en la cual ocurren fugas de químicos que son muy tóxicos para todos los empleados de la empresa. |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | No existe un adecuado procedimiento de limpieza de los equipos. |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | - | Debido a que la empresa espera recolectar una buena cantidad de cueros para empezar a procesarlo (Producción por lotes) |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinión del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 | | Pérdidas de refrigerante, que impacta al Medio Ambiente. |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Proceso de Acabado del Cuero de la Empresa A

| Proceso 6 | | Proceso de Acabado del Cuero | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|---|---|---|---|---|--|---------------------------------------|------------------------------|---|---|
| Pasos del proceso | | Esta etapa consta de las operaciones de secado, pinsado, desorillado y pulido y es el acabado final que se le da al cuero para luego comercializarse. | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios |
| | | | | | | (Categoría) | Proceso | Gastos | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| Entrada | Materiales problemáticos, (eco-) tóxicos | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1 | 1 | | Referido al proceso de pulido del cuero |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1 | | 1 | Debido a la energía eléctrica utilizada en el área de pulido |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo sólido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1 | 1 | | Que son generadas en el proceso de desorillado y en el proceso de pulido produciéndose trozos de cuero y viruta respectivamente |
| | Desechos especiales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | no | - | - | | No se generan aguas de ningún tipo en esta etapa |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | No se generan aguas de ningún tipo en esta etapa |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1 | | 1 | Generados por la disposición de la viruta | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1 | 1 | | |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1 | 1 | | Se utilizan maquinarias que dan el resultado deseado pero podría mejorarse con una mejor tecnología. |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1 | 1 | | Se generan trozos de cuero y viruta que no siempre son reciclados |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1 | 1 | | Se cuenta con disposición de desechos y basura en general pero podría optimizarse para mejores resultados |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | - | Debido a que la empresa espera recolectar una buena cantidad de cueros para empezar a procesarlo (Producción por lotes) |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinión del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input checked="" type="radio"/> medio W = 1.0 | <input type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.0 | | Debido a que en la mayoría de las operaciones que se realizan para el acabado del cuero son de manera manual. |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Almacenamiento de Pieles y Químicos de la Empresa A

| Proceso 9 | | Almacén 1 | Recepción de Pieles | | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | |
|--------------------|--|--------------------------------------|---|---|---|------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| | | Almacén 2 | Recepción de Químicos | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación "Opinion del experto" | Puntos totales | Comments (descripción del almacenaje y mercancías, observaciones etc.) |
| Almacén 1 | Sistema de gerencia en la operación (ej. "first-in-first-out") | <input checked="" type="radio"/> Si | <input type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> No | | no | - | - | Los cueros que llegan primero son los primeros en entrar al proceso. |
| | Organización para almacenar, limpiar, ordenar | <input type="radio"/> Excelente | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | | 2 | 1.5 | 3 | La empresa no cuenta con un area dealmacenamiento adecuado de las pieles en crudo. |
| | Concepto de seguridad | <input type="radio"/> Condscendiente | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Ninguno | | 1 | 1.5 | 1.5 | Principalmente por que los cueros son colocados en el suelo y en contacto con el ambiente favoreciendo a la descomposición de las mismas. |
| | Nivel de la optimización, almacenaje 1 Opinion del experto | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selcionada = 1.5 | | Debido a que no se cuenta con la infraestructura adecuada. |
| Almacén 2 | Sistema de gerencia en la operación (ej. "first-in-first-out") | <input checked="" type="radio"/> Si | <input type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> No | | no | - | - | Quimico que se compra, quimico que se utiliza. |
| | Organización para almacenar, limpiar, ordenar | <input type="radio"/> Excelente | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | | 2 | 1.5 | 3 | Inadecuado debido a que la mayoría de los químicos son almacenados todos juntos sin ninguna clasificación y expuestos al ambiente. |
| | Concepto de seguridad | <input type="radio"/> Condscendiente | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Ninguno | | 1 | 1.5 | 1.5 | La empresa cuenta con algunas hojas de seguridad de algunos químicos pero no de todos en general. |
| | Nivel de la optimización, almacenaje 2 Opinion del experto | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selcionada = 1.5 | | No se cuenta con la infraestructura adecuada. |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Seguridad e Higiene Industrial en la Empresa A

| Seguridad, salud, manejo de materiales (en el trabajo) | | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | |
|--|--|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | Comentarios |
| Seguridad en el trabajo, salud | ¿Los empleados sufren problemas de salud? | <input type="radio"/> No | <input checked="" type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> sí | 1 | 1.5 | 1.5 | Algunas veces se ausentan los empleados. |
| | ¿Están los empleados informados sobre higiene y seguridad industrial? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> No siempre | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | Se les exige el uso de equipo de higiene. |
| | ¿Se utiliza el equipo de protección personal? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> No siempre | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | Los empleados no utilizan ningún tipo de equipo de seguridad industrial |
| | Nivel de la optimización de la seguridad en el trabajo, salud | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 |  | Debido a que los empleados no utilizan ningún tipo de equipo ni saben de los riesgos para la salud por la manipulación de los mismos. |
| Seguridad en el proceso | ¿Tiene la empresa una evaluación de riesgo de accidente industrial? | <input type="radio"/> sí | <input checked="" type="radio"/> no | | 1 | | | No se identificó en la planta. |
| | ¿Están disponible las ayudas en caso de accidente (equipo de lucha contra el fuego, tanque de recolección, etc.)? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> Desconocido | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | |
| | ¿Se informan a los empleados sobre el equipo para combatir los accidentes? ¿Se llevan a cabo las sesiones regulares del entrenamiento? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> Desconocido | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | |
| | Nivel de la optimización de la seguridad de proceso, prevención de accidentes, riesgo | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 |  | No existe ningún tipo de plan de prevención de riesgos dentro de la empresa. |
| Manejo de materiales | ¿Se reducen al mínimo las rutas internas de transferencia / transporte de materiales? | <input type="radio"/> sí, óptimo | <input checked="" type="radio"/> Candidato a la optimización | <input type="radio"/> No | 1 | 1.5 | 1.5 | La mayoría de las operaciones se realizan en los mismos batanes de la empresa. |
| | ¿Hay pérdidas obvias como escapes, salpica, rellenos incorrectos, el consumo excesivo etc. ocurrieron durante el manejo? | <input type="radio"/> No | <input type="radio"/> A veces | <input checked="" type="radio"/> sí | 2 | 1.5 | 3 | Pérdidas de agua y químicos. |
| | Nivel de la optimización del manejo | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 |  | Ya que los químicos son manipulados sin ningún tipo de protección. |

Resultados de La Empresa A

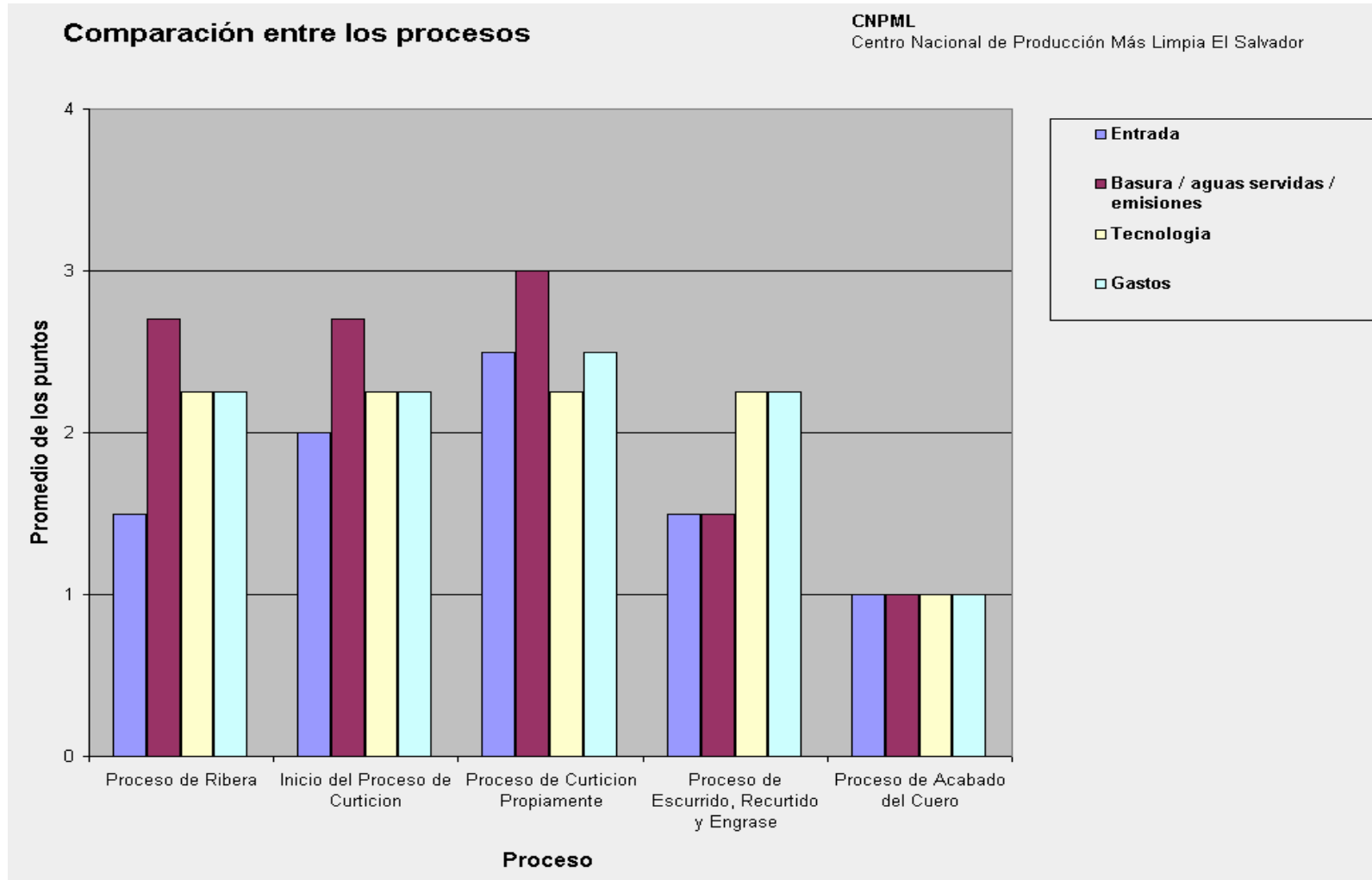
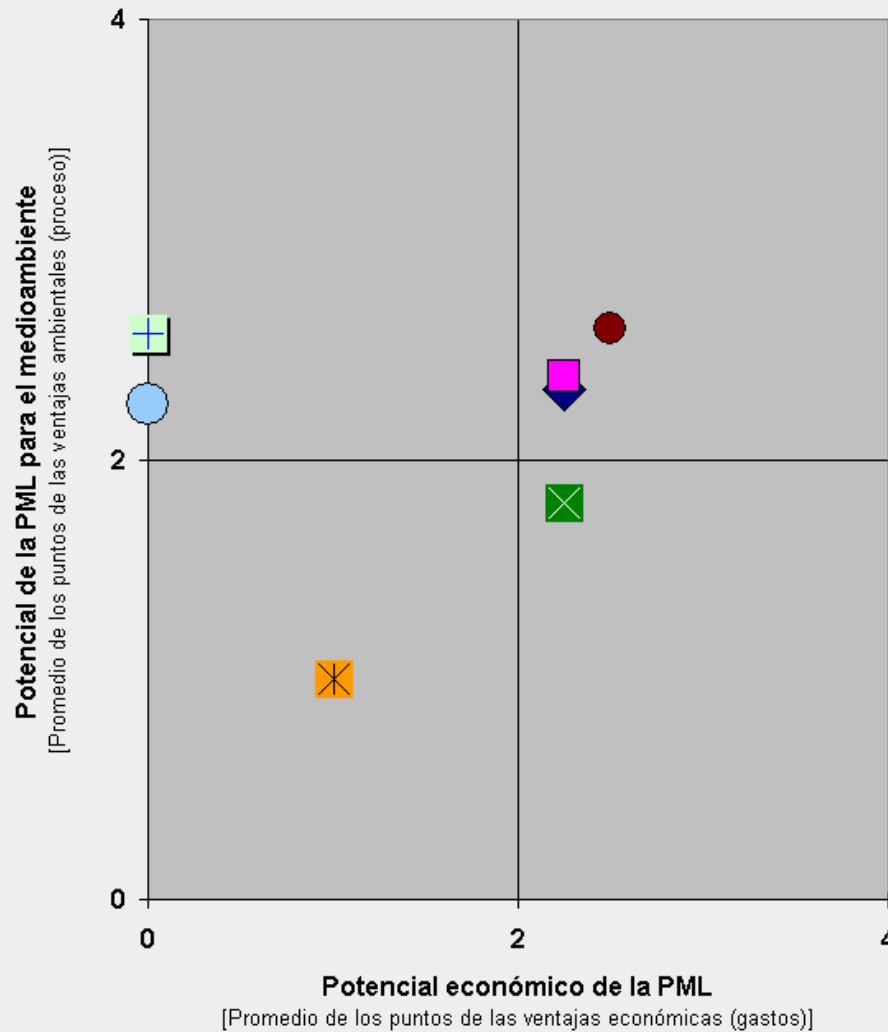


Grafico de los potenciales de la PML

Selección de procesos para un estudio más detallado



CNPML

Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador

- ◆ Proceso de Ribera
- Inicio del Proceso de Curticion
- Proceso de Curticion Propiamente
- ⊠ Proceso de Escurrido, Recurtido y Engrase
- ⊠ Proceso de Acabado del Cuero
- Almacenaje
- + Seguridad, salud, manejo de materiales (en el trabajo)

ANEXO 5:

**HOJAS DE SOFTWARE INFORMATICO ECO-
INSPECTOR PARA LA EVALUACION
PRELIMINAR EN PRODUCCION MÁS LIMPIA
DE LA EMPRESA “B”**

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Proceso de Ribera de la Empresa B

| Proceso 1 | | Ribera | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|-------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Pasos del proceso | | Es el proceso que elimina todas las impurezas, dejando solo la piel, y consiste en las siguientes etapas: recepción de materia prima, remojo, descarnado, desorillado, pelambre y encalado. | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación (Puntos por unidad) | Puntos totales (Proceso / Gastos) | | Comentarios (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| Entrada | Materiales problemáticos, (eco-) tóxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | el sulfuro de sodio y la cal hidratada como depilantes químicos | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | ocupan una gran cantidad de cal. | |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | solo ocupan energía eléctrica para el pelambre y encalado, y en las otras etapas es energía física. | |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | | las materias primas utilizadas son de bajo costo. | |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo sólido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | los residuos generados son cebo, pelo y trozos de piel dañada | |
| | Desechos especiales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | no | - | - | | poseen fosas sépticas para los baños y desvestidores | |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | la cal hidratada y sulfuro de sodio que se mezcla con el agua, le proporciona turbiedad y alcalinidad al agua | |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | los desechos sólidos se entierran y los líquidos pasan a una serie de pilas de cemento, en donde se elimina lentamente con un flujo pequeño. | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | el proceso posee algunas etapas manuales y otras con maquinaria (en batanes) | |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | hay poco control de las variables del proceso, debido al estado de la tecnología | |
| | Pérdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | el proceso manual puede ocasionar daños a la piel (materia prima principal) | |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | los batanes son de madera y metal recubierto internamente, estos son susceptibles a la humedad | |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | 1.5 | | El proceso se realiza en batanes, por lo que el mantenimiento implica detener la producción | |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinión del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 | | | Las condiciones en la que se mantiene y trabaja la materia prima puede mejorarse |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Proceso de Curtido 1 de la Empresa B

| Proceso 2 | | Curtido 1 | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|-----------------------------|----------------|--|---|--|
| Pasos del proceso | | desencalado, piquelado, curtido. | | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios | |
| | | | | | | | (Criterios de Evaluación) | Proceso | Gastos | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) | |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | Las sustancia que contiene cromo, y los acidos usados | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | La cantidad y variedad de materia prima usada es bastante | |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | 3 | | Se usa energía electrica en todas las etapas | |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | 3 | | Los costos de la materia prima auxiliar | |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | | 1 | 1.5 | 1.5 | | Los solidos como el pelo y trozos de piel, quedan en la mezcla de agua desechada, y su disposición final es el entierro en un terreno aledaño | |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | El cromo tiene el peligro de oxidarse y transformase en cromo VI, asi tambien el uso de acidos. | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | | no | - | - | | | |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | | 2 | 1.5 | 3 | | el cromo y los acidos | |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | | no | - | - | | | |
| Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | 3 | | se recircula para no desperdiciar la materia prima auxiliar, sin embargo esto puede ocasionar costos | | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | | 1 | 1.5 | 1.5 | | Las etapas del proceso ocupa equipo hechizo | |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | | 2 | 1.5 | 3 | | No hay un control adecuado de las variables que controlan el proceso. | |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | | 1 | 1.5 | 1.5 | | manipulación inadecuada de las pieles | |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | | 1 | 1.5 | 1.5 | | El equipo es susceptible a ser dañado por las condiciones del proceso | |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | | 2 | 1.5 | 3 | | es el proceso que mas usa los batanes, y al darles mantenimiento incurre en paros de producción | |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinion del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 | | | Este proceso presenta etapas en las cuales se detectan areas con potenciales de mejora. | |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pielés

Proceso de Curtido 2 de la Empresa B

| Proceso 3 | | Curtido 2 | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|---|---|---|---|---|--|---------------------------------------|-----------------------------|---|---|
| Pasos del proceso | | Ecurrido, dividido, rebajado, recurtido y engrase | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios |
| | | | | | | (por hora y por tonelada) | Proceso | Gastos | (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| Entrada | Materiales problematicos, (eco-) toxicos | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | engrasante |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | 3 | | ocupa corriente electrica en todos las etapas, ocupando distinto tipo de maquinarias. |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | | 3 | Energía eléctrica utilizada en los equipos. |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo solido, desecho | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Desechos espaciales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | no | - | - | | |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | el engrasante usado, asi tambien los quimicos del recurtido |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | |
| Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | | 1.5 | el agua posee una gran variedad de quimicos | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | existe maquinaria aunque esta no sea actualizada |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | no existe un control sistematico de las variables del proceso |
| | Perdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input checked="" type="radio"/> Cantidades grandes | 2 | 1.5 | 3 | | Las etapas de dividido y rebajado pueden dañar el cuero en ciertas zonas |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | Las unicas maquinarias que tendrian inconveniente serian los batanes |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | | 3 | es el proceso que mas variedad de maquinaria utiliza |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinion del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación selccionada = 1.5 | | Existen áreas potenciales de mejora |

Aplicación de Tecnologías de Producción Más/Limpias en el Sector de Curtiembre de Pieles

Proceso de Acabado del Cuero de la Empresa B

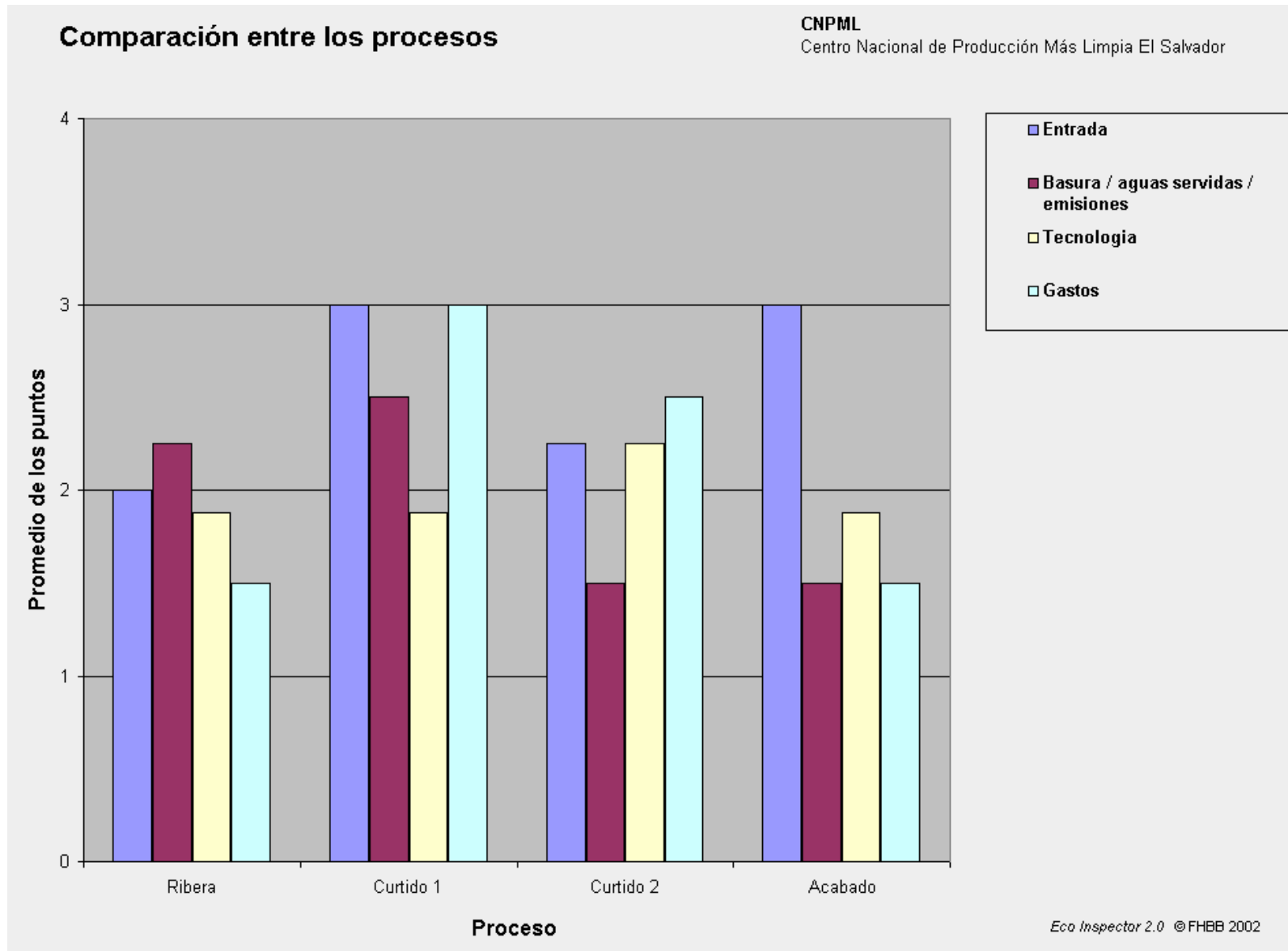
| Proceso 4 | | Acabado | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|------------------------------|----------------|--|--|
| Pasos del proceso | | secado, pinzado, desorillado, pulido y planchado. | | | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | | Comentarios (tipo, cantidad, pruebas patrones etc.) |
| | | | | | | | Capítulo I del Anexo I | Proceso | Gastos | |
| Entrada | Materiales problemáticos, (eco-) tóxicos | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Materia prima, material auxiliar y de operación | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Consumo de energía | <input type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input checked="" type="radio"/> Alto | 2 | 1.5 | 3 | | Energía eléctrica utilizada en forma calor y trabajo mecánico. | |
| | Costos (Entrada de materiales y energía) | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | | 1.5 | la maquina de secado solo es usada en dias humedos | |
| Basura / aguas servidas / emisiones | Residuo sólido, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | viruta de cuero | |
| | Desechos especiales o peligrosos (ej. Convención de Basilea) | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Aguas servidas o aguas negras | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Volúmenes pequeños | <input type="radio"/> Volúmenes grandes | no | - | - | | | |
| | Sustancias que causan problemas en las aguas servidas | <input checked="" type="radio"/> Ningunos | <input type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | no | - | - | | | |
| | Emisiones aerotransportadas (gases, hidrocarburos, polvo, calor inútil) | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | | |
| | Costos del tratamiento de los desechos (ej. Entierro sanitario) o de la preparación (internos/externos) | <input checked="" type="radio"/> Bajo | <input type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | no | - | - | - | agua en forma de humedad y calor inutil | |
| Tecnología | Estado de la tecnología | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | Existe maquinaria no actualizada | |
| | Nivel de la automatización | <input type="radio"/> Apropiado | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Inadecuado | 2 | 1.5 | 3 | | no hay control en las variables del proceso | |
| | Pérdida por errores en la producción, desecho | <input type="radio"/> Ningunos | <input checked="" type="radio"/> Cantidades pequeñas | <input type="radio"/> Cantidades grandes | 1 | 1.5 | 1.5 | | Se pueden perder trozos de cuero | |
| | Mantenimiento, servicio, limpieza | <input type="radio"/> Apropiado | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | | Se pueden mejorar las condiciones. | |
| | Costo del mantenimiento, servicio, paradas, desecho | <input type="radio"/> Bajo | <input checked="" type="radio"/> Moderado | <input type="radio"/> Alto | 1 | 1.5 | | 1.5 | las maquinas unas se usan frecuentemente y otras no lo que incurre en mantenimiento, una maquinaria por el uso frecuente y otras por la falta de uso | |
| Nivel de la optimización del proceso actual Opinión del experto | | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 | | Existe area en el manejo del cuero en las etapas, evitando que este se dañe | |

Almacenamiento de Materia Prima y Químicos de la Empresa B

| Proceso 9 | | Almacén 1 | Almacén de Materia Prima | | | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador |
|--------------------|--|---------------------------------------|---|--|---|---------------------------------|----------------|---|---|
| | | Almacén 2 | Almacén de Producto Terminado | | | | | | |
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación "Opinion del experto" | Puntos totales | Comments (descripción del almacenaje y mercancías, observaciones etc.) | |
| Almacén 1 | Sistema de gerencia en la operación (ej. "first-in-first-out") | <input checked="" type="radio"/> Si | <input type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> No | no | - | - | El encargado de la bodega trabaja según la materia prima que entra, es la primera en salir. | |
| | Organización para almacenar, limpiar, ordenar | <input type="radio"/> Excelente | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | Es posible mejorar las metodologías de almacenamiento y limpieza aplicado en la bodega. | |
| | Concepto de seguridad | <input type="radio"/> Condescendiente | <input type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input checked="" type="radio"/> Ninguno | 2 | 1.5 | 3 | La manipulación de la materia prima se realiza sin precaución | |
| | Nivel de la optimización, almacenaje 1 Opinion del experto | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | Valuación selccionada = 1.5 | | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | La distribución en el almacenamiento de la materia prima presenta un potencial de mejora significativo. |
| Almacén 2 | Sistema de gerencia en la operación (ej. "first-in-first-out") | <input checked="" type="radio"/> Si | <input type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> No | no | - | - | El encargado de la bodega trabaja según el producto que entra, es el primero en salir. | |
| | Organización para almacenar, limpiar, ordenar | <input type="radio"/> Excelente | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Inadecuado | 1 | 1.5 | 1.5 | Es posible mejorar las metodologías de almacenamiento y limpieza aplicado en la bodega. | |
| | Concepto de seguridad | <input type="radio"/> Condescendiente | <input checked="" type="radio"/> Conveniente para la optimización | <input type="radio"/> Ninguno | 1 | 1.5 | 1.5 | Los anaqueles se encuentran deteriorados. | |
| | Nivel de la optimización, almacenaje 2 Opinion del experto | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | Valuación selccionada = 1.5 | | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | La distribución en el almacenamiento de la materia prima presenta un potencial de mejora significativo. |

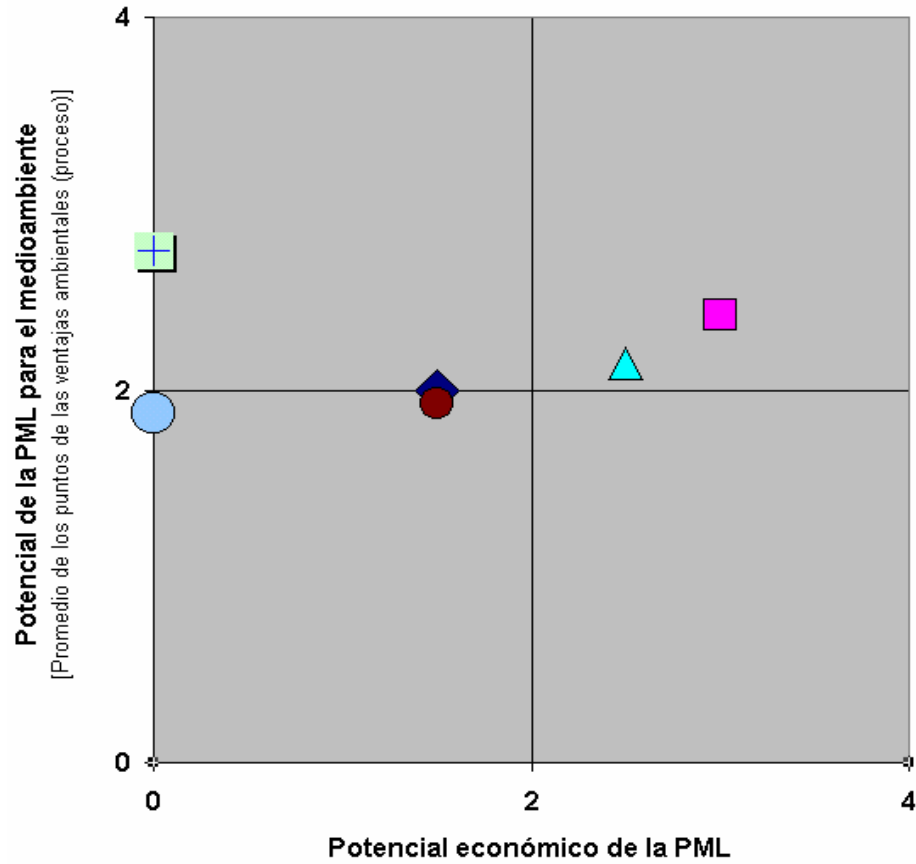
Seguridad e Higiene Industrial en la Empresa B

| Seguridad, salud, manejo de materiales (en el trabajo) | | | | | CNPML - Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador | | | |
|--|--|---------------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|------------------------------|---|
| Potencial estimado | | | | | Potencial disponible | Valuación | Puntos totales | Comentarios |
| Seguridad en el trabajo, salud | ¿Los empleados sufren problemas de salud? | <input type="radio"/> No | <input checked="" type="radio"/> En parte | <input type="radio"/> sí | 1 | 1.5 | 1.5 | no se obtuvo información |
| | ¿Están los empleados informados sobre higiene y seguridad industrial? | <input checked="" type="radio"/> sí | <input type="radio"/> No siempre | <input type="radio"/> No | no | - | - | no están informados y no guardan ninguna seguridad en el uso de químicos y sus desechos |
| | ¿Se utiliza el equipo de protección personal? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> No siempre | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | no usan equipo de protección. |
| | Nivel de la optimización de la seguridad en el trabajo, salud | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 |  | Existe un gran potencial de mejora |
| Seguridad en el proceso | ¿Tiene la empresa una evaluación de riesgo de accidente industrial? | <input type="radio"/> sí | <input checked="" type="radio"/> no | | 1 | | | |
| | ¿Están disponible las ayudas en caso de accidente (equipo de lucha contra el fuego, tanque de recolección, etc.)? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> Desconocido | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | poseían unos cuantos extintores |
| | ¿Se informan a los empleados sobre el equipo para combatir los accidentes? ¿Se llevan a cabo las sesiones regulares del entrenamiento? | <input type="radio"/> sí | <input type="radio"/> Desconocido | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | Se profundizará en la evaluación en planta. |
| | Nivel de la optimización de la seguridad de proceso, prevención de accidentes, riesgo <i>Opinion del experto</i> | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 |  | posee potencial de mejora |
| Manejo de materiales | ¿Se reducen al mínimo las rutas internas de transferencia / transporte de materiales? | <input type="radio"/> sí, óptimo | <input type="radio"/> Candidato a la optimización | <input checked="" type="radio"/> No | 2 | 1.5 | 3 | La distribución en planta es estrecha pero con obstáculos en algunos lugares |
| | ¿Hay pérdidas obvias como escapes, salpica, rellenos incorrectos, el consumo excesivo etc. ocurrieron durante el manejo? | <input type="radio"/> No | <input type="radio"/> A veces | <input checked="" type="radio"/> sí | 2 | 1.5 | 3 | Pérdidas de agua. |
| | Nivel de la optimización del manejo <i>Opinion del experto</i> | <input type="radio"/> alto W = 0.0 | <input type="radio"/> alto / medio W = 0.5 | <input type="radio"/> medio W = 1.0 | <input checked="" type="radio"/> medio / bajo W = 1.5 | <input type="radio"/> bajo W = 2.0 | Valuación seleccionada = 1.5 |  | posee potencial de mejora |

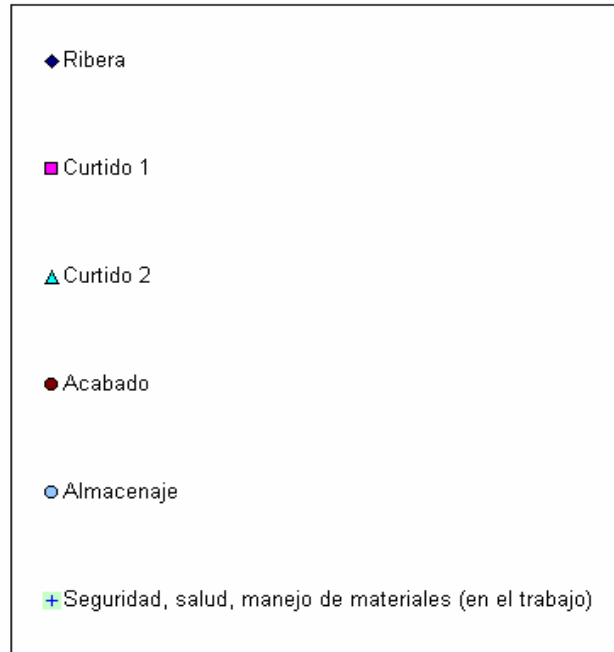


Resultados de la Empresa B

Grafico de los potenciales de la PML
Selección de procesos para un estudio más detallado



CNPML
Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador



ANEXO 6:

**MANUAL DE APLICACIÓN DE
TECNOLOGIAS DE PRODUCCIÓN/MÁS
LIMPIA PARA LE PEQUEÑA Y MEDIANA
INDUSTRIA DE CURTIEMBRE EN EL
SALVADOR**

INDICE:

| Contenido | Pág. |
|--|------|
| 1.0 Introducción. | 1 |
| 2.0 ¿Qué es Producción Más Limpia? | 2 |
| 3.0 La Industria de Curtiembre en El Salvador | 2 |
| 4.0 Implementación de Tecnologías de Producción Más Limpia En El Sector de Curtiembre | 3 |
| 5.0 Indicadores Ambientales de Producción Más Limpia | 6 |
| 6.0 Alternativas de Producción Más Limpia en el Procesamiento de Pieles | 7 |
| Conclusiones | 29 |
| Recomendaciones | 29 |
| Glosario | 30 |
| Referencias Bibliográficas. | 31 |

1.0 INTRODUCCION:

La aplicación de tecnologías de producción más limpia dentro de los procesos productivos trae consigo una gran cantidad de beneficios tanto económicos como ambientales para todas aquellas empresas que la implementen, debido a una reducción en sus costos, principalmente en el consumo de agua, energía eléctrica, materia prima y minimización de los desechos tanto líquidos, gaseosos o sólidos logrando a través de dichas tecnologías que el proceso sea más eficiente y amigable con el ambiente.

El sector curtiembre de pieles muestra elevados potenciales de mejora desde el punto de vista de la producción más limpia, debido principalmente al alto consumo de químicos que se emplean para el procesamiento de dichas pieles, principalmente en las operaciones de curtido de pieles el cual se realiza con sulfato de cromo, y otros químicos, generándose en esta etapa importantes vertidos líquidos que no tienen ningún tipo de tratamiento antes de ser descargados hacia un cuerpo receptor.

Otro potencial de mejora detectado en este sector es la cantidad de desecho sólido generado en las etapas de descarnado, dividido que es lo que se conoce como viruta(residuos de carne).

Este manual pretende entre otras dar soluciones o alternativas desde el punto de vista de la producción más limpia que estén acordes a la realidad del procesamiento de pieles en nuestro país en el cual se recomiendan técnicas para la minimización de perdidas en los recursos y lograr importantes ahorros en el agua, materia prima y minimización de desechos tanto sólidos, líquidos y gaseosos, también se dan recomendaciones como manipular y el equipo adecuado a utilizar cuando se manejen químicos tóxicos

Para la realización del manual se ha seguido la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), con apoyo y aprobación del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, dicha metodología incluye entre otros aspectos la realización de evaluaciones preliminares, balances de materia y energía y evaluaciones en planta, dicha información se basa en la experiencia obtenida en dos empresas del sector de curtiembre de pieles del país.

2.0 ¿QUE ES LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA?

Producción Más Limpia (P+L) es una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos. La P+L aplicada a los procesos, incluye el uso eficiente de materias primas, agua y energía, así como la eliminación de productos tóxicos y reducción de emisiones y desechos en la misma fuente de generación. Un Sistema de Producción Más Limpia reduce los problemas ambientales, los riesgos laborales, y mejora la competitividad y la eficiencia de la empresa.

Estudia la empresa, analizando cada proceso, cada actividad y cada producto, buscando la manera de hacerlos más eficientes (optimizando el uso de recursos –agua y energía– y materiales) y reducir así las pérdidas, y por tanto los desperdicios, logrando con ello ser más competitivos y a la vez que se mejora el desempeño ambiental, además es útil en todas las actividades dentro de una empresa, puede generar beneficios en cada uno de los procesos de producción dentro de la compañía, desde la recepción de materias primas hasta el despacho del producto terminado (CNPML,2003).

En El Salvador, los problemas relacionados con la contaminación ambiental son múltiples. El crecimiento poblacional e industrial influye considerablemente de manera adversa sobre varios de los recursos naturales del país.

Surge así de esta manera la necesidad de prevenir y no corregir todos aquellos problemas ambientales ocasionados por un proceso productivo poco eficiente y para lograr esto el sector industrial debe empezar a tomar en cuenta, involucrando el concepto de la producción más limpia dentro de todos y cada uno de los procesos productivos existentes.

3.0 LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE DE PIELES EN EL SALVADOR

Las tenerías o curtiembres son las fábricas que poseen capacidad de convertir las pieles frescas de ganado vacuno, porcino y otros animales de sangre caliente y ciertos reptiles como culebras, iguanas o garrobos, en un producto terminado conocido como *cuero*. El cuero es considerado un producto de mucha utilidad comercial debido a que es la materia prima para la elaboración de calzado, carteras, cinchos y otros artículos de uso del ser humano.

En la actualidad el sector tenero o Industria de Curtiembre de Pieles en El Salvador cuenta con 12 empresas de las cuales 10 se encuentran registradas en el Centro Nacional de Producción más Limpia de El Salvador, de éstas un total de 7 empresas son consideradas como pequeñas, tres como mediana y dos como grandes empresa

4.0 IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIAS DE PRODUCCION MÁS LIMPIA EN EL SECTOR DE CURTIEMBRE.

Para la implementación de las tecnologías de producción más limpia en el sector de curtiembre de pieles se desarrollan las siguientes etapas:

4.1.1 EVALUACION PRELIMINAR EN PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

Este paso debe tener como objetivo determinar áreas u operaciones con mayor potencial de aplicación de P + L, lo cual se realizará mediante una visita a la empresa de uno a tres días donde se debe recopilar información acerca de las cantidades de insumos o materias primas que entran a la operación, así como las salidas de esta, ya sean productos o desechos.

Dicha visita debe constar en la recopilación de información general de la empresa así como también la construcción de diagramas de flujo de proceso de los diferentes procesos existentes en la empresa todo con el objeto de identificar de manera cualitativa las entradas y salidas en cada una de las operaciones existentes siendo estas tanto de materia prima, producto terminado o desecho generado y con esto tener una mejor visión del proceso que sirva como base para la siguiente etapa de la implementación que es la evaluación en planta.

Para la recolección de información se debe contar con una guía la cual tiene formato de cuestionario que involucra una sección cada una de las operaciones de la planta como por ejemplo para el área de refrigeración, gerencia de energía, procesos entre otras las cuales deberán ser comprobados para cada uno de los encargados de dichas áreas o del dueño de la empresa.

Para determinar los potenciales de mejora en producción más limpia se recomienda la utilización de la herramienta informática conocida como ECO-INSPECTOR el cual es un software proporcionado por las Organización de las Naciones Unidas Para el Desarrollo Industrial (ONUDI) a través del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador (CNPML) y es utilizado para llevar a cabo este tipo de estudios.

Dicho programa proporciona un diagnóstico inicial y de manera cualitativa de cada una de las operaciones involucradas sobre que áreas u operaciones presentan potenciales de mejora en producción más limpia y a las cuales se pueden obtener mediante un estudio más detallado (evaluación en planta) beneficios económicos y ambientales potenciales para las empresas mediante las generación de opciones de producción más limpia.

4.1.2 EVALUACIÓN EN PLANTA EN PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

La evaluación en planta en producción más limpia consiste en retomar la información obtenido en el etapa anterior (evaluación preliminar) dicho estudio puede durar entre 12-15 días el cual dependerá del tamaño de la empresa y la complejidad del proceso en esta etapa se procederá a cuantificar las entradas y salidas ya sean de materia prima, producto terminado y desecho de todas aquellas áreas y operaciones que presentaron en la evaluación preliminar altos potenciales de mejora en producción más limpia.

Para la realización de la evaluación en planta se deben desarrollar las siguientes fases:

A. FORMACION DE EQUIPO DE TRABAJO EN P+L

Primero se debe formar un equipo de trabajo el cual será el encargado de supervisar y poner en marcha el proyecto, los integrantes de este grupo deben pertenecer a la empresa y serán los encargados de llevar a cabo todas y cada una de las opciones de producción más limpia que se vayan generando durante la evaluación en planta, siempre y cuando estas sean de rápida implementación

B. BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

Para la realización del balance de materia y energía se debe de tomar como base la información recopilada en la evaluación preliminar, así como también la de no descartar los registros de la planta ya que estos también son una fuente importante de datos. Dicha etapa puede durar entre 12-15 días y dependerá del tamaño de la empresa

Al momento de realizar el balance de materia y energía se deben considerar las siguientes cosas:

- Para la realización del balance se debe tomar la base en función de la producción ya que en algunas tenerías la producción es continua y en otras es por lote.
- Cuando se hagan mediciones en algunas operaciones del proceso de curtiembre es recomendable hacer por lo menos tres y luego sacar un promedio de estas.

- Cuando en una operación no se pueda conocer de ninguna manera una de las corrientes del proceso, está debe dejarse como incógnita para posteriormente calcularla mediante el balance materia.

Finalizada la recolección de datos se procederá al cálculo de todas aquellas variables que nos se pudieron estimar o medir en la investigación de campo y que luego serán extrapolados a una base de tiempo la cual dependerá de la empresa pero que se recomienda podría ser de un año

C. CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LAS AGUAS GENERADAS EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE

Parte importante para llevar a acabo la implementación de las tecnologías de producción más limpia al sector de curtiembre de pieles es la caracterización físico-química de las aguas residuales generadas durante el procesamiento de las pieles.

Un análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos (SS) y Sólidos Sedimentables (SD), aceites y Grasas y Análisis de Cromo(Total, Trivalente y Hexavalente) son muy importantes de realizar ya que pueden dar un estudio preliminar para la segregación de los desechos además de tener patrón de comparación con respecto a la norma del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en su norma para la Descarga de Vertidos Líquidos hacia un cuerpo Receptor.

En el caso especial de las tenerías se recomienda un análisis fisicoquímico para la determinación del cromo total, y hexavalente, procedente de las aguas de curtido para tener una visión general de cómo se esta dando el proceso de fijación del cromo en la piel y de alguna manera medir la eficiencia de absorción del cromo en dicha piel, también es recomendable la realización de un análisis de aceites y grasas para las aguas provenientes de las operaciones de engrase.

D. GENERACION DE OPCIONES DE P+L

Esta etapa es la más importante de llevar a cabo durante la implementación de las tecnologías de producción más limpia en el sector de curtiembre de pieles ya que se extrae lo mas importante de las etapas anteriores todo con el objetivo de generar opciones u alternativas de producción más limpia que le den al sector de curtiembre beneficios económicos y ambientales potenciales en un periodo de tiempo estipulado así

como también la posibilidad de una mejora en sus procesos mediante la transferencia de algún tipo de tecnología para lograr con eso una mayor eficiencia en su proceso.

Tomando para dichas opciones u alternativas como punto de referencias las estrategias de producción mas limpia mejor conocidas entre las cuales podemos mencionar:

- Cambio en las materias primas.
- Cambio en la producción/proceso.
- Reciclaje/recuperación in situ.
- Explotación de subproductos útiles.
- Modificación del producto.
- Buenas prácticas de manufactura.
- Control de los procesos.
- Manejo de materiales.

Una vez se hallan establecido las posibles opciones u alternativas de producción más limpia éstas deben ser de evaluadas tanto desde el punto de vista técnico económico como ambiental.

Ya que mediante el estudio técnico económico se estudia la posibilidad de implementación de la opción, viendo que beneficios económicos le puede traer a la empresa el implementarla, así como si es necesaria de una inversión cual podría ser el periodo de retorno de la inversión mediante los ahorros que la opción le dejaría a la empresa al implementarla, en cuanto el punto de vista ambiental se refiere específicamente a la cantidad de desecho que ya no se estaría descargando ya sea a las tuberías o hacia un cuerpo receptor(río).

5.0 INDICADORES AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA:

El uso de indicadores ambientales, se ha transformado en una herramienta eficaz para el diagnostico ambiental en muchos lugares del mundo, ya que permite por un lado sintetizar la información en unos pocos parámetros básicos, como también para el evaluador poder disponer de la información en una secuencia ordenada. A su vez el uso de indicadores permite la construcción de índices por agregación de estos mismos, permitiendo que estos se transformen en una valiosa herramienta para la toma de decisiones de organismos públicos y privados.

Por si solos, los indicadores ambientales pueden servir de comparación entre alguna mejora que se haga al proceso, para determinar su efectividad. Además de eso, se puede utilizar para monitorear un proceso y verificar que se cumplan con los estándares de materiales. Lo que además de controlar la entrada, mejora la calidad del producto.

Además de insumos materiales, también se puede trabajar para conocer la energía utilizada, medida en kW-h/ton prod.

Requerimientos Básicos para la implantación y Operación de Indicadores Ambientales en un Proceso Productivo:

1. Disponibilidad de Indicadores ambientales cuantitativos
2. Disponibilidad del Sistema de Medición
3. Disponibilidad del personal capacitado y responsabilizado
4. Llevar un sistema de Administración Ambiental de dichos indicadores.

Los indicadores ambientales más importantes en cuantificar o medir en el sector de curtiembre de pieles se mencionan a continuación:

1. Vertido líquido generado / Pie² de cuero acabado
2. Emisiones de NH₃ / Pie² de cuero acabado
3. Emisiones de H₂S / Pie² de cuero acabado
4. Emisiones de SO₂ / Pie² de cuero acabado
5. Desecho sólidos / Pie² de cuero acabado
6. Cromo de agua Residual / Pie² de cuero acabado
7. Consumo de Químicos / Pie² de cuero acabado

6.0 ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR DE CURTIEMBRE DE PIELES:

Alternativa 1: “Optimización de las Condiciones del Calentador de Agua”

Al utilizar aislamiento en los calentadores; se disminuye el tiempo de operación de las máquinas, existiendo con ello un ahorro económico, agilizándose el proceso en general.

El aislante debe ser de un material adecuado y un grosor determinado, para lograr la eficiencia requerida, obteniendo las temperaturas deseadas.

Es conveniente tener el diseño del calentador para poder identificar otros problemas que pudiera poseer.

El análisis de la opción presenta **Beneficios Económicos Potenciales de aproximadamente 4,644 \$/año** y además **Beneficios Ambientales Potenciales de 2.06E 5 MJ/año**

La implementación de esta opción requiere una inversión de aproximadamente \$143 para la cual consta de rellenar el calentador de agua con un aislante que para el caso de estudio es yeso, evitando con esto las pérdidas por calor y con esto optimizar el consumo de energía para el calentamiento, por lo que el **Periodo de Retorno de la Inversión de aproximadamente 12 días**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de las pérdidas de calor generadas en la coraza con aislamiento y con una mejor Distribución de las resistencias y comparándolas con las pérdidas de calor generadas en la coraza sin aislamiento, siempre comparándolas en función del producto terminado.

Se conoce que se generan 7500 pie² de cuero terminado al año (Producto Terminado)

El calor perdido sin aislamiento para un año es:

$$Q'_{perdido} = 4794.1 \frac{kW \cdot h}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 57529.2 \frac{kW \cdot h}{año}$$

El indicador ambiental sin aislamiento

$$\text{Indicador ambiental sin aislamiento: } 57529.2 \frac{kW \cdot h}{año} \cdot \frac{1 \text{ año}}{7500 \text{ pie}^2} = 7.67056 \frac{kW \cdot h}{\text{pie}^2}$$

El calor perdido con aislamiento para un año es:

$$Q'_{perd} = 29.3399 \frac{kW \cdot h}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 352.079 \frac{kW \cdot h}{año}$$

Entonces el indicador ambiental con aislamiento

$$\text{Indicador ambiental con P+L: } 352.079 \frac{kW \cdot h}{año} \cdot \frac{1 \text{ año}}{7500 \text{ pie}^2} = 0.046944 \frac{kW \cdot h}{\text{pie}^2}$$

Indicador Ambiental Actual: 7.67056 Kw-h/ Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 0.046944 Kw-h / Pie² de Cuero acabado

Alternativa: 2 Reutilización de la Grasa Generada en la Operación de Desmantecado para Engrase.

El residuo proveniente de la operación de descarnado es rico en grasa, la cual puede ser reutilizada en la operación de engrase del cuero.

Según el estudio realizado se ha comprobado que para el procesamiento de 150 pieles de cerdo en crudo mensual se generan entre 460-465 kg de grasa o sebo la cual mediante un tratamiento previo de fundición y adición de hidróxido de sodio se puede generar una grasa cationica la cual puede cumplir la función de engrasante que le proporciona suavidad a los cueros durante la operación de engrase, además al realizar esta opción se pueden lograr **Beneficios Económicos Potenciales** de aproximadamente **1,048 dólares anuales** y **Beneficios Ambientales Potenciales de 489 kg de grasa o Sebo** no descargadas al vertido liquido.

La implementación de esta opción requiere una inversión de aproximadamente 850 \$ para la compra del calentador que seria utilizando tanto para la fundición de la grasa como también para el calentamiento del agua a utilizar en la operación de Engrase de las pieles logrando a partir de los ahorros anuales mencionados anteriormente un **Retorno de la Inversión de aproximadamente 13 meses (1.08 años)**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de grasa o sebo que en un futuro se pueda llegar a utilizar en su totalidad para llevar acabo el Engrase de los cueros y con esto lograr reducir la cantidad de desecho sólido que se genera en la operación de desmantecado.

Indicador Ambiental Actual: 18 gramos de sebo / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 9 gramos de sebo / Pie² de Cuero acabado

Alternativa: 3 Reciclado de Baños

Reciclaje y Reutilización de las Aguas de Curtido al Cromo

Las aguas de cromo que fueron utilizadas en el proceso de curtición de las pieles, pueden ser recolectadas a través de canales, siendo acumulados en tanques en donde pueden ser tratados, debido a la carga orgánica proveniente de las pieles. Sin embargo debido a las características físicas de la carga orgánica, estas pueden ser separadas en un gran porcentaje mediante un sistema de tamices; las aguas de cromo reutilizadas no poseen la misma cantidad de cromo inicial debido a que cierta parte fue adsorbido por las pieles, como además sus características fisicoquímicas (pH, densidad) no son las mismas por lo que se hace necesario ajustarlo a las condiciones adecuadas, entre estas dejar reposar dicho licor por aproximadamente 24 horas para posteriormente ser reutilizado en las etapas de pre-curtido, curtido y recurtido.

En la figura 3 se muestra un esquema básico para realizar esta alternativa así como de los equipos necesarios para llevarla a cabo.

Este licor de cromo puede ser utilizado en la siguiente operación de curtición y puede ser llevada al batan por medio de cubetas por los trabajadores teniendo en cuenta las medidas de seguridad necesarias para que estos no tengan contacto directo con el licor de cromo el cual contiene una alta concentración de cromo que es dañina para la salud.

Para poder disminuir la concentración de sulfato de cromo en las aguas de desecho, se puede introducir licor de cromo directo al batan.

Según un estudio realizado por (CEPIS,1996). En su informe Técnico en el manejo de residuos en una curtiembre los baños generados en la operación de curtido al cromo pueden ser reutilizados 5 veces después del baño inicial bajo condiciones controladas de pH sin afectar la calidad de los cueros.

Se sabe que de acuerdo al balance de materia realizado que **140-155 gal de licor de cromo pueden ser obtenidos de las aguas de desecho / lote**

Por la reutilización del licor de cromo se puede obtener una reducción de sal de cromo comercial de 50-100 kg por batch que traduciéndose en términos monetarios representa aproximadamente un **Beneficio Económico Potencial de 610-865 \$ por año y Un Beneficio Ambiental Potencial de 600-850 kg de Sulfato de Cromo no descargados en el año al vertido líquido.**

La implementación de esta opción requiere una inversión de aproximadamente 175 \$ para adquirir todo el equipo necesario para darle el tratamiento previo al licor de cromo que sea recolectado logrando a partir de los ahorros anuales mencionados anteriormente un **Retorno de la Inversión de aproximadamente 3 y 4 meses.**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking).

Indicador ambiental actual = 22-26 gramos de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado

Indicador ambiental con P+L = 10-15 gramos de sulfato de cromo/pie² de cuero acabado

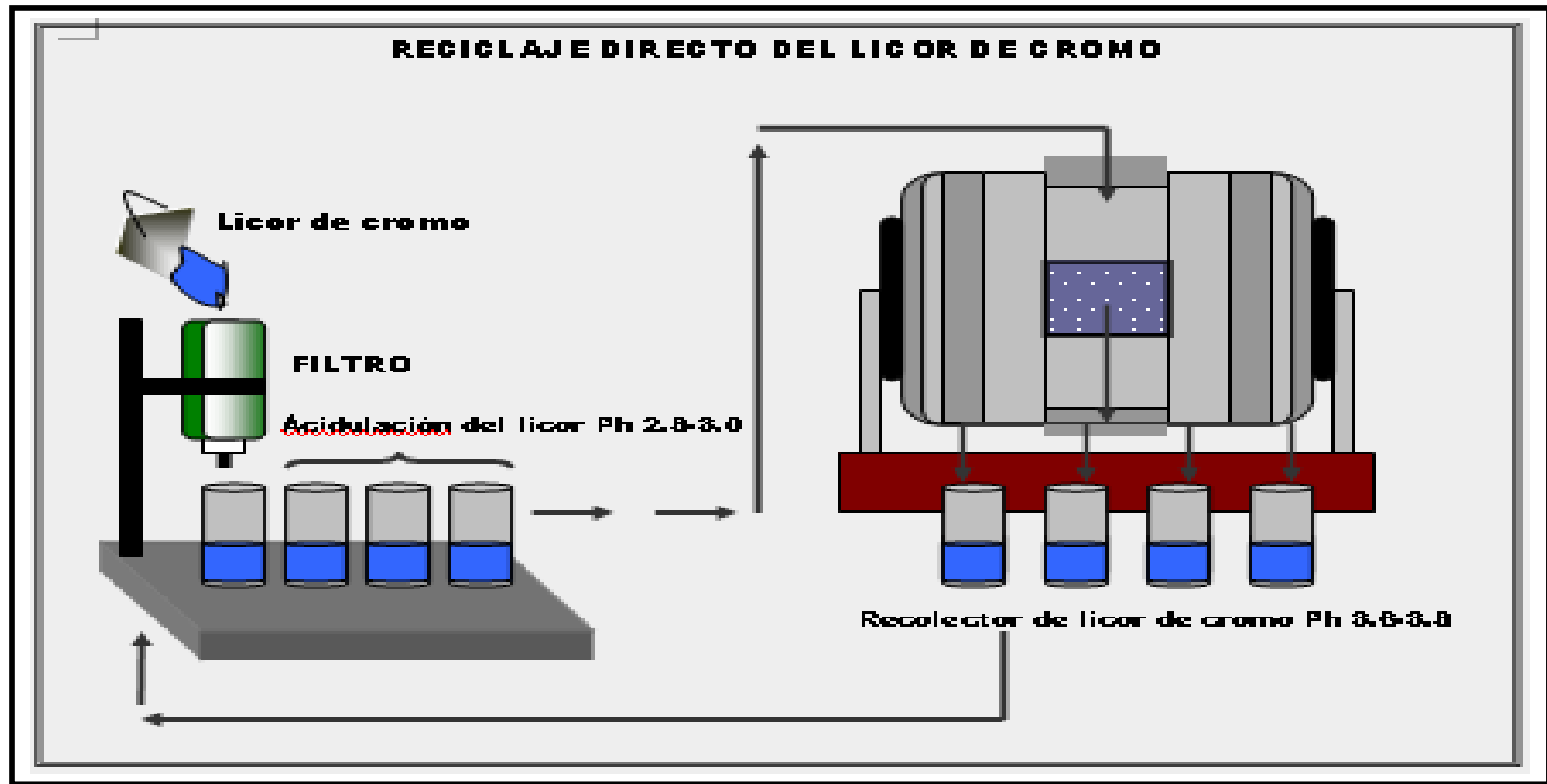


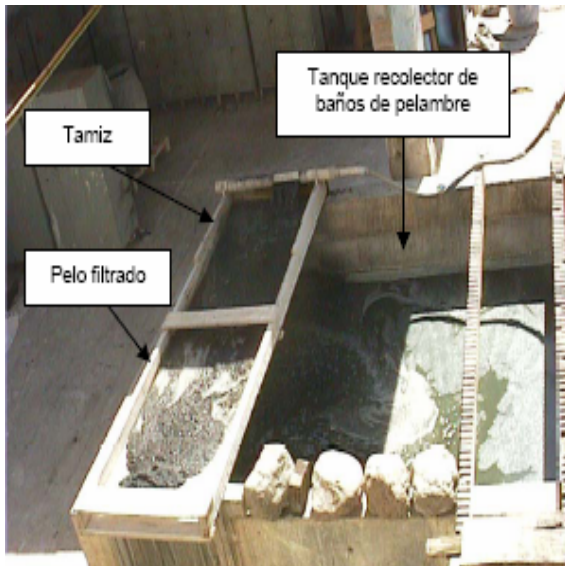
Figura 3 para El Reciclaje del licor de cromo

Alternativa 4: Reciclados de Baños Directos en la Operación de Pelambre y Encalado

Los baños residuales del pelambre son ricos en sulfuro y cal, por lo que son aptos para su reuso en un nuevo ciclo. Sin embargo, los sólidos suspendidos y parte de los sólidos disueltos pueden crear problemas en el reciclaje. Si bien los sólidos disueltos no son fáciles de eliminar, los sólidos suspendidos pueden separarse con mayor facilidad. Algunas plantas poseen tanques de sedimentación o centrifugas para separar sólidos en suspensión.

Según un estudio Técnico (Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre) el cual fue realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS,1996). los baños de pelambre luego de su Baño inicial se pueden utilizar dos veces más logrando con esto importantes ahorros tanto en el consumo de los químicos más importantes (Cal y sulfuro de sodio), así como también una reducción importante en los vertido líquidos generados en esta operación.

Además mediante dicha opción se pueden reducir según el estudio realizado las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) generadas en la operación de pelambre de un 30-35 % de las que se generan en las condiciones actuales de las empresas.



Sistema de Recolección de Baños de Pelambre

Para el procesamiento de 300-450 pieles a través de la reutilización de los baños de pelambre y encalado se pueden obtener beneficios económicos potenciales anuales de aproximadamente **190-195 dólares**.

Además se pueden obtener beneficios ambientales potenciales de:

- ✓ Reducción de Sulfuro de Sodio (Na_2S): 119 kg de sulfuro de sodio no descargados en el vertido líquido por año
- ✓ Reducción del uso de Cal: 456 kg de cal no descargadas en el vertido líquido por año.
- ✓ Reducción de las emisiones de Sulfuro de Hidrogeno(H_2S): 52 kg H_2S no emitidas a la atmósfera en una año

De acuerdo la investigación realizada y tomando como base el procesamiento de 300-450 pieles en crudo por mes se obtuvo el rendimiento de la operación de pelambre y encalado mediante el uso de indicadores ambientales o Indicadores Claves de Desempeño Benchmarking los cuales se muestran a continuación:

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de Sulfuro de Sodio (Na_2S) y Cal que es empleado conocer el rendimiento de la operación de Pelambre y Encalado de las pieles, realizando una comparación de estos indicadores de desempeño en función de los químicos empleados y de las emisiones gaseosas generadas a partir de los Pie^2 de cuero acabado.

En base a un mes de Consumo de Químicos empleados para la Operación de Pelambre y Encalado:

Indicadores Ambientales por el uso de Sulfuro de Sodio:

Indicador Ambiental Actual: 3.32 gramos de Na_2S / Pie^2 de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 1.10 gramos Na_2S / Pie^2 de Cuero acabado

Indicadores Ambientales por el uso de Cal:

Indicador Ambiental Actual: 12.66 gramos de Cal / Pie^2 de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 4.22 gramos Cal / Pie^2 de Cuero acabado

Indicadores Ambientales por la generación de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S):

Indicador Ambiental Actual: 1.45 gramos de H_2S / Pie^2 de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 0.483 gramos H_2S / Pie^2 de Cuero acabado

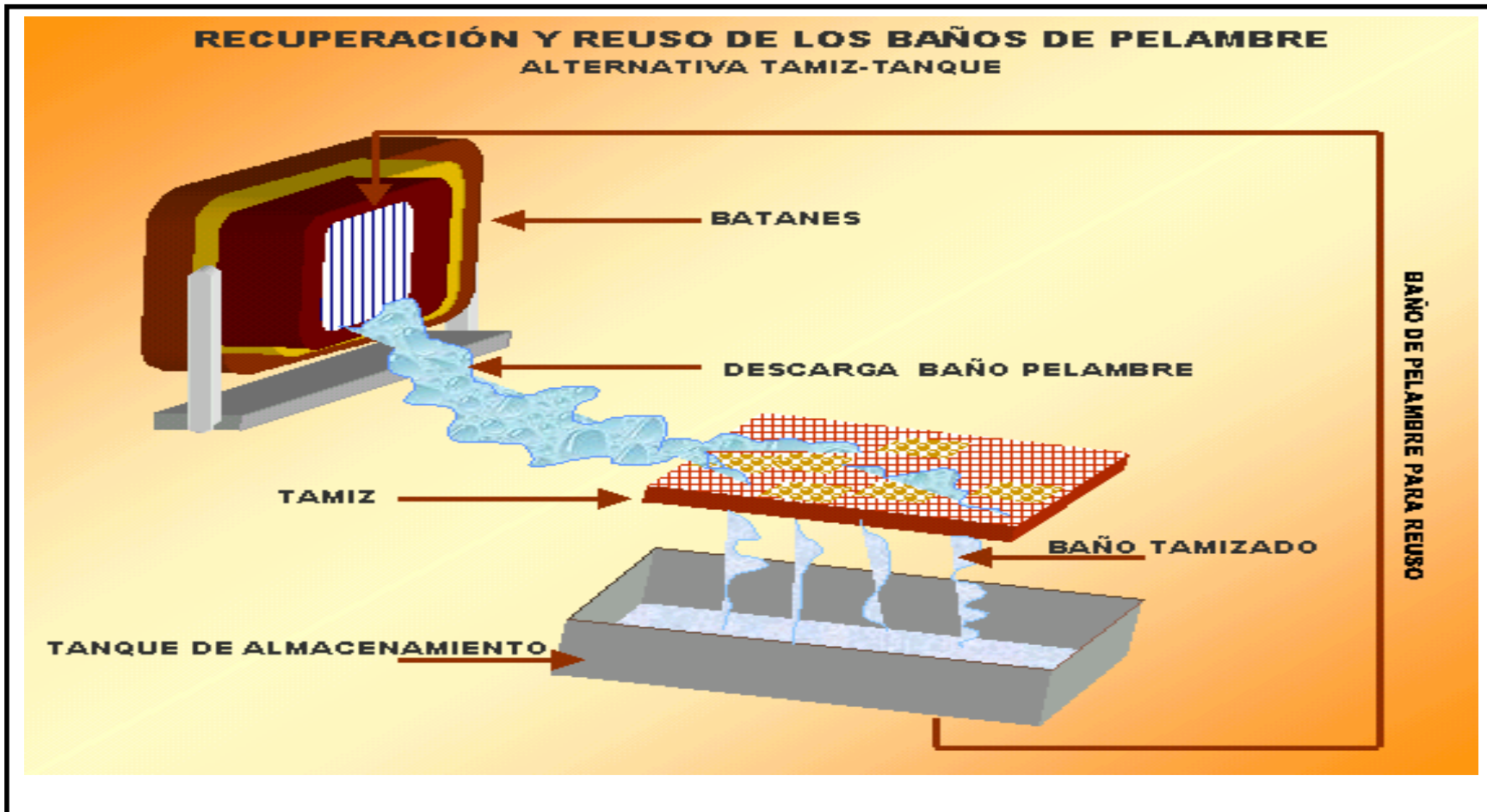


Figura 4 Para el Reuso de los Baños de Pelambre

Alternativa 5 Tecnologías de Alto Agotamiento para la Operación de Curtido al Cromo:

Las tecnologías de alto agotamiento, es el ideal perseguido por la industria de curtiembre de pieles en general, ya que se busca como objetivo principal que todos los productos utilizados, en este caso químicos se incorporen al cuero en un 100%, lo cual no se da en la mayoría de ocasiones todo por desconocimiento por parte del productor de pieles causando un grave daño ecológico y a la vez económico por el uso ineficiente de los químicos que son empleados en la operación de curtido al cromo.

Para obtener el mayor rendimiento en la absorción del cromo en el cuero se pueden adoptar algunas recomendaciones:

1. Seleccionar curtientes y colorantes de buena afinidad al cuero, lo cual debe ser consultado por el proveedor de estos.
2. Incrementar en lo posible las temperaturas dentro de los batanes, ya que al lograr esto se logra acelerar la fijación de los químicos en el cuero.
3. Llevar el pH de los baños a valores que proporcionen el máximo agotamiento de los químicos en los cueros.
4. Trabajar con baños cortos, esto permite reducir el consumo de químicos y además se logra una reducción significativa de estos en las aguas residuales.
5. Solicitar a los proveedores de dichos productos curvas de agotamiento las cuales son función de la concentración, temperatura, pH, y tiempo

Al tomar en cuenta dichas recomendaciones se puede disminuir notablemente la cantidad de cromo en el efluente, logrando con esto que el sector de curtiembre de pieles obtenga importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

De acuerdo a referencia bibliográfica (**SERRANO MARTINEZ, 1998**) la aplicación de tecnologías de alto agotamiento se puede lograr la absorción de dicha sal en el cuero en un 79% a un temperatura de aproximadamente 40 C y un pH de 3.8-3.9 proveniente de la operación de piquelado. (ver curva de Absorción del oxido de cromo Cr_2O_3 en función de la temperatura y el pH).

Al aplicar las tecnologías de alto agotamiento en las operaciones de curtido al cromo en general se pueden obtener para el procesamiento de 150 pieles (batch) ahorros muy significativos de la sal de cromo comercial o sulfato de Cromo $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ según el

estudio realizado en producción más limpia para el sector de curtiembre el consumo de el sulfato de cromo por batch es de aproximadamente 120-170 kg de Cr (OH) SO₄.

Mediante la aplicación de Tecnologías de Alto Agotamiento se puede obtener una absorción de casi el 80% de esta sal en el cuero, en general se pueden obtener **Beneficios Económicos Potenciales** de aproximadamente **930-1325 dólares en el año** y **Beneficios Ambientales Potenciales** de **921-1300 kg de sal de cromo (Cr (OH) SO₄) no descargadas en el vertido líquido por año.**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la cantidad de sulfato de cromo Cr (OH) SO₄ que se reduciría al aplicar las tecnologías de alto agotamiento en las operaciones de precurtido y recurtido al cromo.

En base a un mes de Consumo de Sulfato de Cromo

Indicador Ambiental Actual: 26-56 gramos Cr (OH) SO₄ / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 21-44 gramos Cr (OH) SO₄/Pie² de Cuero acabado

Alternativa 6: Reutilización de la Sal de Recepción de Materia Prima para la operación de piquelado.

Esta opción permite la recuperación de la sal la cual mediante un pequeño tratamiento puede ser reutilizada en la operación de piquelado logrando con esto reducir el consumo de la misma y evitar que esta se incorpore al agua.

El tratamiento consiste básicamente en los siguientes pasos:

1. Separación mecánica de la sal (Ver foto)
2. Lavado de la sal para eliminar impurezas que se encuentren presentes.

Según el estudio realizado en dos empresas del sector de curtiembre de pieles a cada piel que entra a la operación de Recepción de Materia Prima se le adiciona en promedio entre 4-6 libras (1.8-2.2 kg) de sal por cada piel en fresco, por lo que para un procesamiento de 150-300 pieles en el mes se generan 408 - 750 kg de sal (NaCl).

Dicha sal mediante el tratamiento previo mencionado anteriormente se puede reutilizar parte de esa sal para la operación de piquelado, mediante dicha opción de producción limpia se pueden obtener **Beneficios Económicos Potenciales** de aproximadamente **326 – 979 dólares en el año** por el ahorro de este insumo y además de lograr importantes

Beneficios Ambientales Potenciales de 1632 - 4898 kg de sal en el año que ya no se descargarían en el vertido líquido.

La implementación de esta opción requiere una inversión de aproximadamente 50 - 80 \$ para lograr la recuperación de sal proyectada y posteriormente ser utilizada en la operación de Piquelado logrando a partir de los ahorros anuales mencionados anteriormente un **Retorno de la Inversión de aproximadamente 2 meses (0.14 años)**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmark)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de la reducción en el consumo total de sal en un año, sería de aproximadamente un 25% con respecto al consumo de sal que inicialmente se tiene.

En base a un mes de producción:

Consumo de sal en el mes: 544.05 kg de sal

Reducción del consumo de sal en el mes: 136 kg

Indicador Ambiental Actual: 0.12 kg sal / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 0.090 – 0.045 kg sal / Pie² de Cuero acabado



Mesa Para Remoción de la sal contenido en las pieles



Procedimiento de remoción de sal de las pieles

Alternativa: 7 Capacitación Periódica de los empleados sobre Higiene y Seguridad Industrial:

Las buenas practicas de operación consisten en eliminar todas aquellos procedimientos que reducen la eficiencia de los procesos en cuanto al consumo de reactivos, energía, tiempo etc. Las buenas practicas incluyen procedimientos adecuados de limpieza, evitar acumular desperdicios, ya que como sabemos los residuos sólidos y líquidos en el procesamiento de las pieles son altamente tóxicos y peligrosos y que son fuente de posibles infecciones y malos olores por lo que surge la necesidad de realizar periódicamente una capacitación a todos los empleados de la planta para evitar cualquier accidente.



La capacitación periódica de los empleados de la empresa sobre seguridad industrial y salud ocupacional en el proceso mismo, le permitirá a la empresa disminuir la posibilidad de derrames y accidentes, dentro de esta materia esta la elaboración de hojas de control para los procedimientos de limpieza de equipos y recipientes, manuales de procedimiento de maquinarias y sobre emanaciones toxicas principalmente por el uso de químicos que son altamente tóxicos y que son utilizados en general en el procesamiento de las pieles para la fabricación de cueros.

El punto de las emanaciones peligrosas es importante considerando el uso de químicos como el sulfato de amonio utilizado en la operación de Desencalado, el cual genera a partir de la reacción Hidróxido de amonio que luego se disocia en un gas altamente toxico como lo es el amoniaco, además es recomendable la capacitación sobre el manejo y disposición de los efluentes para evitar posibles intoxicaciones.

Por otro lado se puede capacitar a las empresas curtiembres sobre procedimientos de adecuación por ejemplo en la colocación de recipientes cerca de las maquinas de descarte, rebajado o dividido operaciones en las cuales se generan los desechos sólidos de este sector todo con el objeto de recoger dichos sólidos en el momento que se están generando, también la instalación de sistemas de eliminación del polvo de lijado así como la exigencia de los equipos de seguridad industrial.

Otro punto importante para capacitación es sobre el almacenamiento adecuado de los reactivos químicos y de ventilación de los lugares donde se trabaja con solventes.

Alternativa 8: Adquirir fichas Técnicas y equipo de protección personal para el uso y manipulación de químicos.

La utilización del equipo de protección personal es importante, las mascarillas antigases son un factor importante para las vías respiratorias, principalmente cuando se manipulan los diferentes químicos que se utilizan para el procesamiento de las pieles.

El método más eficaz para obtener buenos resultados en la higiene y seguridad industrial, es realizar un reconocimiento de la importancia de la responsabilidad del empleador de garantizar que el lugar de trabajo sea seguro y no presente riesgos para la salud de los trabajadores, además de la adopción de una política de seguridad e higiene en la empresa; y el estímulo de una amplia participación de los trabajadores en las actividades de seguridad e higiene en el lugar de trabajo. Los trabajadores deben estar informados de la índole de los riesgos profesionales a que pueden estar expuestos.

La inhalación constante de emisiones como sulfuro de hidrogeno provenientes de la operación de pelambre y amoniaco generadas en la operación de desencalado, representa una alta probabilidad de problemas respiratorios que con el transcurso del tiempo pueden terminar en enfermedades profesionales, conocidas como afecciones agudas o críticas que pueden ser víctima los obreros como consecuencia del ejercicio habitual de una profesión, por la manipulación de estos químicos.

A continuación se presentan los diferentes tipos de equipo de protección personal clasificados de acuerdo a las diferentes etapas existentes en el procesamiento de las pieles.

OPERACION: RECEPCIÓN DE LAS PIELES

DESCRIPCIÓN:

Esta es la etapa donde llegan las pieles en el transporte. Cuando están saladas, generalmente son descargadas, para posteriormente ser partidas por la mitad, cargadas en los batanes o paletos para proseguir a las siguientes etapas de remojo y pelambre. En algunas tenerías las pieles no se parten.

Si las pieles vienen frescas (en sangre), se comienza el proceso inmediatamente.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Faja
- Botas de hule
- Lentes de seguridad

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ESTA ETAPA

La sal es un agente que puede causar irritación si se pone en contacto con las mucosas. La piel a pesar, de su conservación contiene bacterias, por lo que es importante el aseo personal de los trabajadores al término de la jornada.

OPERACION: REMOJO

DESCRIPCIÓN:

Consiste en un tratamiento de la piel en bruto (Salada o fresca) con agua y que tiene como objetivo limpiar de estiércol, sangre y productos empleados en la conservación, disolver parcialmente las proteínas solubles en agua y/o en agua salina, y llevar la piel al estado de hidratación que tenía en el animal vivo. La piel en sangre solamente requiere un lavado.

FORMA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS PIELES

- a).- Piel Conservadas por Sal: Si están bien conservadas, es conveniente el empleo de algún bactericida y tensoactivo; en caso contrario, si están mal conservadas, se requiere de un lavado para eliminar el medio nutriente de las bacterias y luego el remojo en un baño nuevo con adición de bactericidas y tensoactivos, al igual que en el caso anterior.
- b).- Piel Secas: El proceso de conservación se lleva a cabo mediante una deshidratación por exposición al ambiente donde no se usan generalmente sal o bactericidas. Al momento del remojo habrá posibilidades de una rápida descomposición de la piel por la presencia de bacterias que comenzaron a atacarla, durante el secado.
- c).- Piel en Sangre: cuando se procesan pieles en sangre se recomienda dar un primer lavado. Posteriormente se añaden pequeñas cantidades de sal para solubilizar proteínas, esta sal se agrega en base al peso de la piel. En esta operación también se utilizan bactericidas en pequeñas cantidades.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Botas de hule
- Mandiles de plástico
- Fajas

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ESTA ETAPA

- Aseo personal una vez concluida la jornada.
- Es importante extremar las precauciones durante la carga del Batán.
- Es importante exigir al proveedor de materiales químicos las hojas de seguridad que de acuerdo a la normatividad en materia de higiene y seguridad por obligación tiene que proporcionar y darlas a conocer a todo el personal.

OPERACION: PELAMBRE

DESCRIPCIÓN:

Esta etapa consiste en: separar el pelo o lana de la piel, destruir la epidermis, hinchar y separar las fibras y fibrillas del colágeno, destruir proteínas no estructurales así como nervios, vasos sanguíneos y músculos. Con el objeto de preparar químicamente la piel para tener un mejor aprovechamiento de los curtientes.

Debido a la presencia en esta etapa de el sulfuro de sodio el cual al reaccionar con el agua genera importantes emisiones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S).

Se ha logrado estimar que en las tenerías de nuestro país que procesan entre 300 – 450 pieles en bruto (promedio en base a un mes de producción, según investigación realizada) durante la operación de pelambre se emiten a la atmósfera alrededor de 6.5 kg de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S).

Además se pudo constatar mediante indicadores ambientales que por pie^2 de cuero acabado se emiten entre 1.45 gramos de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S).

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Lentes de seguridad
- Protección respiratoria contra emisiones de sulfuro de hidrogeno
- Botas de hule
- Guantes

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
EN ESTA ETAPA

- Toda persona deberá utilizar protección respiratoria contra vapores ácidos al destapar el Batan en esta etapa del proceso.
- El personal que lleve a cabo esta operación deberá utilizar protección respiratoria contra polvos en el momento de la adición de los productos químicos (sulfuro de sodio, sulfhidrato de sodio y cal).
- Aseo personal una vez concluida la jornada.

OPERACION: DESENCALADO:

DESCRIPCIÓN:

En esta operación se elimina la cal y productos alcalinos del interior de la piel. Algunas sustancias para desencalar son: ácido sulfúrico, ácido acético, ácido fórmico, bisulfito de sodio, sulfato y cloruro de amonio.

En esta operación se determino que por el uso de Sulfato de Amonio se generan emisiones de Amoniaco gaseoso el cual es un gas altamente toxico y dañino para la salud.

Las emisiones gaseosas mensuales generadas en la operación de desencalado oscilan entre de 15.4 kg – 35.06 kg de NH₃, por el procesamiento de 300-450 pieles en bruto.

En cuanto al indicador ambiental en esta operación se determino que por cada pie² de piel acabada se emiten en promedio 3.42 gramos-4.6 g de Amoniaco gaseoso.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Botas de hule
- Protección respiratoria contra vapores de amoniaco
- Lentes de seguridad

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
EN ESTA ETAPA

- Toda persona **deberá utilizar protección respiratoria** contra vapores de amoniaco al destapar el tambor en esta etapa del proceso.
- Aseo personal una vez concluida la jornada.
- Es importante exigir al proveedor de materiales químicos las hojas de seguridad que por obligación tiene que proporcionar y darlas a conocer a todo el personal.

- Mantener destapados los ejes del Batan.

OPERACIÓN DE PIQUELADO:

DESCRIPCIÓN:

Puede considerarse como un complemento del desencalado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además de preparar la piel para el proceso de curtido.

En las operaciones de desencalado no se elimina toda la cal que la piel absorbe. El pH final del desencalado es de 8.3 aproximadamente, se ha eliminado la cal no combinada que se encuentra en los espacios interfibrilares, pero no el álcali que está combinado con el colágeno. En la operación del piquelado se trata la piel desencalada y rendida con productos ácidos que los incorporan a la piel y al mismo tiempo bajan el pH hasta un valor entre 1.8 y 3.5, dependiendo del artículo a fabricar.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Botas de hule
- Protección respiratoria para vapores ácidos (durante la dilución del ácido sulfúrico y apertura del batan.
- Careta

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

EN ESTA ETAPA

- Aseo personal una vez concluida la jornada.
- Es importante exigir al proveedor de materiales químicos las hojas de seguridad que por obligación tiene que proporcionar y darlas a conocer a todo el personal.
- Mantener destapados los ejes de los tambores.

OPERACIÓN: CURTIDO AL CROMO

DESCRIPCIÓN:

El curtido al cromo, es la reacción de la piel con las sales de cromo, las cuales dan alta estabilidad a la estructura fibrosa, en este estado, el cuero es muy resistente al ataque bacteriano y a las altas temperaturas.

El cromo se clasifica como sal inorgánica y para que una sal inorgánica tenga capacidad curtiente es necesario que su solución acuosa se hidrolice y que las sales básicas formadas ya sea directamente o por enmascaramiento se mantengan en solución para

que puedan penetrar en la piel y reaccionar con ella para aumentar su temperatura de contracción o encogimiento.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Botas de hule
- Protección respiratoria contra polvos (al adicionar los productos químicos al tambor)
- Lentes de seguridad

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

EN ESTA ETAPA:

- Toda persona **deberá utilizar protección respiratoria contra vapores ácidos** al destapar el batan en esta etapa del proceso.
- El personal que lleve a cabo esta operación **deberá utilizar protección respiratoria contra polvos** en el momento de la adición de los productos químicos.
- Aseo personal una vez concluida la jornada.
- Es importante exigir al proveedor de materiales químicos las hojas de seguridad que por obligación tiene que proporcionar y darlas a conocer a todo el personal.

OPERACIONES: RECURTIDO y ENGRASE

DESCRIPCIÓN:

Proceso mediante el cual se le suministran ciertas sales y productos recurtientes para uniformizar el curtido y proporcionar las características del producto final, además se adicionan aceites para mejorar sus propiedades físicas y suavidad.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:

- Guantes
- Botas de hule
- Lentes

DISPOSICIONES A OBSERVAR SOBRE HIGIENE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

EN ESTA ETAPA

- Aseo personal una vez concluida la jornada.
- Es importante exigir al proveedor de materiales químicos las hojas de seguridad que por obligación tiene que proporcionar y darlas a conocer a todo el personal.

Alternativa 9 Reducción del Sulfato de Amonio en la Operación de Desencalado.

La opción consiste en reducir el uso del sulfato de amonio durante la operación de desencalado, con esto se lograrían importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico como ambiental, dicha opción puede lograrse mediante el concepto de baños cortos en el cual al reducir la cantidad de agua en un 50% que se utiliza en dicha operación se reduce la cantidad de químicos a utilizar, además con esta opción se estarían disminuyendo las emisiones de Amoniaco gaseoso a la atmósfera.

Se ha comprobado de acuerdo a la investigación realizada que para el procesamiento de 300-450 pieles en el mes, al cambiar la metodología del proceso e incorporar el concepto de baños cortos todo con el objeto de reducir el consumo de sulfato de amonio para el desencalado de las pieles se pueden obtener importantes **Beneficios Económicos y Ambientales Potenciales** al reducir el consumo de agua en un 50% se puede reducir en casi en igual proporción la cantidad de sulfato de amonio, logrando con esto dos aspectos, el primero reducir el consumo de químicos lo cual reflejándolo en términos monetarios representaría un **Ahorro Económico Anual que puede oscilar entre los 145 \$ - 326 \$ por año** el otro aspecto importante a tomar en cuenta en esta opción es la reducción de este químico que se incorpora al vertido liquido el cual representa un **Beneficio Ambiental Potencial de 363 kg – 815 kg de Sulfato de Amonio no descargados al vertido liquido por año**, además al implementar dicha opción también se reducen considerablemente las emisiones de NH₃ gaseoso las cuales oscilan entre **93 kg – 210 kg NH₃ no emitidas a la atmósfera por año**.

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking)

El indicador ambiental para esta opción viene en función de las emisiones de Amoniaco generadas a partir de la reducción del Sulfato de Amonio y comparándolas con las emisiones generadas antes de la reducción de dicho químico, siempre comparándolas en función del producto terminado.

Indicadores Ambientales de las Emisiones de Amoniaco:

Indicador Ambiental Actual: 3.42 – 4.6 gramos NH₃ / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 1.7- 2.3 gramos NH₃ / Pie² de Cuero acabado

Indicadores Ambientales del consumo de Sulfato de Amonio:

Indicador Ambiental Actual: 13.33 – 18.14 gramos Sulfato de Amonio / Pie² de Cuero acabado

Indicador Ambiental con P+L: 6.6 – 9.076 gramos Sulfato de Amonio / Pie² de Cuero acabado.

Alternativa 10: Reutilización de las Aguas de Cromo Generadas en la Operación de Ecurrido

Al finalizar la operación de curtición al cromo los cueros son sacados del batan para posteriormente ser colgados, durante esta etapa de acuerdo al balance de materia realizado se pudo comprobar que el licor de cromo escurrido de los cueros es de aproximadamente 140 galones de aguas de desecho conteniendo aproximadamente 48-49 kg de sal de cromo comercial no absorbida por los cueros.

La recuperación de las aguas de escurrido después de la curtición al cromo puede realizarse por medio de una “pila” la cual tendrá una superficie en forma de rejas donde se colocaran las pieles. Esta agua puede ser recolectada luego en barriles que permitan su reposo y posterior la filtración si fuese necesario para ser reutilizadas en la próxima operación de curtición.

En la figura 5 se presenta una infraestructura que podría ser utilizada en la recuperación de agua con cromo en la operación de escurrido.

Al reutilizar esta aguas de escurrido de licor de cromo para la operación de curtido al cromo se pueden obtener **Beneficios Económicos Potenciales de aproximadamente 458 \$ por año**, así como también **Beneficios Ambientales Potenciales de 428 kg de sal de Cromo comercial no descargada en el vertido liquido por año.**

La implementación de esta opción requiere una inversión de aproximadamente 140\$ logrando a partir de los ahorros anuales mencionados anteriormente un **Retorno de la Inversión de aproximadamente 4 meses (0.29 años)**

Indicadores Ambientales de Desempeño (Benchmarking):

Indicador Ambiental Actual = 0.0761 gal de agua de desecho/pie² de cuero acabado

Indicador Ambiental con P + L= 0.057 gal de agua de desecho/pie² de cuero acabado

RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS DE ESCURRIDO AL CROMO

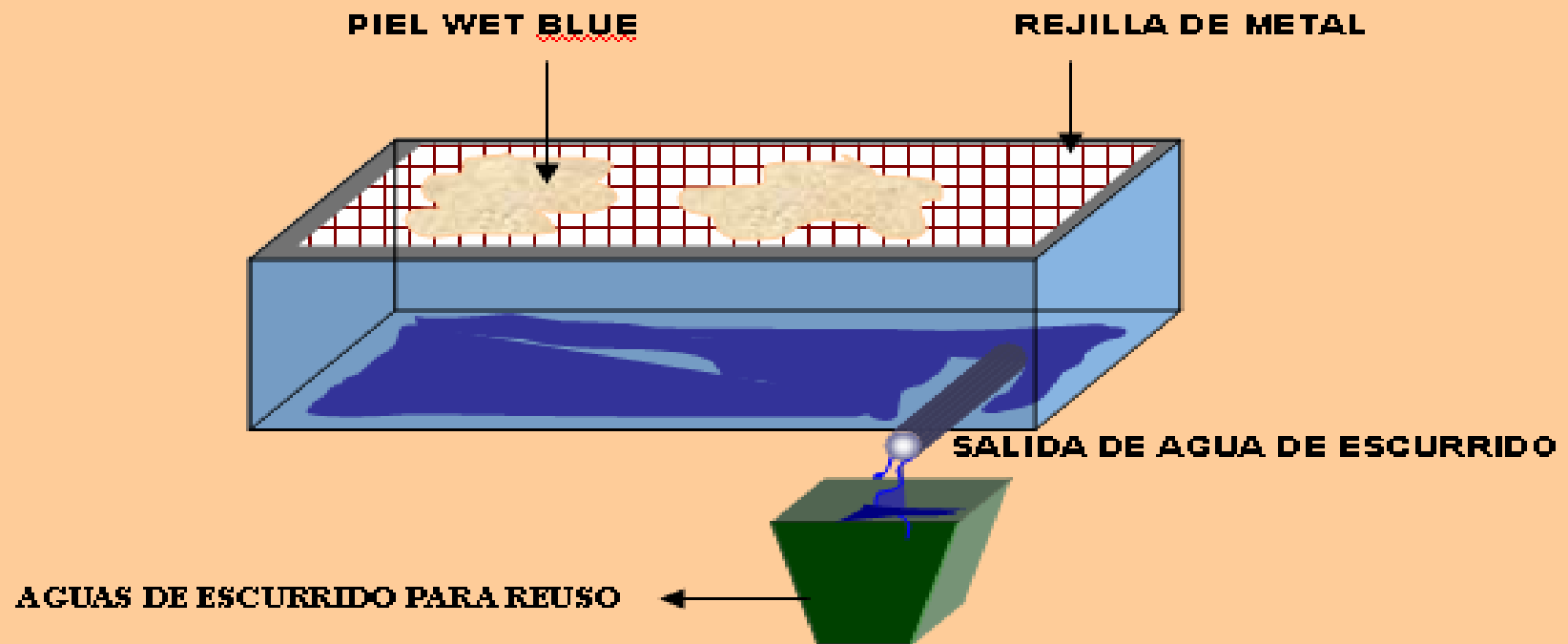


Figura 5 Para la Recuperación de las Aguas de Esgurrido al cromo

Alternativa 11: Ahorro de Agua en el Proceso Mediante Control de Pérdidas por Derrames y Puntos de Fuga en el Área de Batanes

Para el buen manejo del agua en las operaciones de la tenería es necesario realizar un control del sistema de abastecimiento del agua que alimente a los batanes, para eliminar cualquier fuga, la cual puede repercutir en considerables pérdidas económicas.

Además es necesario llevar un registro detallado del consumo de agua por operación para que de esta manera exista un mejor uso y optimización de este recurso, dicho registro puede llevarse a cabo mediante hojas de control las cuales pueden ser diseñadas por la misma empresa.

Mediante esta opción según el estudio realizado y correspondiente al balance de materia en este caso para cuantificar el consumo de agua se ha comprobado que se pueden obtener importante **Beneficios Económicos Potenciales de aproximadamente 134 \$ por año** por realizar un buen uso de este recurso en todas y cada una de las operaciones que lo requieran, además el **Beneficio Ambiental Potencial** por implementar esta opción de producción más limpia es de aproximadamente **118 m³ de agua no desperdiciada por año.**

En cuanto a la inversión necesaria para llevar a cabo esta opción en general se requiere de aproximadamente 115 \$ logrando a partir de su posterior implementación y mediante los ahorros anuales potenciales un Retorno de la inversión de 11 meses (0.85 años)

CONCLUSIONES

- ✓ Mediante el presente manual de aplicación se pretende sugerir al sector de curtiembre de pieles un listado de opciones de producción más limpia que van desde buenas practicas, en las cuales solo es necesario llevar a cabo un cambio en la metodología del proceso, además no tendiendo que realizar ninguna inversión al respecto, también se sugieren opciones que requieran de una inversión mínima todo con el objeto de mejorar la eficiencia en el procesamiento de pieles para la obtención de cuero acabado y que al ser implementadas le pueda traer a la empresa importantes beneficios económicos y ambientales potenciales para el sector, además a través de la implementación de este manual se pretende reducir los vertido tanto líquidos, sólidos y gaseosos logrando así reducir el impacto ambiental que el sector de curtiembre genera.
- ✓ La aplicación y implementación de las opciones de producción más limpia generadas en este estudio permitirá a las empresas A y B obtener beneficios económicos totales \$12,582.67 en función del ahorro de químicos, así como también en la reutilización de desechos sólidos, con una inversión total de \$9215.49, recuperando la inversión en 1.36 años.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Dar un seguimiento a las alternativas u opciones de producción mas limpia propuestas, para definir el verdadero valor de cada una de estas.
- ✓ Tomar en cuenta, que las alternativas propuestas están diseñadas para empresas específicas en las que se tuvo acceso para llevar acabo la investigación de campo, por lo que la aplicación en otra, podría tener ciertas modificaciones en la inversión y en los beneficios económicos y ambientales potenciales de cada una de las alternativas estudias. Aunque, debería ser en muy pequeña proporción.
- ✓ Aunque la implementación se puede realizar totalmente por personal de la empresa, es aconsejable que una persona capacitada externa se una al proyecto, para poder dar un enfoque más amplio de las situaciones de la empresa.

GLOSARIO:

AGUAS RESIDUALES.- Cualquier tipo de agua generada en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permite usarla de nuevo en el proceso o actividad que la generó.

BATANES.- Barriles o recipientes contenedores en los que se realizan gran parte de las operaciones de acondicionamiento y curtido de las pieles para obtener el cuero.

COLÁGENO.- Proteína principal de la piel susceptible de curtirse.

DESCARNADO EN PELO.- Consiste en quitar de la endodermis los restos de músculos puede efectuarse en cal crudo, a mano o con máquina de descarnar.

DESORILLE.- Parte del proceso que consiste en recortar los colgajos, cachetes y restos de fibra de las pieles y carnazas, puede llevarse a cabo en azul o después del secado.

DERMIS.- Grupo de fibras superficiales de la piel (flor).

ENDODERMIS.- Capa de la piel que esta compuesta por músculo.

EFLUENTE.- Líquido resultante de un proceso de producción donde se hayan usado líquidos como componentes.

EMISIÓN.- Es la descarga de sustancias, en cualquiera de sus formas, al ambiente.

FLOR.- Grupo de fibras superficiales de la piel.

MATERIA PRIMA.- Son los materiales que no han sufrido una transformación industrial, que se incorporan a un bien durante el proceso de producción, constituyéndose en su ejemplo principal.

PROTECCIÓN AMBIENTAL.- El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

PIEL SECA.- Es la piel conservada secándola a la sombra.

RECICLAJE.- Recuperación de materiales que pueden ser empleados como materia prima en los mismos procesos productivos que los generan, o bien en procesos compatibles para elaborar bienes sustitutos.

RESIDUO.- Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

VIRUTA.- Residuos fibrosos de piel que se obtienen de operaciones como el desmantecado o descarnado, rebajado, dividido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ✓ **CNPML, Centro Nacional de Producción Más Limpia; “Metodología de Trabajo del CNPML de El Salvador”, 2002**
- ✓ **FREEMAN, Harry; “Manual de prevención de la contaminación industrial”, Editorial Mc Graw-Hil, 1998.**
- 1. **PNUMA, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (1990) “INFORME TÉCNICO”.**
- ✓ **VALIENTE BARDERAS, “Problemas de Transferencia de Calor”, LIMUSA, 1984.**
- ✓ **McCABE WARREN, SMITH JULIAN, “ Operaciones unitarias en Ingeniería Química”, McGraw-Hill, Cuarta edición 1991.**
- ✓ **GASPAR ISABEL, PULIDO GONZALO “Producción Más Limpias, Principios y Herramientas”,INTEC, 2000**
- ✓ **CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE, CEPIS,“Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre”. Auspiciado por (Cooperación Alemana)GTZ. 1996.**
- ✓ **SERRANO MARTINEZ, F. (1998) “Eficiencia Energética en la Pequeña Industria de Pieles”. Comisión de las Comunidades Europeas y Dirección General de la Energía, España.**