

UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE QUÍMICA-MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Producción Más Limpia (P+L) en el proceso de remojo- pelambre de la tenería "Mártires de Ñancahuazú" de Matanzas

Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Química.

AUTORA: Yailén Gómez Rodríguez

TUTORAS: Ing. María Caridad Zulueta
Dr. Juana Zoila Junco Horta

JUNIO, 2010

PENSAMIENTO



*“Emplearse en lo estéril cuando se tienen
bríos para entender lo difícil, es despojar
de su dignidad al talento. Todo el que deja de hacer lo que es
capaz de hacer, peca.”*

José Martí.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente

Secretario

Oponente

Matanzas, ____ de _____ de _____.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá Betsy por su dedicación, desvelo y apoyo para mi educación, por el cuidado de mi niña, por estar siempre presente cuando más la necesitaba, por su aliento incondicional, por ser mi máxima inspiración y saber que sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

A mi esposo por su ayuda, comprensión y ser parte activa de mis desvelos y logros.

A mi hija porque su presencia es un aliento en mi vida y un estímulo para mi superación.

A mi papá porque más vale tarde que nunca.

A mi tutora Juana Zoila por su paciencia, dedicación y por guiarme en el camino correcto.

A María Caridad por ser una guía en mi trabajo, por su ayuda y cooperación en la realización de mi investigación, por todas las carreras y dolores de cabeza para que todo saliera lo mejor posible.

A todos los profesores que me apoyaron y confiaron en mí.

A mis compañeros de estudio en especial a Denise y Osmany por su amistad, cariño y por contagiarme con su espíritu de dedicación.

A los profesores Orozco y Teresa Fernández que con gran cariño me animaron y apoyaron siempre que lo necesité.

A los compañeros del cárnico de Matanzas en especial a la ingeniera Pitina ya que sin su colaboración desinteresada no hubiese sido posible realizar esta investigación.

DEDICATORIA

A mi mamá por educarme y haber logrado en mí el espíritu de superación que inculcó con su ejemplo, por ser la razón por la cual hoy estoy en la cima de mi sueño, que a la vez también es su sueño.

A mi hija por demostrarme tanto cariño aún cuando he estado ausente.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro y doy fe de que soy la única autora de esta tesis y que, en tal calidad, cedo a la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" todos los derechos sobre la misma.

RESUMEN

El trabajo que se presenta fue realizado en la empresa tenera de Matanzas, “Mártires de Ñancahuazú”, la cual es productora fundamentalmente de cueros para uso nacional e internacional. Esta investigación se realizó sobre la base de buscar alternativas para minimizar la carga orgánica que vierte esta empresa a la bahía producto de los residuales líquidos de las operaciones de remojo – pelambre, lo que constituye un problema para la entidad. Se aplicó la metodología de Producción Más Limpia (P+L) y se identificaron seis opciones de P+L, reuso del agua de remojo inicial, reuso del agua de pelambre y primer lavado de pelambre, tamizado del remojo principal, lavado de pelambre con agua reusada, con lo cual se ahorra agua, sulfuro de sodio y cloruro de sodio. Se identificó además la acción enzimática del producto *Humectol Rapid* a partir de lo cual al incorporar la acción de tamizado conllevó al ahorro de sulfuro de sodio. Se diseñó un filtro prensa y se propuso una inversión de 117693.628\$. Se efectuó una evaluación económica, cuyo resultado refleja que la empresa no está en condiciones de acometer la misma en la actualidad. Se recomienda a la dirección de la empresa las opciones de P+L analizadas para su puesta en marcha en un futuro inmediato con lo cual se disminuirá la carga contaminante de dicha operación y se reportaría algún beneficio económico.

SUMMARY

The work that is presented was carried out in the company it dyed of Matanzas, "Martyrs of Ñancahuazú", which is made fundamentally producer of leathers for national and international use. This investigation was carried out on the base of looking for alternatives to minimize the organic load that pours this company to the bay product of the residual liquids of the soaking operations-hide, what constitutes a problem for the entity. The methodology of Cleaner Production was applied (P+L) and six options of P+L were identified, I reuse of the water of soaking initial, I reuse of the hide water and first hide laundry, sifted of the main soaking, hide laundry with reused water, with that which is saved water, sulfide of sodium and table salt. It was also identified the enzymatic action of the product Humectol Rapid starting from that which bore to the saving of sulfide of sodium when incorporating the action of having sifted. A filter press was designed and he/she intended an investment of 117693.628 \$. An economic evaluation was made whose result reflects that the company is not under conditions of attacking the same one at the present time. It is recommended to the address of the company the options of P+L analyzed for their setting in march in an immediate future with that which will diminish the polluting load of this operation and some economic benefit would be reported.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	1
Capítulo1:Análisis bibliográfico	3
1.Situación medioambiental mundial	3
1.1. Situación ambiental nacional. Estrategia ambiental nacional.	4
1.1.1. Situación ambiental provincial. Estrategia ambiental provincial.	6
1.1.2. Afectación provocada por el proceso industrial	7
1.2. Procesos teneros	9
1.2.1. La industria tenera de Matanzas	10
1.2.2. Proceso tecnológico	11
1.2.3. Química del pelambre	12
1.2.3.1. Pelambres químicos	13
1.2.3.2. Pelambres enzimáticos	14
1.3. Enzimas	15
1.3.1. Preparación del extracto enzimático	16
1.3.2. Conservación del extracto enzimático.	18
1.3.3.Requerimientos de los ensayos enzimáticos	19
1.4. Ley de medio ambiente. Ley 81	21
1.4.1. P+L	21
1.4.2.Estrategias de P+L	22
1.4.3. Factores que influyen en su aplicación	23
1.4.4. Posibles opciones de P+L en el sector tenero	24
1.5. Conclusiones del capítulo	26
Capítulo2. Materiales y métodos	27
2.1. Metodología de la investigación	27
2.1.1. Metodología de P+L	27
2.1.1.1. Fase Pre-evaluativa	27
2.1.1.1.1 Caracterización de las operaciones de remojo-pelambre	27
2.1.1.1.2. Caracterización de los equipos.	29
2.1.1.1.3. Caracterización de los productos químicos.	30
2.1.1.1.4. Variables del `proceso y su influencia en el mismo.	32
2.1.1.1.5. Residuales. Características contaminantes.	33
2.1.1.2. Fase evaluativa.	34
2.1.1.2.1. Diagnóstico ambiental inicial.	34
2.1.1.2.2. Identificación de las operaciones críticas.	37
2.1.1.2.3. Posibles afectaciones al hombre, medio ambiente y a la economía.	37
2.1.1.3. Fase de síntesis.	39
2.1.1.3.1. Posibles medidas de mitigación.	39
2.1.1.3.2. Generación de opciones de P+L.	40
2.1.1.3.3. Valoración técnica- económica de las opciones propuestas.	42

Capítulo3.Análisis de los resultados.	44
3.1. Fase de Pre evaluativa.	44
3.2. Fase evaluativa	45
3.2.1. Resultados del diagnóstico ambiental inicial.	45
3.2.2. Operaciones críticas.	45
3.2.3. Afectaciones al medio ambiente, al hombre y a la economía.	46
3.3. Fase de síntesis.	47
3.3.1. Medidas de mitigación	47
3.3.2. Generación de opciones de P+L.	48
3.3.3. Valoración técnica-económica de las opciones propuestas	57
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Bibliografía	60
Anexos	

INTRODUCCIÓN

La insuficiente atención y control de los problemas ambientales generados por las actividades productivas ha sido identificado como una de las carencias más importantes del quehacer ambiental nacional en los últimos años. Del total de fuentes puntuales de contaminación inventariadas en el país, más del 70% corresponden a instalaciones industriales y agropecuarias.

En respuesta a esta realidad el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente se ha trazado como objetivo estratégico, la reducción gradual de las cargas contaminantes que se vierten en las cuencas hidrográficas. (CITMA, 2007/2010).

En el panorama económico de la provincia, reflejado en la Estrategia Ambiental Provincial, uno de los sectores con mayor incidencia negativa sobre el medio ambiente en la provincia es la industria tenera.

Su actividad causa impactos negativos sobre el medio ambiente, debido a la contaminación que puede provocar en las aguas subterráneas y superficiales.

El presente trabajo fue realizado en la empresa tenera de Matanzas Mártires de Ñancahuazú que está ubicada en la zona industrial del municipio Matanzas, al noroeste de la bahía en el km 8.

De todas las operaciones químicas que tienen lugar para la conversión de la piel vacuna en cuero, una de las más contaminante es la operación de pelambre, ya que además de los productos químicos que se utilizan en el proceso (sulfuro de sodio y cal) se incorporan al residual los productos de la disolución del pelo, la epidermis y proteínas solubles en medio alcalino.

Debido a la repercusión internacional y a la importancia que tiene el tema de la P+L, esta empresa realiza grandes esfuerzos para implementar este tipo de estrategias.

Esta empresa es considerada un foco de contaminación significativo para la Bahía de Matanzas, lugar donde vierte sus residuales.

Por lo que se plantea como **problema** de investigación:

El alto contenido de materia orgánica que vierte la operación de remojo – pelambre de la tenería “Mártires de Ñancahuazú “ a la Bahía de Matanzas.

Para dar respuesta al problema de investigación se formula la siguiente **hipótesis**:

Sí se aplican prácticas de P+L en el proceso de remojo- pelambre, será posible disminuir la carga orgánica que vierte la tenería a la bahía.

Para cumplimentar la hipótesis se declaran los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Proponer prácticas de P+L en el proceso de remojo- pelambre de la tenería de Matanzas.

Objetivos específicos:

- Aplicar la metodología de P+L de tres fases en los procesos de remojo- pelambre.
- Identificar posibles opciones de P+L en los procesos de remojo- pelambre.
- Valorar económicamente la implementación de opciones de P+L en la empresa.

Capítulo 1: Análisis de los resultados.

1. Situación ambiental mundial.

Las dimensiones del debate en la Cumbre de 1992, que se celebró en Río de Janeiro, trascendieron los límites nacionales e industriales, al tocar temas como la exportación de contaminación a los países en desarrollo, la equidad internacional de las normativas medioambientales y la sostenibilidad del crecimiento poblacional e industrial de cara a los limitados recursos del planeta.

En la Cumbre de Río se llegaron a numerosos acuerdos de cooperación internacional y se generó una voluminosa documentación.

Las firmas líderes que se subieron al tren medioambiental están capitaneadas por visionarios que creen en un futuro sostenible y provechoso. El despertar a la responsabilidad medioambiental se ha extendido de forma espectacular en pocos años.

Los compradores al por menor tienen una preocupación cada vez mayor por la calidad medioambiental de los productos que utilizan, y las corporaciones más importantes empiezan a revisar de forma sistemática el rendimiento medioambiental de sus suministradores.

Tanto en Estados Unidos como en otros países han surgido varias iniciativas sobre eco-etiquetado mediante las cuales se valora la sensibilidad medioambiental de los productos. En estos países las normativas gubernamentales en cuanto al impacto medioambiental de los productos y de los procesos de producción son cada vez más estrictas, especialmente en lo que respecta a la disposición y reciclaje de los productos al final de su vida útil.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI) afirmó que se tendría que gastar un monto cercano al 4,5% del Producto Interno Bruto (PIB) para remediar, restituir o prevenir los problemas generados por el daño ambiental.

El ambicioso proyecto de investigación Infancia y Medioambiente (Inma), liderado por el doctor Jordi Sunyer, ha logrado constatar que los bebés sometidos a contaminación atmosférica durante el proceso de gestación pesan alrededor de 50 gramos menos que aquellos que se desarrollan en un ambiente limpio y libre de humos. (Joseph, 1999).

1.1. Situación ambiental nacional. Estrategia ambiental nacional.

La creación en 1994 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente dió un importante impulso de la política y la gestión ambientales en el ámbito nacional. Sobre la base de cubrir estas exigencias se desarrolló la Estrategia Ambiental Nacional (EAN), cuyo diseño comenzó en 1995 y se prolongó hasta mediados de 1997, en que resultó aprobada por el gobierno.(CITMA,2007/2010).

En los últimos años se han desarrollado las actividades para mejorar la situación ambiental en Cuba y elevar la conciencia pública en cuanto asuntos ambientales y respuestas a problemas socio ambientales a nivel local que se relacionan con problemas ambientales globales y se dieron pasos concretos para avanzar en la construcción del desarrollo sostenible. (Pérez, 2000).

A consideración de la autora, a estos pasos se puede sumar la promoción y ejecución de los proyectos de tratamiento ecológico de residuos orgánicos, que aportan beneficios significativos.

Según la autora, la Sostenibilidad no es un estado fijo sino un proceso permanente de cambios, que genera nuevos retos y conflictos, obligará a reconsiderar nuevas opciones y requerirá de forma permanente contar con la información necesaria para conocer si el territorio evoluciona en el sentido deseado.

Como expresión de la importancia que el país brinda a la conservación de sus recursos de biodiversidad, se ha desarrollado un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que en el sistema propuesto para Cuba cuenta con 258 áreas.

En cuanto a la biodiversidad, y la vida silvestre, los impactos más importantes están relacionados con la elevación del mar, debido a la fragilidad de los ecosistemas costeros. Según cálculos realizados, 14% del área boscosa podría ser afectada, incluyendo gran parte de la vida animal y vegetal a ella asociada (CITMA, 2007/2010).

Un elevado porcentaje del fondo de suelos del país está afectado por factores del carácter natural y antrópico acumulados en el transcurso de los años, con una marcada preponderancia de los segundos. Aunque en los últimos años se han intensificado procesos naturales como las sequías y la incidencia de ciclones y

huracanes con las consiguientes inundaciones, que han incidido en su deterioro. El 76.8% de los suelos de Cuba, están con categoría de poco a muy poco productivos de las especies cultivables, refleja la Estrategia Nacional de Cuba (2007).

La deforestación ha ido en retroceso en Cuba, al ser uno de los pocos países, donde se obtienen resultados positivos en este sentido. EL área total del país cubierta por bosques es de 2832 miles de hectáreas, lo que representa el 21.6% del territorio nacional. Persisten a su vez, problemas con la calidad en la mayoría de los bosques naturales como consecuencia del inadecuado manejo y explotación. En este sentido la búsqueda de alternativas de otros combustibles, puede frenar procesos de deforestación, que se producen en los ecosistemas rurales fundamentalmente.

Según CITMA, (2007/2010), los problemas ambientales producirán afectación sobre:

1. La salud y la calidad de vida de la población.
2. Actividades económicas priorizadas.
3. Extensiones considerables del territorio nacional.

La EAN reconoce que los principales problemas ambientales se han visto influidos por una falta de conciencia y educación ambiental en un porcentaje considerable de la población que han traído como consecuencia en muchas ocasiones, su agravamiento.

En Cuba existen ejemplos convenientes de vertimientos de residuales biodegradables que han destruido bancos de ostiones, de mangles, muertes de peces en los ríos y presas, contaminación de aguas para el uso social, destrucción de vida marina en la desembocadura de los ríos contaminados, (Zamora, 2000). La introducción de las sanciones por desastres ecológicos provocados por las entidades vertedoras se debe manejar por los órganos rectores del medio ambiente.

1.1.1. Situación ambiental provincial. Estrategia ambiental provincial.

En la provincia de Matanzas la política ambiental contemplada en las estrategias provincial, local e institucional considera, como uno de los lineamientos fundamentales, la protección del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales intrínsecos, renovables y no renovables. No obstante es conocida la existencia de industrias contaminadoras del entorno a las que se les exige el cumplimiento de las legislaciones establecidas.

La tenería Mártires de Ñancahuazú es considerada una de las industrias más contaminadoras, al tener en cuenta el continuo vertimiento de residuales que realiza a la Bahía de Matanzas.

Las principales debilidades que presenta esta provincia son:

- Uso de tecnologías obsoletas.
- Limitada capacidad constructiva de sistemas de tratamiento de residuales.
- Violación de la legislación ambiental.

Dentro de las amenazas se pueden encontrar:

- Degradación de los recursos naturales por gestión inadecuada o por desastres naturales.
- Falta de orientación acertada.
- No se aprueban por los ministerios las inversiones.
- Insuficiente exigencia con los sectores de mayor incidencia en el deterioro ambiental.

Los principales problemas ambientales son:

- Deterioro en las condiciones higiénico –sanitarias.
- Insuficiente educación, divulgación y cultura ambiental.
- Contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y marítimas, así como del aire.
- Degradación de los suelos.
- Pérdida de la diversidad biológica.
- Deterioro del patrimonio urbano.
- Manejo inadecuado de los residuos biológicos.

- Manejo inadecuado de las zonas costeras. (Estrategia ambiental provincial, 2007/2010).

1.1.2 Afectación provocada por el proceso industrial.

Cuando se hace referencia a la contaminación de las aguas se incluyen los cuerpos de aguas marinas, superficiales, y subterráneas. Las causas fundamentales están dadas por ausencia de alcantarillados, vertimiento de residuales no tratados, tecnologías obsoletas, sobreconsumo de agua, uso inadecuado de productos químicos y falta de conciencia ambiental. Las fuentes principales de la contaminación proceden de las industrias, las actividades agropecuarias y las domésticas. (González, 2005).

Cuando se habla de efluentes industriales se refiere a un conjunto muy variado de residuos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial. Los vertimientos industriales, debido a su gran diversidad, necesitan una investigación propia de cada tipo de industria y la aplicación de procesos de tratamientos específicos.

Las diferencias de poder contaminante entre un efluente industrial y un agua albañal, están relacionadas principalmente con el contenido de materia orgánica la cual es expresada en valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) o Demanda Química de Oxígeno (DQO). (Mettcalf & Eddy, 2000).

La industria del curtido de pieles ha sido siempre considerada como una actividad generadora de elevadas cargas contaminantes, principalmente por los vertidos de agua que conlleva y que, históricamente, han terminado en los cauces de los ríos y mares. Por el contrario, en los últimos diez o veinte años, la aplicación de tecnologías limpias y sistemas de recuperación y reciclaje de subproductos está cambiando tanto la imagen como la realidad. (Lofrano et al, 2006; Mercogliano, 2003).

La contaminación ambiental producida por la industria tenera ha sido y es motivo de preocupación para especialistas y científicos de todo el mundo.

El creciente empleo de productos químicos, sintéticos tóxicos persistentes como los pesticidas, disolventes, tintes y agentes para el acabado de los productos ha contribuido a la rápida degradación ambiental, sobre todo del suelo y del agua.

Cuando no hay control ni conciencia por parte de los curtidores, los diversos impactos ambientales de las tenerías afectan los parámetros ambientales que caracterizan las aguas superficiales, el suelo, las aguas subterráneas, el aire y los sistemas de tratamiento de los residuos. Es importante señalar que la magnitud de los diferentes impactos en el medio depende de la intensidad real y del tipo de prácticas de control y gestión que se aplique en este sector. (Bosnic, Buljan y Daniels, 2000).

A tales efectos se deben considerar los impactos ambientales provocados por los residuales de la industria del curtido a partir de la agresividad que los mismos representan para el entorno.

Los métodos de tratamiento al final del proceso, en general, dan buenos resultados. Sin embargo, su alto costo constituye una seria restricción al mejoramiento continuo de la competitividad de las empresas. La ventaja de aplicar prácticas de Producción más Limpia (P+L), surge en forma natural ya que promueve el uso eficiente de materias primas, agua, y energía, entre otros insumos, a fin de eliminar o minimizar, en las fuentes de origen la cantidad de residuos no deseados que se generan durante los procesos de producción.

De esta manera, además de reducir los costos unitarios de productos, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de los desechos y, por ende, se disminuye el costo de adquisición de la planta de tratamiento y el de las operaciones asociadas al mismo. (Ifc + Draft, 2006).

Es consideración de la autora, como lógica de lo expuesto anteriormente, que la opción de introducir prácticas de P+L debe ser valorada antes de abordar soluciones de tratamiento al final del proceso. Las técnicas de P+L pueden aplicarse a cualquier proceso de manufactura, y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

Esta valoración está respaldada por experiencias a nivel mundial, las que han demostrado que, tanto a corto como a largo plazo, las prácticas de P+L son más efectivas desde un punto de vista económico y, más sensatas desde un punto de vista ambiental, que los métodos tradicionales de disposición y/o tratamiento al final del proceso.

1.2. Procesos teneros.

En Cuba existen cuatro unidades de producción dedicadas al curtido de pieles, distribuidas en las provincias de La Habana, Matanzas, Villa Clara y Camagüey. Martínez , (2004), corrobora el planteamiento realizado por Montesinos en el año 1982, cuando reportaba la industria del cuero como una de las más contaminantes de las aguas de Cuba, la alta demanda específica de agua y con una composición y concentración no favorables de efluentes fueron los elementos más importantes considerados por estos autores. (Martínez, 2004; Montesinos ,1982).

El autor opina que los desechos provenientes de esta industria al ser depositados en las aguas superficiales, provocan una proliferación bacteriana con un alto consumo de oxígeno y generalmente, las posibilidades de autodepuración del agua son muy limitadas bajo estas condiciones debido a que el consumo excesivo de oxígeno inhibe en gran medida la vida acuática.

La industria de la curtición se considera como muy contaminante pero al mismo tiempo es el sustento para una numerosa mano de obra en todo el mundo y suministra una serie de elementos útiles para el consumo.

La curtición convierte las pieles de diversos animales en cuero. El método de curtición más corriente es el que utiliza cromo, aunque existen otras formas de curtir tales como: utilizar taninos orgánicos. La piel justo después de la curtición se conoce como *wet blue* (cuero azul) a causa de la humedad y el color. El proceso más complejo incluye etapas como: almacenaje de las pieles crudas, pre procesamiento de las pieles, curtido, secado, acabado y almacenaje del producto.

Muchas de las operaciones unitarias utilizan agua como vehículo para introducir y extraer los productos químicos del interior de las pieles. Debido a ello se utilizan grandes volúmenes de agua que hay que tratar.

En la conservación de las pieles se utilizan biocidas. En la tintura y acabado se pueden añadir colorantes que contienen metales pesados. Aunque los sulfuros y el cromo son los más contaminantes, las aguas residuales suelen contener también grandes cantidades de sales y sustancias orgánicas.

Los residuos sólidos originados corresponden parcialmente a pieles crudas, pieles curtidas y pieles acabadas, que por sus características no tienen una solución única.

En las emisiones atmosféricas pueden identificarse el sulfuro de hidrógeno y otros compuestos sulfurados, amoníaco, y disolventes que se emiten en los acabados. (Cromogenia Unit S.A, 2007)

Opciones de producción más limpia pueden ser: la reducción racional de las cantidades de agua y los productos químicos empleados; el uso de agentes de curtición que aumenten el rendimiento de la absorción de cromo; evitar el salado y los biocidas al procesar pieles que llegan directamente del matadero; procesos que no destruyan el pelo y permiten su separación; evitar fangos acumulados en los drenajes; pasar a lacas acuosas para ahorrar los disolventes; la utilización de carbónico en lugar de sulfato cálcico en el despelambrado, y racionalizar el uso de la energía después del secado.

(Rigola, 1998)

1.2.1. La industria tenera en Matanzas.

La tenería Mártires de Ñancahuazú, se encuentra enclavada fuera del área urbana de la provincia, en la zona industrial de la ciudad de Matanzas, situada en la costa de la punta Sabanilla y hacia el exterior de la Bahía y a seis metros sobre el nivel del mar. Hacia el este y el sur limita con la carretera de la zona industrial que se extiende a lo largo de la línea de costa, hacia el norte con la escuela del Ministerio del Interior (MININT), y hacia el oeste con terrenos sin cultivar que poseen elevaciones en forma de terrazas de hasta 25 metros de alturas sobre el nivel del mar.

La Empresa fue inaugurada en el mes de abril de 1970 con una infraestructura lo suficientemente grande como para unificar todas las industrias teneras existentes en el país.

Según análisis físico, químico y microbiológico realizados en esta empresa, indican que efectivamente continúa siendo un foco de contaminación de la Bahía. La implementación de prácticas de P+L en esta industria disminuiría la carga contaminante que la misma produce y constituiría una herramienta para solucionar los problemas ambientales que esta empresa produce.

1.2.2. Proceso tecnológico.

El proceso de las tenerías consiste en la transformación de la piel animal en cuero. Las pieles luego de ser limpiadas de su grasa, carnazas y pelos o lanas, son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos o vegetal que interaccionan con las fibras del colágeno para obtener un cuero estable y durable. Las operaciones y procesos para la producción del cuero se agrupan en tres etapas: etapa de ribera, de curtido y de acabado (Lofrano et I, 2006; Mercogliano, 2003).

El proceso para la obtención de piel acabada a partir de la piel o el cuero fresco, considerado como un proceso convencional, puede dividirse en múltiples etapas, que a su vez pueden englobarse en cuatro fases: ribera, curtido, *post* –curtido, y acabado. Las etapas de ribera son las siguientes: remojo, pelambre, calero, desencarnado y dividido. El objetivo de esta fase del proceso es limpiar el cuero, eliminar el tejido adiposo y el pelo, y regular el grosor de la piel al valor deseado.

Las etapas de curtido incluyen: desencalado, rendido, piquelado y curtido. El objetivo de esta fase del proceso es degradar parcialmente la estructura de la piel para facilitar la penetración y fijación posterior de productos químicos, ajustar el pH al valor adecuado para el curtido, y estabilizar la estructura del colágeno mediante la adición de productos curtientes (los más frecuentes son sales de cromo o extractos vegetales). Además, para pieles ovinas también suele hacerse un desengrase después del piquelado. Después de la etapa de curtido las pieles ya son estables y en este estado a la piel se nombra *wet-blue*.

Las etapas de *post*-curtido son: rebajado, neutralizado, recurtido, tintura, engrase, escurrido y secado. En este estado la piel se denomina *crust*. El objetivo de esta fase del proceso es ajustar el grosor finalmente deseado para la piel, conseguir las características de plenitud y color y llevar la piel a un contenido de humedad adecuado. (Castro de Doens et al, 2006).

La eliminación del pelo de las pieles vacunas se realiza en los procesos tradicionales, después de una operación de remojo mediante un ataque químico en baños alcalinos en presencia de sulfuro sódico.

La acción del sulfuro de sodio destruye los enlaces de las queratinas y el pelo se elimina en forma de sólidos suspendidos o disueltos en el agua residual. Las concentraciones de sulfuro requeridas para esta operación oscilan entre 2-3 % del pelo de la piel. Esta práctica aporta unos vertidos de baños residuales con un alto contenido de sólidos suspendidos, una elevada Demanda Química de Oxígeno (DQO), concentraciones muy elevadas de sulfuro y un consumo de agua del orden de 18-22L/kg de piel. (Cromogenia Unit S.A, 2007)

1.2.3. Química del pelambre.

En las últimas décadas se han producido algunos cambios en los procesos de curtiembres. Varios trabajos recientes analizan los cambios producidos, la situación, y las tendencias.

Por ejemplo: mayor uso de enzimas en los procesos húmedos; menor uso de solventes, estos últimos, si bien son sencillos desde el punto de vista tecnológico, han tenido una gran trascendencia en el desarrollo de la industria curtidora.

Las mayores exigencias respecto de tratamiento de efluentes, las restricciones de determinadas sustancias, condicionamientos respecto de residuos sólidos, exigencias respecto de disposición de productos de cuero ya usados, crean condicionamientos que afectan los procesos, y los productos químicos utilizados.

Uno de los grandes temas, fue la posibilidad de que el cuero fuera totalmente reemplazado por sustitutos sintético; transcurrida varias décadas, se ve que los sintéticos toman ciertos mercados, pero siempre sigue usándose el cuero.

Esta industria no fue ajena al desarrollo general, e incorporó mejoras como control automático de procesos, equipos para reducir manipuleo, etc.

Es importante señalar que la industria curtidora en el país, es muy “global”, la mayor parte de la producción se exporta a grandes mercados internacionales, y por otro lado, se utilizan máquinas en grandes proporciones y productos químicos de empresas internacionales. Las sustancias peligrosas que pueden ser detectadas en cueros, cuyo uso merece atención son: Cromo hexavalente, Arilaminas, Pentaclorofenol (PCP), Formaldehído, Productos que contengan tributilestaño (TBT), Metales pesados (Mercurio, Cadmio y Zirconio). (J. Koppány, 2004)

1.2.3.1. Pelambres químicos.

Actualmente este procedimiento se aplica únicamente en ciertos centros de deslanado de pieles, persiguiéndose como primordial objetivo el beneficio de la lana exenta de daño alguno.

El método consiste en provocar un proceso de putrefacción en virtud del cual las enzimas producidas por las bacterias de la piel hidrolizan las proteínas protoplasmáticas de la capa basal de la epidermis y del folículo piloso, aflojando la unión natural entre el corium y la epidermis.

Dada la imposibilidad de controlar la clase y cantidad de bacterias proteolíticas, el depilado por resudado debe ser clasificado como un procedimiento al que no es posible aplicar un control riguroso y exacto y muchas veces se pierden o perjudican las pieles que no han sido sacadas a tiempo de las cámaras donde se efectúa la putrefacción parcial provocada. (Gratacos, 1962).

Por otro lado, se redujo la aplicación de lacas al solvente, y se aumentaron los *tops* acuosos, y el uso de distintos reticulantes.

Se siguen usando formadores de películas basados en resinas acrílicas; en las últimas décadas mejoraron las mismas, con el uso de morfologías *core-shell*; por otro lado, se extendieron los poliuretanos; aparecieron también resinas híbridas.

A nivel de investigación, aparecen trabajos sobre pinturas en polvo para cueros, resinas que no requieren reticulantes externos, o modificación de acrílicos al aplicar la nanotecnología. (J. Vergara, 2007)

1.2.3.2. Pelambres enzimáticos.

El empleo de productos enzimáticos en el depilado de pieles, lo mismo que el de resudado, no incluye la necesidad de proceder, después de eliminar el pelo, a un proceso de apelmbrado posterior.

El depilado con preparados enzimáticos se fundamenta en un aflojamiento del pelo por medio de enzimas. Es un proceso metódico durante el cual no tiene lugar ningún desarrollo bacteriano, ya que normalmente se adiciona un desinfectante para evitarlo.

En los primeros procedimientos de depilado enzimático se empleó preferentemente triptasa pancreática en baño acuoso y era indispensable un hinchamiento previo en álcalis. No obstante, actualmente se pueden emplear preparados pancreáticos sin necesidad de hinchamiento previo y trabajar en bombo en ausencia de baños.

El depilado enzimático presenta la ventaja de poder beneficiar mayor cantidad de lana y en mejores condiciones, ya que los productos enzimáticos no producen daño alguno sobre la lana. Puesto que este depilado no produce ningún efecto típico del apelmbrado en cuanto hace referencia al hinchamiento de la piel y aflojamiento de la estructura fibrosa, es necesario someter las pieles a un apelmbrado posterior con cal y, eventualmente una pequeña adición de sulfuro de sodio . (Gratacos, 1962).

En el remojo: se usan proteasas y lipasas; se produce: rehidratación más eficiente, mejor abertura de la fibra y penetración de reactivos, degradación y dispersión de excesos grasos, remoción de carbohidratos y proteínas de la piel; son particularmente útiles cuando se procesan pieles con elevado grado de grasa, pieles muy secas y pieles frescas.

En el pelambre producen: remoción de pelo o lana, remoción de epidermis, remoción de componentes residuales y no estructurales, remoción/dispersión de componentes adiposos, reducción de la carga de efluentes.

Hay dos formas de usarlas:

- la enzima puede auxiliar en un proceso químico de depilación.
- el reactivo químico puede auxiliar en un proceso enzimático de depilación.

En el proceso de purga: se realiza una fuerte aplicación de enzimas; efectos: limpiar la piel de pelos y epidermis degradados, promover la remoción de proteínas no estructurales, auxiliar en la remoción de carbohidratos. También se aplican en desengrasado, tratamiento de efluentes, y para aumentar el área.

La tendencia para los próximos años, es: incremento del uso de auxiliares enzimáticos, uso de productos más seguros y específicos, y mejor ajuste de las condiciones de procesos. (H. Martínez et al, 2006)

Según el catálogo de productos Cromogenia- Units, SA, para tenerías se usa en el mundo una enzima llamada *Ribersim* MPX, que es un auxiliar para pelambre.

Esta enzima tiene la propiedad de ser activa en condiciones de pelambre con sulfuro de sodio, por lo que se convierte en un valioso producto auxiliar del pelambre.

La aplicación de esta enzima en el pelambre proporciona grandes ventajas según se manifiesta en los estudios realizados y que se resumen en:

- Aceleran el proceso de depilado.
- Aumenta la apertura de la estructura fibrosa.
- Reduce el consumo de sulfuro de sodio empleado en un 40%.
- Permite un pelambre completo con recuperación del pelo aligerando la contaminación de carga orgánica en las aguas residuales.

1.3. Enzimas.

Las enzimas son proteínas especializadas en la catálisis de las reacciones biológicas. Se encuentran entre las más notables de la biomolécula debido a su extraordinaria especificidad y a su poder catalítico, que es mucho mayor que la de los catalizadores hechos por el hombre.

En la actualidad se ha identificado cerca de 2000 enzimas diferentes. (Lehninger, 1988).

Las enzimas son proteínas que aumentan la velocidad de reacción de una sustancia específica sin sufrir modificación. Actúan en pH y temperaturas moderadas y son biodegradables. Las enzimas se clasifican según el sustrato sobre el que actúan, en: Proteasas, lipasas, amilasas, y celulasas. (H. Martínez et al, 2006)

1.3.1. Preparación del extracto enzimático.

La preparación del extracto crudo es una etapa importante en el proceso de purificación. Esta depende del origen de la fuente y de las características de la enzima entre otros aspectos.

La obtención de enzimas microbianas, presenta algunas particularidades, ya que es necesario que el investigador obtenga la fuente o masa microbiana previa al aislamiento o extracción de la enzima.

La obtención de la masa microbiana (para enzimas endocelulares) o de la enzima exocelular, segregada por el microorganismo durante su crecimiento, se puede realizar mediante dos tipos de cultivos diferentes. En cada caso el procedimiento a emplear difiere según tipo de cultivo y si la enzima es exo o endocelular.

1. Cultivo estático: en el que el microorganismo crece y se desarrolla sobre la superficie del medio nutritivo, que puede ser líquido o sólido. Como generalmente para este cultivo se emplea un medio sólido, se utiliza principalmente para enzimas exocelulares.

Se prepara el medio de cultivo estéril, se inocula el microorganismo y se coloca en una incubadora a una temperatura adecuada. Al cabo de un tiempo dado, se procede a la extracción de la enzima, adicionando una solución buffer que permita su solubilización. Se filtra y ese filtrado contendrá la enzima segregada por el microorganismo. Este filtrado constituirá el extracto crudo.

2. Cultivo sumergido: se realiza con agitación en zaranda o en fermentadores por lo que el microorganismo crece y se desarrolla en el interior del medio, que

siempre es líquido. Esta técnica se utiliza tanto para enzimas exo como endocelulares. El procedimiento es similar al anterior.

Después del inoculado el microorganismo en el medio estéril, el cultivo se agita durante el tiempo y temperatura requeridas para su desarrollo y máxima producción de la enzima. Posteriormente, se centrifuga la mezcla y se obtiene en el sedimento la masa microbiana como fuente de enzimas endocelulares y en el sobrenadante las enzimas exocelulares.

Si la fuente es un tejido u órgano animal, este debe separarse lo más rápidamente posible después de la muerte del animal y guardarse en frío para disminuir al máximo la autólisis. Generalmente se trata de procesar el tejido u órgano lo más fresco posible.

El almacenamiento en congelación, tanto de un tejido como de su extracto, también debe ser considerado ya que durante la congelación tiene lugar una gran cantidad de eventos. Inicialmente se congela el agua libre y se forman los cristales de hielo. Estos destruyen las membranas y organogelos, provoca la liberación de proteínas. También puede ocurrir la cristalización de las sales, provoca cambios drásticos de pH antes de que toda la solución se congele. Si el almacenamiento se realiza a temperaturas entre -15°C y -25°C , la solución que permanece sin congelar presentará un pH muy diferente, al de la solución original durante más tiempo.

La congelación debe efectuarse a temperaturas menores de -25°C en forma rápida y guardarse a las más bajas temperaturas posibles.

Después de prepararse el extracto pueden añadirse inhibidores de proteasas y el pH puede ajustarse con un buffer apropiado, al mejor valor para la estabilidad de la enzima.

Los extractos muy frecuentemente son turbios y deben ser clarificados. Esta turbidez a veces se debe a partículas de grasa que pueden flotar después de la centrifugación y se eliminan mediante filtración a través de lana de vidrio o una tela muy fina. (Chávez, 1990)

1.3.2. Conservación del extracto enzimático.

El trabajo con las enzimas presenta un problema fundamental, la conservación de las actividades enzimáticas. La causa fundamental es que las enzimas son moléculas proteicas sensibles, que al ser liberadas de su medio natural, se someten a un ambiente que en muchas ocasiones no pueden resistir. Las enzimas exocelulares son más estables que las intracelulares, debido a que operan en un ambiente más hostil. Otro factor importante es el tamaño de esas enzimas.

Las enzimas están expuestas a tres tipos de amenazas que provocan pérdida de actividad. Estas son: desnaturalización, inactivación del sitio catalítico y la proteólisis.

Desnaturalización: esta puede disminuir si se evitan los principales factores desnaturalizantes. Estos son: valores extremos de pH, la temperatura y agentes desnaturalizantes.

La desnaturalización causada por pH puede disminuir, por ejemplo, al seleccionar un pH de trabajo idéntico al valor real que presenta el medio natural de la enzima lo más cercano posible a este valor. El pH puede variar con la temperatura.

La disminución de la temperatura por debajo de 20°C es una práctica muy usual en los trabajos de purificación de enzimas. Esto es debido a que las velocidades de los procesos desnaturalizantes disminuye de 3-5 veces cuando se baja la temperatura. Muchas proteínas especialmente las procedentes de mamíferos de sangre caliente, muestran señales pequeñas de desnaturalización térmica por debajo de 40°C, si el pH es cercano al valor de pH fisiológico.

Algunas enzimas pueden desnaturalizarse en frío. En estos casos es más conveniente trabajar a temperaturas no muy bajas para impedir la pérdida de actividad por enfriamiento. Aunque es necesario guardar las soluciones en hielo mientras no están sujetas a un proceso de fraccionamiento, en algunos casos es mejor calentar estas cuando se realiza el fraccionamiento. En ocasiones es necesario trabajar en cuartos refrigerados.

El uso de solventes orgánicos requieren temperaturas bajas para prevenir la desnaturalización.

Inactivación de sitios catalíticos: puede ocurrir por cambios químicos de los restos de aminoácidos en el centro activo. En algunos casos es necesario incubar el preparado con un cofactor antes de realizar el ensayo de actividad. La modificación covalente de grupos del centro activo es un problema más serio. Esto puede ocurrir de forma espontánea cuando la enzima se expone a un medio más hostil.

Degradación proteolítica de enzimas: las células contienen elementos para su propia destrucción, las enzimas hidrolíticas. En los mamíferos, estas enzimas se localizan en los lisosomas y su liberación esta sujeta a un estricto control.

Durante el proceso de purificación, muchas veces es necesario guardar las fracciones durante una noche o por más tiempo. En esos casos deben optimizarse las condiciones de almacenamiento. Si el almacenaje se requiere en un momento en que no se adicionar un agente protector, debe guardarse a temperaturas cercanas a 0°C, congelando rápidamente en presencia de inhibidores de proteasas.

Nunca se recomienda congelar una solución con una concentración de proteína menor de 2 mg/ml. Además, durante la congelación de soluciones que contengan sodio, potasio y fosfato puede provocar un cambio de pH desde neutro a cuatro o más bajo. Cuando la concentración de proteína es muy alta, estas pueden actuar como amortiguadores y contrarrestar el efecto de desplazamiento de pH que ocasiona la congelación. (Chávez, 1990).

1.3.3. Requerimientos de los ensayos enzimáticos.

Hasta el momento, el modo más conveniente de estimar la concentración de una enzima particular en el preparado o fluído es mediante la determinación de su actividad catalítica, es decir al medir la cantidad de sustrato que es capaz de convertirse en producto en un tiempo dado, bajo condiciones específicas.

Es conveniente señalar que el tiempo del ensayo debe ser lo suficientemente corto para estar seguros que solo una pequeña fracción del sustrato es utilizado (5% o menos).

Si en una reacción enzimática participa más de un sustrato, la concentración de cada uno de ellos debe mantenerse constante, preferiblemente a niveles cercanos a la saturación.

Otro requisito para la realización exitosa de un ensayo cinético es que la reacción pueda ser cuidadosamente monitoreada, es decir que se produzcan cambios en las propiedades ópticas, eléctricas u otras propiedades, a medida que el sustrato se convierta en producto.

El valor de pH seleccionado para un ensayo enzimático debe ser lo suficientemente cercano al óptimo para garantizar una velocidad de reacción apreciable, además de que la enzima puede variar con el pH.

La presencia de sales puede afectar las reacciones enzimáticas desplaza el equilibrio de cualquiera de las etapas involucradas en el proceso y pueden acomplejar al sustrato, al reducir su concentración efectiva. Los ensayos enzimáticos deben ser realizados bajo condiciones cuidadosamente controladas de composición y fuerza iónica.

La selección de la temperatura está determinada por dos factores: la velocidad de la reacción y la estabilidad enzimática. Los preparados enzimáticos se conservan frecuentemente a bajas temperaturas, antes de realizar los ensayos de actividad, para prevenir la pérdida de esta.

A mayores temperaturas la reacción procedería a velocidades mayores proporcionando un ensayo más sensible, pero la estabilidad de la enzima puede disminuir. Una consideración importante es el tiempo de duración del ensayo, es esencial que no haya cambios significativos en la actividad de la enzima durante el período en que es determinada la velocidad inicial. En general es posible utilizar una determinada temperatura para un ensayo de corta duración, pero esta misma temperatura no sería adecuada para un ensayo de más larga duración.

Las temperaturas más utilizadas en los ensayos enzimáticos son de 25°C, 30°C y 37°C.

Muchas enzimas son inestables a 37°C, pero esta temperatura provee las condiciones más aproximadas a aquellas encontradas en los mamíferos y otros seres vivos. (Chávez, 1990).

1.4. Ley de medio ambiente. Ley 81.

La Ley 81 se le denomina Ley de Medio Ambiente. Tiene como objetivo establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible.

Asigna al Estado la promoción y participación en acuerdos y acciones internacionales para la protección del medio ambiente.

Define las vías para que el Estado, los ciudadanos y la sociedad en general cumplan en pos de su deber de proteger el medio ambiente:

1. conservación y uso racional de los recursos.
2. Lucha sistemática y continuada contra las causas que originan su deterioro.
3. Acciones de rehabilitación, etc.

En esta ley se plantea que el estudio de impacto ambiental es una descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evolución de impacto ambiental.

Esta Ley surge debido a que las actuales condiciones de desarrollo económico y social del país, demandan un marco legal más acorde con las nuevas realidades, en tanto la citada legislación anterior ha sido en buena medida sobrepasada por los más recientes avances en materia ambiental en el ámbito nacional e internacional.

Asegura condiciones ambientales que no afecten o pongan en riesgo la salud o la vida de los trabajadores. (Ley 81,1997)

1.4.1. P+L.

La Producción Más Limpia es la estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y disminuir los riesgos para los humanos y el ambiente. En cuanto a los procesos La Producción más Limpia incluye la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la

reducción de las materias primas tóxicas así como la reducción de la cantidad, tanto de la toxicidad como de la cantidad de emisiones y de residuos, que van al agua, atmósfera, y al entorno. En cuanto a los productos, la estrategia tiene por objetivo reducir todos los impactos durante el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas hasta el residuo final; promoviendo diseños amigables acorde a la necesidad de los futuros mercados. (Acosta, E. 2004)

La producción más limpia es una opción de gestión ambiental en la empresa que incluye la prevención de la contaminación en origen y la minimización de las corrientes residuales, que son opciones que pretenden evitar la generación de contaminación como estrategia preferible al tratamiento finalista. La producción más limpia sigue esta estrategia y la aplica a los procesos y a los productos.

1.4.2. Estrategia de P+L.

Las metodologías de Producción Más Limpia que se aplican actualmente en el mundo y en Cuba son las siguientes:

La primera es elaborada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y está compuesta por cinco fases:

Fase I Planeación y organización.

Fase II Pre - evaluación del proceso.

Fase III Evaluación.

Fase IV Síntesis y evaluación de alternativas.

Fase V Implantación y evaluación.

La segunda metodología de (P + L) es la propuesta por el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) la cual está compuesta por tres fases:

Fase I Pre - evaluativo.

Fase II Evaluativo.

Fase III Síntesis.

Para la realización de esta investigación nos centraremos en el estudio de la metodología de tres fases por ser la que más se adecua a la tenería en estudio.

1.4.3. Factores que influyen en su aplicación.

La aplicación de la P+L en Cuba si bien esta basada en la concepción más utilizada mundialmente tiene sus propias estrategias y principios de aplicación. (CITMA, 1998):

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

- Uso eficiente del agua: el consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes y concentraciones de 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 (si es posible), realizar recogidas en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de condiciones y los depósitos de almacenamiento.
- Separación y tratamiento independientemente de los residuales: implica la separación en la fuente de diferentes residuales generados en las instalaciones, para manejo diferenciado de acuerdo a su peligrosidad, grado de contaminación, posibilidad de tratamiento y aprovechamiento al reducir los volúmenes y costos de manejo. Se facilita la reincorporación de los residuales no contaminados o no diluidos al proceso o su envío a la recuperación de materiales.
- Mantenimiento preventivo y correctivo : inspecciones regulares, limpiezas, pruebas y sustitución de partes gastadas o descompuestas, para eliminar posibles fugas o derrames por mal funcionamiento de equipos y accesorios, al evitar que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento o se produzcan contaminaciones cruzadas.

2. Modificaciones en los procesos productivos: muchas veces la toma de

medidas internas pueden ir acompañadas de cambios tecnológicos en el proceso de producción que van a promover el reuso del agua, la sustitución de algunas sustancias que previamente se vertían en los efluentes y que a partir de los cambios se pueden utilizar dentro del mismo proceso.

3. Aprovechamiento económico de residuales: debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de P+L en el país. Para ello se recurre al reciclaje y reuso. Para recuperar aquellos residuales que pueden ser reutilizados.
4. Controles de salida: aunque la tendencia actual es diseñar los procesos productivos y las tecnologías para prevenir 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 al seleccionar y garantizar el cumplimiento de los parámetros de vertimiento y reuso. Estos sistemas disminuyen la contaminación cuando su funcionamiento es adecuado, pero son soluciones costosas para la sociedad y la industria que puedan generar problemas.

1.4.4. Posibles opciones de P+L en el sector tenero.

Las actividades del curtido de pieles utilizan sustancias químicas contaminantes y generan impactos adversos en las aguas, el suelo, y el aire, así como impactos ligados a los olores y la contaminación acústica, además de efectos sobre la salud de los trabajadores.

Para implantar opciones de P+L en el sector, el Ministerio de Medio Ambiente decidió llevar a cabo un diagnóstico ambiental en una empresa, donde se identificaron opciones de P+L. El diagnóstico ambiental identificó varias opciones de P+L:

1. Para reducir la salinidad de las aguas residuales generadas en el proceso de remojo, antes sacudir a mano las pieles con sal.
2. Reutilización de las aguas de enjuague en otros procesos donde baja concentración de agentes químicos tenga poco impacto.

3. Reutilización de aguas con compuestos de cal y sulfuros en el pelambre, al filtrar previamente los sólidos y pelo.
4. Precipitación y recuperación del cromo como hidróxido mediante su tratamiento con álcalis.
5. Sustitución del cromo como titanio. El titanio produce sales de menor toxicidad y tiene una absorción muy alta.
6. Descarnado previo después del remojo. Mediante este procedimiento, se obtiene un resto de carne aceptable para la producción de grasas y proteínas, o para compostaje, así como mejor grado de penetración de los productos.

Tras la realización del diagnóstico ambiental, se identificaron medidas de forma genérica a este sector industrial:

1. Si se sacuden las pieles con sal antes del remojo, se logra disminuir en un 40% el contenido de sal de las mismas y se logra un ahorro de agua al recircular las aguas residuales del proceso de enjuague en el proceso de remojo.
2. Si se recirculan las aguas residuales con cal y sulfuro, se logra reducir el consumo de agua y la cantidad de nuevos sulfuros y cal a añadir en un 40% y un 50% respectivamente.
3. Al determinar correctamente la masa de las pieles después de cada proceso, se previene el sobre uso de productos químicos.
4. Si se aplica el desencarnado previo antes del pelambre, se logra reducir en un 18% el peso de las pieles, lo que conlleva ahorros de agua y productos químicos en un 18%.
5. Mediante técnicas de elevado agotamiento de cromo se reducen la concentración de los restos de cromo en las aguas residuales de un 4% a un 2%.
6. Dado que la absorción del titanio es muy alta, al sustituir el cromo por este metal se logra una concentración mínima de titanio en el agua residual.
7. La recuperación y precipitación de cromo permite su reutilización.

Con la implantación de estas medidas orientadas a disminuir la carga contaminante de los efluentes, se logra reducir los impactos ambientales adversos derivados de esta actividad. A la vez, también se consiguen ahorros de agua y

sustancias químicas al promocionar la reutilización y el reciclaje. (Cromogenia Unit S.A, 2007)

1.5. Conclusiones del capítulo.

- La necesidad de la protección del medio ambiente se hace cada vez más grande debido a su rápido deterioro en nuestros tiempos por el accionar irresponsable del hombre.
- La P+L es una alternativa concebida para prevenir no para remediar los problemas de las industrias.
- Según la Estrategia Ambiental Provincial la empresa tenera provoca una elevada carga contaminante, que es vertida a la bahía, por lo que la implementación de prácticas de P+L es una necesidad.
- Existen grandes posibilidades de ahorrar recursos y minimizar los impactos desfavorables al medio ambiente desarrollando y poniendo en práctica opciones creadas para este fin.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Metodología de la investigación.

En este capítulo se abordan los materiales y métodos empleados en la investigación desarrollada en el Establecimiento 101 Tenería de Matanzas, “Mártires de Ñancahuazú”, específicamente en el proceso de remojo- pelambre.

2.1.1. Metodología de P+L.

Se desarrolla la metodología de Producción Más Limpia (P+L) propuesta por el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo), y que comprende tres fases fundamentales: pre evaluativa, evaluativa y de síntesis.

En la primera fase se considera.

- Caracterización de las operaciones de remojo-pelambre.
- Análisis tecnológico.
- Caracterización de los equipos y productos químicos.
- Las variables del proceso y los residuales.

La fase dos contempla:

- Diagnóstico ambiental inicial.
- Diagrama de flujo de las operaciones de remojo-pelambre.
- Identificación de los puntos críticos.
- Posibles afectaciones al medio ambiente, al hombre y a la economía.

La fase tres aborda:

- Posibles medidas de mitigación.
- Generación de opciones de P+L.
- Análisis de las opciones propuestas.

2.1.1.1. Fase Pre- evaluativa.

2.1.1.1.1. Características de las operaciones de remojo- pelambre.

El conjunto de operaciones mecánicas, quimicofísicas y enzimáticas cuyo objetivo es eliminar de la piel cuantos componentes no son adecuados para la obtención del cuero y preparar la estructura fibrosa del colágeno para la ulterior fase de

curtición, se denominan trabajos de ribera. Estos procesos de ribera están influidos en muchos casos por las características del agua que se emplea; ya que el agua es el medio auxiliar más importante de la tenería. En ninguna manufactura es necesaria el agua en tan grandes cantidades como lo es en la tenería. La tenería objeto de estudio utiliza agua subterránea (manantiales de Bello en Matanzas), después de un tratamiento de potabilización en el acueducto.

Estos trabajos de ribera comprenden las fases de: remojo, apelmbrado, desencalado, rendido, desengrasado en algunos casos y piquelado cuando se trata de pieles destinadas principalmente a la curtición al cromo.

Para el desarrollo de esta investigación se centra el estudio en las etapas de remojo y apelmbrado esencialmente.

El remojo es la primera operación de los trabajos de ribera, su misión es limpiar la piel de barro, estiércol, sangre, microorganismos y productos empleados en la conservación de dicha piel, disolver parcialmente las proteínas solubles en agua y sales neutras y llevar la piel al estado de hidratación que tenía el animal vivo y que había perdido a causa de la conservación.

Para la realización del remojo se utilizan bombos de madera con capacidad de 4000 kg para pieles los cuales poseen una puerta principal para la introducción de las pieles y otras puertas más pequeñas para efectuar lavados, puertas de registro. Estas pieles son seleccionada por los operarios en el saladero y trasladadas al área de remojo en una carretilla de madera.

Según la información brindada por el tecnólogo del área, las pieles seleccionadas se depositan en el bombo por su puerta y se le añade agua al 150% de la masa de las pieles, se cierra la puerta y se abren las puertecitas de lavado. Se pone en marcha el bombo y se lavan las pieles por 15 minutos con entrada y salida de agua, se deja reposar por 30 minutos y se repite esta operación de lavado y reposo tres veces. Se drena el agua de lavado, se cierran las puertecitas de registro, se añade de nuevo agua, se añade sulfuro de sodio al 0.2%, Humectol Rapid (es una enzima que por sus características puede catalizar la posterior operación de pelambre) al 0.5%, y Aseptante ON al 0.1%, (Estos productos son obtenidos del almacén por los operarios y llevados al área de remojo. Los

operarios no cuentan con los medios de protección necesarios como son: guantes, fajas, mascarillas, para la manipulación y trasiego de dichas sustancias.

Se rota 40 minutos, se deja reposar una hora, de nuevo se hace rotar por cinco minutos cada una hora hasta completar el tiempo de operación de 13-14 horas. Terminada la operación se toma una muestra del baño y se lleva al laboratorio a tomar pH que debe ser mayor que diez, y después se drena el baño.

Las pieles ya limpias, debidamente hidratadas y con partes de sus proteínas eliminadas en el remojo, pasan a la operación de pelambre, cuyo objetivo es eliminar la epidermis, el pelo y preparar la estructura fibrosa de la piel (mediante el hinchamiento y eliminación de proteínas no favorables como la elastina) para la posterior operación de curtición.

En el mismo bombo donde se realizó el remojo se añade agua al 100% de la masa de las pieles y se adiciona sulfuro de sodio al 0.5%, cal al 1%, Ribersal al 1%, se cierra y se pone el bombo en movimiento, a los 10 minutos se extrae una muestra del baño y se determina la densidad que debe estar entre 1.8-3 °Be. Se rota 30 minutos, se deja reposar 20 minutos, se añade sulfuro de sodio al 0.5%, cal al 1%, se rota 30 minutos, 20 minutos de reposo, se añade cal 1%, sulfuro de sodio al 0.8%, se rota 30 minutos, 20 minutos de reposo y después se rota 5 minutos cada 2 horas hasta completar 15-17 horas que dura la operación. Después se drena el licor y se lava por 3 horas con entrada y salida de agua.

Terminada esta operación ya el cuero esta libre de pelo y listo para continuar las otras operaciones. En esta operación de remojo-pelambre hay un consumo de agua total 130.34m³ por bombo.

2.1.1.1.2. Caracterización de los equipos.

El equipo fundamental de las operaciones de remojo- pelambre es el bombo de madera con capacidad de 4000 kg para pieles, con una potencia de 10kw/h, un diámetro de 3.5 metros y una longitud de tres metros, velocidad de rotación de 4 revoluciones por minuto, su régimen de trabajo es de 24 horas al día con períodos de operación y reposo, con un consumo de corriente de 6kw/h.

Constan de una puerta principal y dos puertecitas de lavado por las cuales se produce la entrada y salida del agua.

2.1.1.1.3. Caracterización de los productos químicos.

Para la caracterización de los productos químicos del proceso se consultó el catálogo de productos para tenerías. Cromogenia Unit S.A, 2007)

Remojo

1. Nombre comercial: Aseptante ON líquido.

Uso de la sustancia o preparado: para la industria del curtido.

Composición química: de solución de o-fenilfenolato de sodio.

Componentes: hidróxido de sodio y 2 befinilato de sodio

Es un fungicida de uso general, con ligero efecto bactericida y naturaleza derivada fenólica.

Peligros para el hombre:

- Riesgo de lesiones oculares.
- Irrita la piel.

Peligros para el medio ambiente:

- No se reportan peligros para el medio ambiente.

Exhibe una degradabilidad de C.O.D= 380 mg O₂ /g. Es un producto de importación.

2. Nombre comercial: *Humectol Rapid*.

Uso de la sustancia o preparado: para la industria del curtido.

Composición química: etilenglicol y dioetilsulfosucc.sod lco.

Es un humectante enérgico con actividad enzimática.

Peligro para el hombre:

- La presencia de enzimas proteasas granuladas puede provocar la formación de polvo, lo que constituye un riesgo para la salud humana.

Peligros para el medio ambiente:

- No se reportan peligros para el medio ambiente.

Exhibe una degradabilidad de C.O.D = 400mg O₂/ g. Es un producto de importación.

Nombre comercial: Sulfuro de sodio.

El uso de sulfuro de sodio, sulfhidratos y sulfuros orgánicos libres en el depilado puede producir sulfuro de hidrógeno en medio ácido (pH < 7.5).

Peligros para el hombre:

- El sulfuro de hidrógeno es un gas venenoso que tiene efecto irritante en las mucosas.
- Puede paralizar la respiración.
- Puede provocar deterioro de los centros nerviosos.
- Los síntomas y signos de intoxicación son: inflamación ocular, bronquial y pulmonar.
- En elevadas concentraciones causa calambres, inconsciencia y en último caso la muerte debido a una parálisis respiratoria.

Peligros para el medio ambiente:

Es un producto de importación.

Pelambre

1. Sulfuro de sodio (Ídem al del remojo)

2. Nombre comercial: Ribersal PLB

Uso de la sustancia o preparado: para la industria del curtido.

Composición química: Etilendiamina, dietanolamina, etanolamina.

Es un derivado de aminas secundarias.

Peligros para el hombre:

- Irrita en contacto con la piel.
- Lesiones oculares graves.
- Posibilidad de sensibilización por inhalación a concentraciones superiores al límite permisible.
- Efectos graves en caso de exposición prolongada o por ingestión.

Peligros para el medio ambiente:

- Producto soluble en agua, es un álcali del que no se reportan afectaciones al medio ambiente.

Exhibe una degradabilidad de C.O.D = 350mg O₂/ g. Es un producto de importación.

3. Hidróxido de calcio.

La cal reacciona con el agua, con desprendimiento de calor. El producto de esa reacción es el hidróxido de calcio que le denominan cal apagada. La cal apagada es poco soluble en agua, y su solubilidad disminuye al aumentar la temperatura. A la suspensión le denominan agua de cal. Una suspensión de hidróxido de calcio en agua le denominan lechada de cal y es la más barata de todas las bases.

Peligros para el hombre:

- Posibilidad de sensibilización por inhalación

Peligros para el medio ambiente

- Por ser un polvo poco soluble en agua puede precipitar como deposiciones de sólidos en los suelos.

La caracterización de los productos químicos empleados en el proceso permitió conocer que el Humectol Rapid producto utilizado en el remojo presenta actividad enzimática por la presencia de enzimas proteasas en su composición. Según se reporta en la literatura estas enzimas en presencia de sulfuro de sodio se activan por lo que se procedió a realizar un diseño de experimentos factorial 2², es decir dos variables que en este caso son: cantidad de sulfuro (X1) y cantidad de Humectol (X2) en gramos, a dos niveles los cuales son: máximo valor de X1(0.2g) y X2 (1g) y mínimo valor de X1 (0) y X2 (0.2g) teniéndose como variables respuesta: el pH, el tiempo de aflojamiento del pelo(Ta), masa de cuero húmedo (MCH) y masa húmeda de pelo (MPH) en gramos, según la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Diseño de experimentos factorial 2² para el *Humectol Rapid*.

Nº de muestra	X1	X2	pH	MCH	Ta	MPH
I	0	0.2				
II	0.2	1				
III	0	0.2				
IV	0.2	1				

Los resultados del diseño se analizarán experimentalmente y estadísticamente (utilización del software STATGRAPHICS).

2.1.1.1.4. Variables del proceso y su influencia en el mismo.

Después de consultar varias literatura, Gratacos,(1962); Silvent,(2007) y a consideración de la autora se identificaron las principales variables del proceso en estudio así como su influencia en el mismo son:

1. pH:

La hidratación e hinchamiento de la piel aumenta proporcionalmente a la acidez o alcalinidad del baño, hasta alcanzar un máximo a partir del cual disminuyen aquellos efectos. Estos máximos corresponden en el caso de remojo a valores de pH del orden de 2.4 y 11.6 respectivamente.

La ventaja de una intensificación del remojo en medio ácido es que se desfavorece el desarrollo bacteriano, como ocurre en el caso de trabajar en medio alcalino, sobre todo a pH comprendido entre 8 y 10.

Por esa razón en el remojo objeto de estudio (remojo básico), se utilizan productos que inhiben la actividad bacteriana como el Aseptante ON.

2. Hinchamiento:

El efecto del hinchamiento producido por las disoluciones de hidróxidos alcalinos y alcalinotérreos disminuye en el orden: potasio, sodio, bario y calcio. La capacidad de aflojamiento capilar de estos hidróxidos aumenta en el mismo orden.

Debe tenerse en cuenta que un hinchamiento excesivo de las zonas externas de la piel cierra los poros de la misma y dificulta la difusión de los productos químicos de depilado hasta la queratina del folículo piloso.

En cuanto al efecto del hinchamiento por acción de los sulfuros disminuye en el orden: potasio, sodio, bario, calcio

Las adiciones de sulfuro de sodio a los pelambres de cal tendrían como consecuencia un aumento de hinchamiento, pero en cualquier caso será siempre menor que el del baño de sulfuro de sodio solo.

Para el caso de estudio el control del proceso establece un hinchamiento de un 10 % sobre la masa de cuero salado.

3. Densidad:

Este parámetro da una medida de la concentración de iones calcio en los baños de pelambre. Los cationes por medio de cargas originan los ensanchamientos de la red cristalina y por tanto el hinchamiento del colágeno.

Para lograr un proceso efectivo es preciso que la densidad del baño esté entre 1,8 – 3°Be.

2.1.1.1.5 Aguas. Características contaminantes.

Remojo

Nombre del residual: agua residual de lavado inicial con alto contenido de barro, estiércol, sangre y microorganismos.

Cantidad que se genera: 32.42 m³ de agua.

Origen o lugar donde se genera: en el remojo para el lavado inicial.

Tratamiento a que es sometido: esta agua no recibe ningún tratamiento ni químico, o biológico simplemente es vertido al canal y de ahí directamente a la bahía.

Nombre del residual: agua residual al final del remojo con alto contenido de materia orgánica, elevado pH, saponificación de grasas, queratina disuelta.

Cantidad que se genera: 6 m³ de agua.

Origen o lugar donde se genera: en la operación de remojo.

Tratamiento a que es sometido: esta agua no recibe ningún tratamiento ni químico, o biológico simplemente es vertido al canal y de ahí directamente a la bahía.

Pelambre

Nombre del residual: agua residual con alto contenido de materia orgánica, Sulfuro de sodio, cal, queratina disuelta.

Cantidad que se genera: 4 m³ de agua.

Origen o lugar donde se genera: en la operación de pelambre.

Tratamiento a que es sometido: esta agua no recibe ningún tratamiento ni químico, o biológico simplemente es vertido al canal y de ahí directamente a la bahía.

Nombre del residual: agua residual del lavado de pelambre.

Cantidad que se genera: 87.91 m³ de agua.

Origen o lugar donde se genera: en la operación de pelambre.

Tratamiento a que es sometido: esta agua no recibe ningún tratamiento ni químico, o biológico simplemente es vertido al canal y de ahí directamente a la bahía.

2.1.1.2. Fase evaluativa.

2.1.1.2.1. Diagnóstico ambiental inicial.

Según Cabrera, J.A. (2002); Oviedo, M.T. (2003), el diagnóstico ambiental es un instrumento que permite trabajar la problemática ambiental de la institución de una forma planificada y participativa. Es una herramienta útil para todas las instituciones. El diagnóstico ambiental va dirigido a la obtención de información sobre las características que presenta la entidad, región o instalación que está siendo objeto de análisis.

Después de realizado un estudio del proceso, obtener los datos y conocimientos de dicho proceso se debe analizar donde se generan la mayor cantidad de residuos, por qué se generan y en que cantidad.

Para ello es necesario analizar todo el proceso e identificar los principales puntos críticos. Es importante analizar todas las entradas y salidas del proceso para lo cual se tiene en cuenta:

- Causas que originan residuos y emisiones.
- Pérdidas de materias primas, agua y energía.
- Composición del residual.

Los métodos empleados en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:
Observación Directa: Consistió en un recorrido por la Empresa analizando los problemas ambientales detectados en el diagnóstico, su estado actual y grado de solución.

Método lógico-práctico: Se persigue una unidad lógica desde la definición del problema, las preguntas de los cuestionarios, encuestas, entrevistas, guía, estudio del flujo de producción y elaboración del informe final.

En este trabajo se utiliza la entrevista centrada.

La entrevista **centrada** es aquella en que el investigador tiene como objetivo conocer las opiniones de diferentes personas con respecto a situaciones comunes a todas. La entrevista, por tanto, está centrada sobre un objetivo preciso. Ahora bien, a pesar de que el objeto de la entrevista está definido con claridad, las preguntas formuladas al sujeto son libres.

Las Entrevistas, se realizaron de forma independiente a:

- Ø Especialistas de las diferentes áreas de la Empresa.
- Ø Directivos de la Empresa.

Para comprender mejor lo antes expuestos se realizó un diagrama de flujo como se muestra a continuación en la figura 2.1.

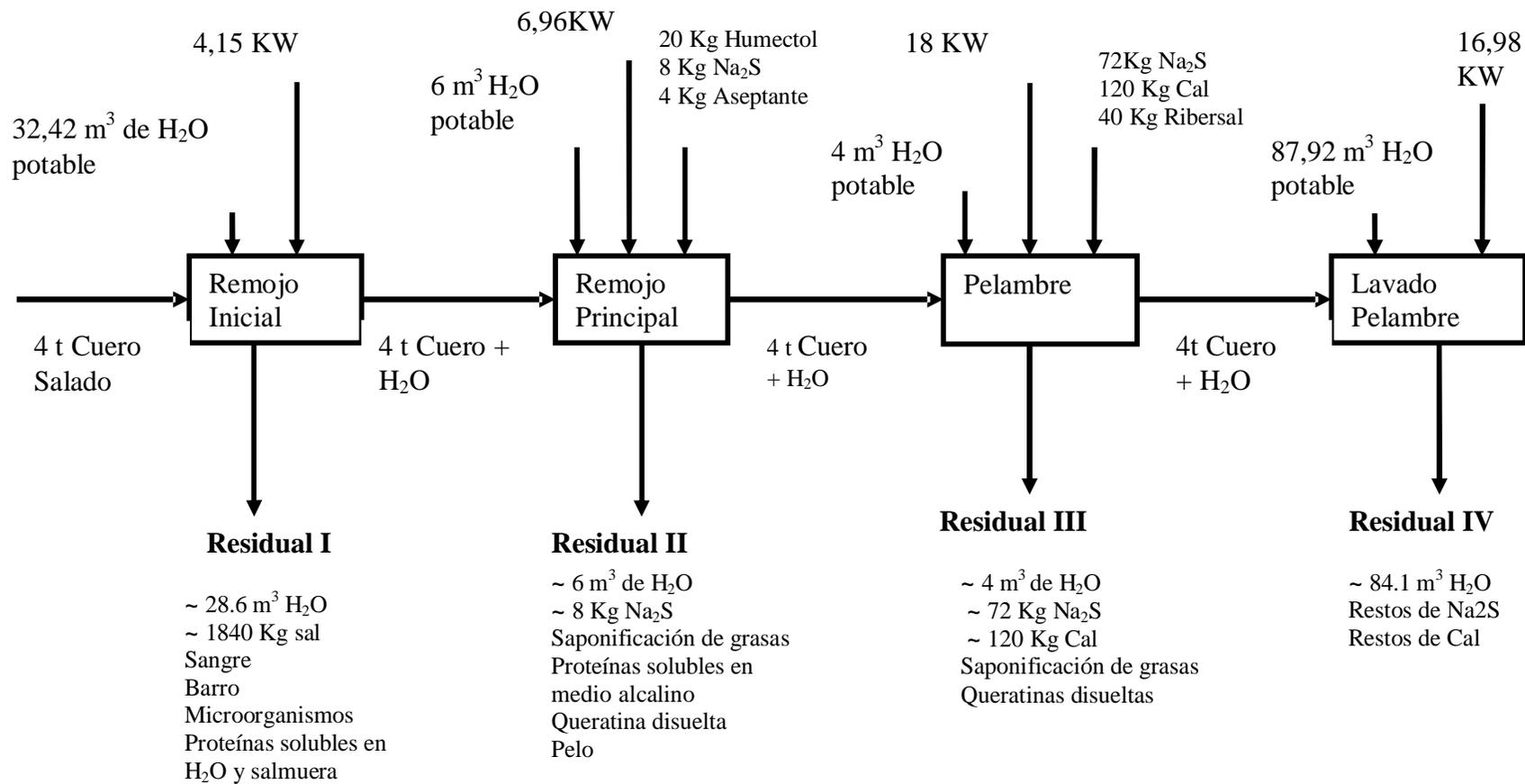


Figura 2.1. Diagrama de flujo de las operaciones de Remojo y Pelambre

Elaboración propia

2.1.1.2.2. Identificación de las operaciones críticas.

Para identificar las operaciones críticas se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- Consumo de agua.
- Consumo de energía.
- Cantidad y toxicidad de los productos químicos utilizados.
- Agresividad de los residuales.

2.1.1.2.3 Posibles afectaciones al medio ambiente, al hombre y la economía.

Las posibles afectaciones son:

Medio ambiente

Para determinar las posibles afectaciones al medio ambiente se consultó la evaluación de la calidad hidroquímica de las aguas de la Bahía de Matanzas realizadas por el Centro de Investigación Medio Ambientales de Bahías (CIMAB) en los años 2000 y 2004.

En el año 2000 este organismo concluye en su estudio, que esta Bahía está sometida a un impacto por materia orgánica que en términos de DBO_5 representa 5513kg/día de ellos 313 pertenecientes a la tenería (6%).

El estudio del fitoplancton en áreas cercanas al vertimiento de los residuales de tenería reportó valores muy bajos lo que indica que estos residuales afectan la vida acuática, mientras que en el año 2004, este organismo considera que el mayor impacto que los residuales de tenería provocan a la Bahía es causado por la materia orgánica que en términos de DBO_5 representa una carga de 160kg/día.

Hombre

Para determinar las posibles afectaciones al hombre se procedió a dar recorridos por las áreas de trabajo, entrevistar a los operarios, observación de las manos por contacto con productos químicos, las áreas de trabajo.

Economía

La finalidad de esta evaluación es determinar si las operaciones a implementar son adecuadas en el sentido de dar ganancias a la empresa. Un análisis adecuado de este tipo es vital, ya que de no ser así la opción puede dar lugar a un fracaso económico del proyecto lo cual desalentará cualquier otro tipo de inversión en esta área.

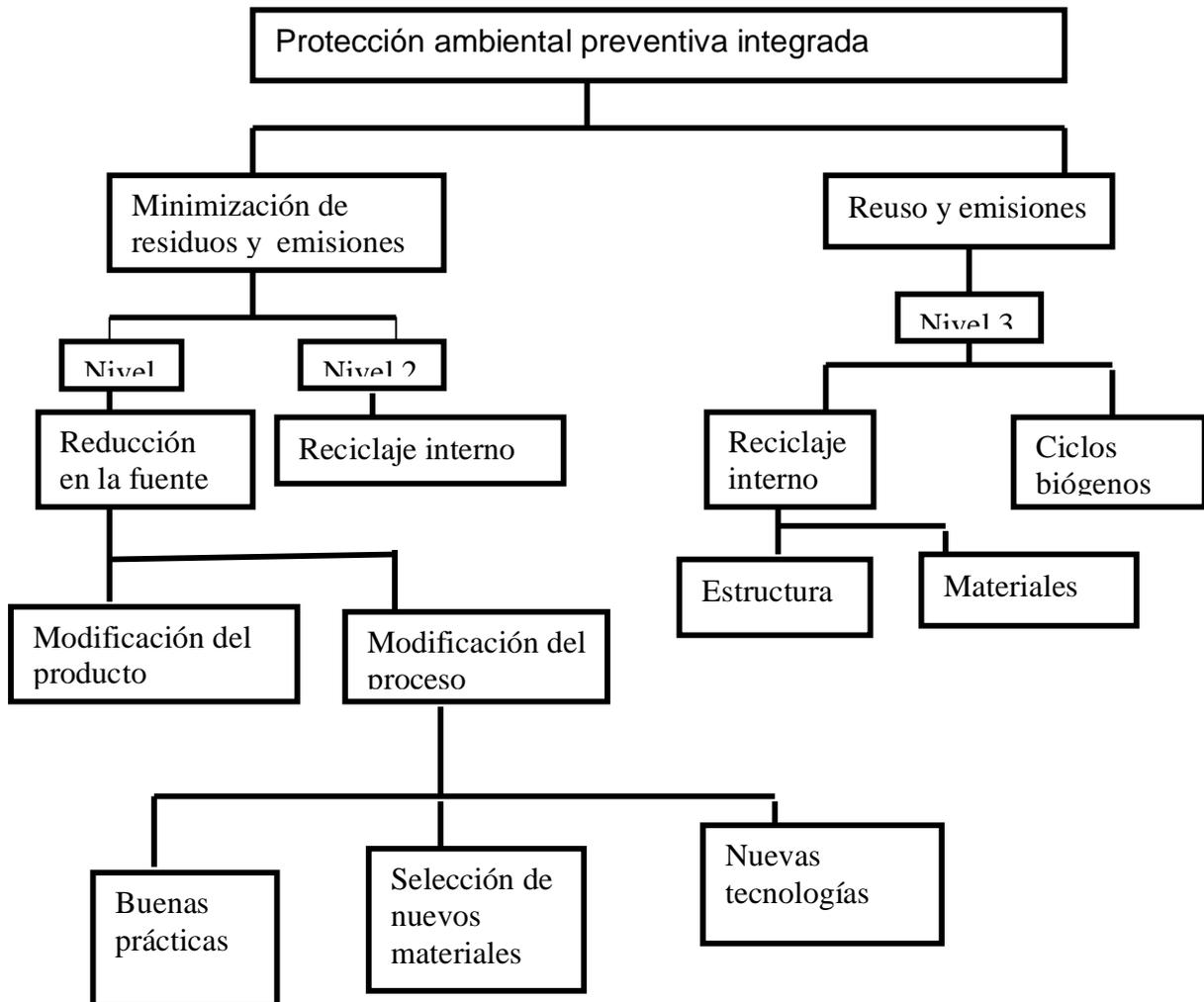
La evaluación económica se hace considerando los criterios de:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Período de Recuperación de la Inversión (PRI).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

2.1.1.3. Fase de síntesis.

2.1.1.3.1. Posibles medidas de mitigación.

Las posibles medidas de mitigación se abordaran teniendo en cuenta el esquema que aparece en el tabloide de Universidad Para Todos, (2006) Producción Más Limpia y desarrollo sostenible.



|

2.1.1.3.2. Generación de opciones de P+L.

A partir del conocimiento de las fuentes de generación de residuos y emisiones, de las fuentes de desperdicio de materias primas y energéticas, se inicia la búsqueda de medidas correctivas.

Puntos básicos a considerar al generar opciones de Producción Más Limpias.

Las opciones de P+L incluyen:

1. Cambios en las materias primas.
2. Cambios y modificaciones en la tecnología.
3. Generar buenas prácticas operativas.
4. Reutilización y reciclaje en planta.

Para la reutilización y el reciclaje de la planta se procedió al diseño de un filtro según la metodología descrita en el Rosabal, (2006), tomo 2.

Datos

$$\rho_p = 170 \text{ kg / m}^3$$

$$x = 2.67 \%$$

$$x_t = 1 - \text{humedad} = 0.85$$

$$V = 6 \text{ m}^3$$

Donde:

ρ_p densidad de la partícula.

x -----fracción masa de sólidos en la suspensión.

x_t fracción masa de sólidos en la torta.

V -----volumen de filtrado recolectado.

Es necesario determinar el área de filtración para así poder seleccionar el filtro en la tabla 17 del Rosabal, (2006).

$$S = (V \cdot C) / h \cdot C'_t \quad (2.1)$$

Donde:

S-----área de filtración.

C-----masa de sólidos en la torta / unidad de volumen filtrado recolectado.

h-----espesor de la torta (para filtros prensas horizontales es igual a 1/3 del espesor del marco aumentado en 2-3 mm).

$$h = 0.16m$$

C'_t masa de sólidos / unidad de volumen en la torta.

$$C = C_s / (1 - (C_s / (X_t * \rho))) \quad (2.2)$$

$$C_s = X * \rho_s \quad (2.3)$$

$$X = x / (1 - x) \quad (2.4)$$

$$X_t = x_t / (1 - x_t) \quad (2.5)$$

$$1/\rho_s = (x/\rho_p) / ((1-x)/\rho) \quad (2.6)$$

Donde:

X -----masa de sólidos / m³ de líquido en la suspensión.

X_t masa de sólidos / m³ de líquido en la torta.

P-----densidad del líquido puro.

ρ_sdensidad de la suspensión.

ρ_p -----densidad de la partícula.

$$C'_t = x_t * \rho_t \quad (2.7)$$

$$\rho_t = 1 / ((x_t / \rho_p) / ((1 - x_t) / P)) \quad (2.8)$$

Donde:

ρ_t -----densidad de la torta

2.1.1.3.3. Valoración técnica - económica de las opciones de P+L.

Una vez que han sido generadas las opciones de P+L, estas deben ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad, entre otros. En esta etapa no debe eliminarse ninguna opción a menos que sea obviamente no factible y por último las opciones similares deben fusionarse.

Se plantea que para comprobar la factibilidad de una inversión se pueden calcular indicadores como el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno (TIR), y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI).

La inversión inicial se determina a partir del costo de adquisición de los equipos y materiales necesarios para poner en práctica las opciones.

$$I \text{ total} = C \text{ adq total.} \quad (2.9)$$

El costo de producción (CP) se determina de acuerdo a los elementos de costos recogidos en costos fijos (CF) y costos variables (CV).

$$CP = CF + CV \quad (2.1)$$

El valor de la producción (VP) se calcula como el precio unitario de cada producto (pup) por el volumen de producción (N) de cada producto.

$$VP = \text{pup} * N \quad (2.11)$$

Una vez determinado el costo de producción total y el valor de la producción, se calculan los indicadores económicos que permiten definir la eficiencia económica del proceso.

El movimiento de fondo de la caja (S) es la diferencia entre los cobros y los pagos que se producen como resultado de la inversión. Este movimiento de fondo se hace para cada horizonte.

$$S = \text{cobros} - \text{pagos} \quad (2.12)$$

El Valor Actual Neto (VAN) se determina como la suma del movimiento de fondo actualizado para un interés dado (i), en el tiempo que enmarca el horizonte (t).

$$\text{VAN} = \sum St / (1+i)^t \quad (2.13)$$

La Tasa Interna de Retorno (TRI) se determina calculando el VAN para diferentes tasas de interés, donde:

Sí el TIR > i conviene el proyecto.

El Período de Recuperación de la Inversión (PRI) es aquel en donde el movimiento de fondo se hace positivo lo que quiere decir que ya se pagó la inversión realizada.

Capítulo 3. Análisis de los resultados.

3.1. Fase Pre- Evaluativa.

El Humectol Rapid producto utilizado en el remojo presenta actividad enzimática por la presencia de enzimas proteasas en su composición. Según se reporta en la literatura estas enzimas en presencia de sulfuro de sodio se activan cuestión que quedó comprobada en el diseño de experimentos realizado en el capítulo 2 y que se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados del diseño de experimentos del *Humectol Rapid*.

Nº de muestra	MCS	X1	X2	pH	MCH	Ta	MHP
I	19.11g	0g	0.2g	8.02g	19.36g	---	---
II	25.47g	0.2g	0.2g	9.4g	26.02g	5 ½ h	0.023g
III	21.46g	0g	1g	9.6g	22.14g	---	---
IV	24.53g	0.2g	1g	10.05g	25.76g	3h	0.0225g

Elaboración propia.

Donde:

MCS-----masa de cuero salado

X1-----cantidad de sulfuro de sodio

X2-----cantidad de *Humectol Rapid*

mCH-----masa de cuero húmedo

Ta-----tiempo de aflojamiento

MHP-----masa eso húmedo de pelo

Los resultados del diseño se analizarán experimentalmente y estadísticamente (utilización del software STATGRAPHICS).

Experimentalmente los principales resultados son:

Es importante medir el pH debido a que el objetivo principal en el remojo es la eliminación de la sal presente en los cueros y a valores de pH muy altos o muy bajos se favorece el hinchamiento del cuero lo que cerraría los poros e impediría la eliminación de la sal con lo cual al adicionar los productos químicos se dificultaría la difusión de estos a través de los poros. La no eliminación de la sal con la posterior adición de productos como el hidróxido de

sodio (cal) podría producir el cloruro de calcio y con esto manchas en las pieles al final del proceso.

En la tabla se puede observar que ciertamente la presencia de sulfuro activa las enzimas presentes en el Humectol pues en los experimentos donde no hubo presencia de sulfuro no se aprecia aflojamiento del pelo, además la mejor opción es donde existe la mayor cantidad de sulfuro y Humectol pues el pH es superior hay un tiempo de aflojamiento en solo 3h para 8h que se realizó el estudio.

Por lo que al verter los residuales del remojo, además de los productos de conservación se evacua parte de la epidermis y el pelo sin disolver por lo que el contenido de residuales previsto para el remojo ha cambiado su composición.

De los productos químicos utilizados en estas operaciones destaca por su peligrosidad para la salud del hombre el Aseptante ON.

La evacuación de los residuales de pelambre se realiza sin control lo que puede provocar emanaciones de sulfuro de hidrógeno si el pH de los residuales remanentes en las zanjas es inferior a 7,5.

Estadísticamente los principales resultados son:

Las variables respuestas no producen ninguna afectación significativa

3.2. Fase evaluativa.

3.2.1. Resultados del diagnóstico ambiental.

Los resultados del diagnóstico realizado en las operaciones de remojo-pelambre son:

1. No existe en estudio de la calidad del agua a utilizar en cada etapa del proceso de remojo – pelambre; en todas se utiliza agua potable.
2. Elevado consumo de agua potable.
3. No se recuperan, ni se reutilizan materias primas fundamentales del proceso que son de importación (ejemplo el sulfuro de sodio).
4. No existe tratamiento para los residuales.
5. El proceso objeto de estudio es un proceso discontinuo e irregular en el vertimiento de residuales, por lo que es imprescindible lograr una caracterización confiable de los efluentes.

6. La probabilidad de formación de sulfuro de hidrógeno es muy alta por cuanto los vertimientos de los residuales de pelambre se realizan sin control.

3.2.2. Operaciones críticas.

Después de realizar un diagrama de masa, energía y agua (epígrafe 2.1.1.2.1, figura 2.1) se pudo ver que:

- Las operaciones que más agua potable consumen son: el lavado de pelambre con 84.1 m³ de agua por bombo y el remojo inicial con 28.6 m³ de agua por bombo.
- En cuanto al consumo de energía las operaciones más consumidoras son: el lavado de pelambre con 18 Kw y el pelambre propiamente dicho con 16 kw.
- En cuanto a la utilización de productos químicos tóxicos las operaciones más críticas son: el pelambre con un consumo de 72 Kg. de sulfuro de sodio y el remojo principal con la utilización del Aseptante ON.
- En cuanto a la manipulación de productos químicos los productos que más riesgos producen son: Aseptante ON y el sulfuro de sodio.
- El efluente de pelambre es el que presenta las características más agresivas.
- No se cuenta con ningún tratamiento para las aguas residuales de esta empresa. Se considera en vías de solución desde 1999, según estrategia ambiental del Ministerio de la Industria Ligera (MINIL).
- Solo se cuenta con una caracterización puntual de los residuales que no refleja la situación real.

Tabla 3.2 Resumen de las operaciones críticas.

Operaciones/consumos	Remojo inicial	Remojo principal	Pelambre	Lavado pelambre
Agua potable	32.42 m ³	6 m ³	4 m ³	87.92 m ³
Energía	4.15 Kw	6.96 Kw	16 Kw	18 Kw
Productos químicos	---	20kg Humectol 8kg Na ₂ S 4kg Aseptante	72kg Na ₂ S 120kgcal 40kg Ribersal	-----

Elaboración propia

Por todo lo expuesto se puede resumir que: la operación más crítica es el pelambre por utilizar la mayor cantidad de productos químicos de elevada toxicidad, alto consumo de corriente, mayor agresividad del efluente, y le sigue el lavado de pelambre por tener un elevado consumo de agua y de corriente eléctrica.

3.2.3. Afectaciones al medio ambiente, al hombre y la economía.

De acuerdo al estudio realizado en la tenería de Matanzas se pudo obtener como posibles afectaciones al:

Medio ambiente:

- Vertimiento de 130,34 m³/bombo procesado de agua contaminada a la bahía.
- Incorporación de aproximadamente 72 Kg. sulfuro de sodio a las aguas residuales que se vierten a la bahía con el consiguiente aumento del mal olor, posibilidad de muerte de especies marinas y contaminación de las aguas.
- Emisiones de gases tóxicos como el sulfuro de hidrógeno.

Hombre:

- Irritación de la piel de los operarios por contacto con productos químicos.
- Afectaciones en los hombros, la cintura o el cuerpo en general de los trabajadores por trasladar cargas pesadas por largas distancias, sin la adecuada protección (fajas).
- Áreas de trabajo con pésimas condiciones higiénicas debido al derrame de residuales sin canalizar.

Economía:

- Uso de productos químicos de importación.
- Uso de agua potable en el proceso cuando puede ser usada agua residual.

3.3. Fase de síntesis.

3.3.1. Medidas de mitigación.

Las posibles medidas de mitigación que se proponen son las siguientes:

1. Recircular las aguas residuales, cuando técnicamente sea posible, de forma que se eliminen emisiones especialmente contaminantes. Para ello se propone:
 - Recircular el agua residual de remojo inicial después de un tratamiento sencillo.
 - Filtrar el residual del remojo principal.
 - Recircular los baños de pelambres hasta que las condiciones tecnológicas lo permitan.
2. Mantenimiento preventivo de las instalaciones y equipos de trabajo para evitar vertimientos accidentales.
3. Limpieza de locales y lugares de trabajo de forma periódica, ya que la existencia de vertidos o derrames genera nuevos focos de contaminación.
4. Crear muros de contención para la canalización de los residuales.
5. Equipos de protección individual como son: fajas, nasobucos, gafas, guantes, delantales y botas.

6. Existencia de servicios sanitarios apropiados los cuales estén abastecidos de productos para lavarse los ojos y/o antisépticos para la piel como medida preventiva ante posibles accidentes.
7. Establecer procedimientos de trabajo para la manipulación de productos químicos con vistas a evitar accidentes y derrames accidentales.
8. El lugar de almacenamiento de los productos químicos debe estar ventilado y de acceso limitado.
9. Desarrollar y mantener la concientización de los trabajadores mediante programas de ahorro de agua y disminución de cargas contaminantes.

3.3.2. Generación de opciones de P+L.

La implementación de prácticas de P+L en esta empresa puede contribuir a la disminución de la carga orgánica que la misma produce y constituye una herramienta para solucionar los problemas ambientales ya mencionados (epígrafe 2.2.1.1.2.3.).

La etapa de ribera que incluye los procesos de remojo y pelambre aporta una elevada cuantía de contaminantes al residual que se vierte a la bahía. Esto sugiere la posible aplicación de prácticas de P+L en estas operaciones tecnológicas.

A continuación la autora plantea las consideraciones necesarias a tener en cuenta en la implementación de prácticas de P+L en la industria objeto de estudio.

Opción 1 Muros de contención de residuales en los bombos de remojo-pelambre.

Situación actual:

En la tenería los residuales resultantes de estas operaciones son vertidos al medio sin ninguna regulación

Recomendaciones:

Se hace necesaria la construcción de muros de contención que eviten el esparcimiento de estos residuales. La construcción de estos muros de contención, técnicamente permitirán encauzar los efluentes líquidos de las

operaciones de remojo – pelambre, facilitará la ejecución de otras operaciones y la limpieza del área.

Cálculos necesarios:

Por mediciones y observación directa en el sitio se propone como dimensiones del muro a construir:

- Altura del muro -----1 m
- Largo del muro-----10m

Análisis económico:

Datos ofrecidos por el almacenero

- Arena-----\$/ m³ 10.62
- Cemento-----\$/m³ 3.5493
- Gravilla-----\$/m³ 10.12
- Bloque-----\$/ m³ 0.7335

Recursos necesarios estimados.

- Arena-----5 m³
- Cemento-----10 bolsas
- Gravilla-----2 m³
- Bloque-----150

Inversión total = 218.858 \$

Impacto ambiental

Aunque la literatura reporta métodos para el cálculo del impacto ambiental, esta autora expone los criterios acerca de las implicaciones que generará la aplicación de esta opción.

El impacto ambiental que provoca esta opción viene dado en el mejoramiento de las condiciones higiénico – sanitarias del área objeto de estudio.

Opción 2. Separación de las aguas residuales

Situación actual:

Las aguas residuales resultantes del proceso de remojo inicial, remojo principal, pelambre, lavado de pelambre, confluyen en un mismo conducto de desagüe a pesar de tener características contaminantes diferentes.

Recomendaciones:

Es necesario efectuar la separación de las corrientes de cada residual para que permita la recuperación y reutilización de los efluentes. Esta separación no solo va dirigida a segregar las aguas residuales sino que involucra también el análisis individual de los efluentes.

El objetivo fundamental con esta medida es crear una infraestructura que sirva de base para implementar las acciones que reportan beneficios económicos.

Separar las aguas residuales de las distintas etapas del proceso remojo – pelambre permitirá garantizar el tratamiento adecuado acorde a las características y agresividad de las mismas.

Se prevee a través de un sistema de compuerta almacenar convenientemente los residuales. De este modo se construirán 3 tanques, una para el acopio de los residuales de lavado de remojo, otra para el lavado de pelambre y la otra para los residuales de pelambre. Esta opción favorece la aplicación de las restantes opciones de P + L propuestas.

Cálculos necesarios:

En función del máximo volumen de residuales a obtener se proponen:

3 tanques de almacenamiento de 30 m³ de capacidad

Análisis económico:

Según Silvent, (2007), la construcción de estos tanques requiere de una inversión de \$1100.

3* \$1100 = \$3300

Inversión total = \$3300

Impacto ambiental

El impacto ambiental que provoca esta opción viene dado en el mejoramiento de las condiciones higiénico – sanitarias del área objeto de estudio.

Opción 3 Reuso del baño de remojo inicial.

Reuso del baño de remojo inicial.

Situación actual:

En los momentos en que se realizaba esta investigación en la tenería no se realizaba ninguna acción dirigida al reuso del baño del remojo inicial por lo que al final de esta operación las aguas residuales son vertidas a los conductos de desagüe con elevada cantidad de microorganismos, sangre estiércol, barro y otros.

Recomendaciones:

La presente alternativa se desarrolla después de drenar el baño del remojo inicial, lo cual es posible, ya que la función del remojo es la de humedecer y recuperar la flexibilidad de las pieles saladas.

Se sugiere reutilizar el baño en otra operación, la tenería en estudio utiliza agua potable en este remojo por dos horas aproximadamente. Una vez terminado el remojo la disolución de agua se descarga. El volumen de agua utilizado para este remojo es de aproximadamente 32.42m^3 / bombo. Se propone una vez terminado el remojo almacenar este residual y después de un tamizado usarlo en el proceso de piquelado.

Cálculos necesarios:

- Cantidad de cloruro de sodio
- Cantidad de agua
- 1 m^3 de agua = 0.167 \$
- 1 kg de cloruro de sodio = 0.04419 \$

Se estima que en la operación de piquelado se trabaja con una concentración de cloruro de sodio de 60 kg cloruro de sodio / m^3 agua.

El agua reusada del remojo inicial tendrá una concentración de 32.42 kg sal / m^3 agua, al ponerse en práctica esta opción se lograría recuperar toda la sal

que se obtiene en la operación de remojo inicial y en lugar de desecharla se alimentaría nuevamente al sistema para ser usada en el piquelado.

Análisis económico:

En el piquelado se consumen:

- 5 m^3 de agua * $0.167 \text{ \$/ m}^3$ agua = $0.835 \text{ \$}$
- 158.15kg sal * $0.04419 \text{ \$/ Kg}$ sal = $6.99 \text{ \$}$

Costo de materiales necesarios para poner en práctica esta opción:

- 2 válvulas antirretorno de 50mm con un valor de $66.50 \text{ \$ / u}$

Costo de las válvulas = $2 * 66.50 \text{ \$ / u} = 133.00\text{\$}$

- 50m de tuberías galvanizadas de 50mm con un valor de $4.70 \text{ \$/ m}$

Costo de las tuberías= $50\text{m} * 4.70 \text{ \$/ m} = 235.00\text{\$}$

- 4 codos galvanizados roscados de 50mm con un valor de $1.90\text{\$/u}$

Costo de los codos = $4 * 1.90\text{\$/u} = 7.6 \text{ \$}$

- 1 tamiz con un valor de $266.67\text{\$}$

- 1 tanque con un valor de $1100 \text{ \$}$

-

Inversión total = $1100\text{\$} + 266.67\text{\$} + 7.6 \text{ \$} + 235.00\text{\$} + 133.00\text{\$} = 1742.27\text{\$}$

Tabla 3.3. Resumen de la opción 3

Ahorro de agua	
Ahorro de sal	158.15kg
Inversión total	1742.27 \\$

Elaboración propia

Opción 4 Tamizado del baño de remojo principal

Situación actual:

En los momentos en que se realizaba esta investigación no se realizaba ninguna acción dirigida a este baño, por lo que al final de esta operación las aguas residuales son vertidas a los conductos de desagüe con elevada carga contaminante que contiene sulfuro de sodio, proteína soluble en medio alcalino, pelo sin disolver.

Recomendaciones:

Se propone aprovechar la composición enzimática del *Humectol Rapid* que en presencia de sulfuro de sodio se activa y provoca el aflojamiento del pelo y su fácil eliminación del cuero (según diseño de experimentos que se muestra en el epígrafe 3.1) e introducir un proceso de tamizado que disminuiría la descarga de materia orgánica que se vierte a la bahía (pelo, carnaza).

El tamiz utilizado sería el mismo que se propone en la opción 1 por lo que esta opción no requiere de una inversión.

Impacto ambiental

El impacto ambiental que provoca esta opción es positivo ya que se estima que aproximadamente el 10% del volumen total del pelo no pase a la operación de pelambre.

5. Opción Reuso del baño de pelambre y primer lavado de pelambre.

Situación actual:

En la tenería en el proceso tecnológico actual la operación de pelambre se realiza con pieles sin descarnar. El efluente del pelambre se descarga a las redes de desagüe sin ningún tratamiento.

Recomendaciones:

La propuesta se realiza después de analizar el efecto negativo que tiene la hidróxido de sodio y el sulfuro de sodio sobre el medio ambiente, además del estudio de los costos de estos insumos en el mercado.

Para el desarrollo de esta alternativa la autora propone que la disolución de pelambre una vez concluido el proceso debe ser drenada del bombo, filtrada y luego almacenarla en un tanque para posteriormente ser bombeada al bombo y volver a utilizarla. El objetivo del filtrado es retener el pelo y los sólidos suspendidos resultantes del proceso.

Cálculos necesarios:

Sobre la base de 4000kg de pieles se necesitan:

- 4m³ de agua
- 120 kg de cal

- 72 kg de sulfuro de sodio

Para una concentración de 30 kg de cal/m³ agua y 18 kg Na₂S / m³ agua. En condiciones de reuso el residual tendrá una concentración de 15 kg de Ca(OH)₂/m³ agua y 9 kg Na₂S / m³ agua por lo que será necesario adicionar al bombo 60 kg de Ca(OH)₂ y 36 kg Na₂S para garantizar la efectividad del proceso por tanto:

Lo que se necesita – lo que se recicla = ahorro

$$4\text{m}^3 \text{ agua} - 4\text{m}^3 \text{ agua} = \text{total}$$

$$120\text{kg Ca(OH)}_2 - 60 \text{ kg de Ca(OH)}_2 = 60 \text{ kg de Ca(OH)}_2$$

$$72 \text{ kg sulfuro} - 36 \text{ kg Na}_2\text{S} = 36 \text{ kg Na}_2\text{S}$$

El proceso en estudio es un proceso discontinuo. La literatura consultada propone para esta industria filtros prensas horizontales, por la posición y forma de descarga de los bombos.

El diseño para la selección del filtro a emplear se realizó según la metodología descrita en el Rosabal, (2006) tomo 2, según se explica en el epígrafe 2.1.1.3.2.

$$S = (V \cdot C) / h \cdot C'_t$$

$$S = 5.4 \text{ m}^2$$

El filtro seleccionado es un filtro prensa horizontal tipo IFPAKM5N.

Donde:

S-----área de filtración.

C-----masa de sólidos en la torta / unidad de volumen filtrado recolectado.

h-----espesor de la torta (para filtros prensas horizontales es igual a 1/3 del espesor del marco aumentado en 2-3 mm).

$$h = 0.16\text{m}$$

C'_t masa de sólidos / unidad de volumen en la torta.

$$C = C_s / (1 - (C_s / (X_t \cdot \rho)))$$

$$C = 23.99 \text{ kg / m}^3$$

$$C_s = X * \rho_s$$

$$C_s = 23.89 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$X = x / (1 - x)$$

$$X = 0.027$$

$$X_t = x_t / (1 - x_t)$$

$$X_t = 5.67$$

$$1/\rho_s = (x/\rho_p) / ((1-x)/\rho)$$

$$\rho_s = 884.96 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Donde:

X -----masa de sólidos / m³ de líquido en la suspensión.

X_t..... masa de sólidos / m³ de líquido en la torta.

P-----densidad del líquido puro.

ρ_s.....densidad de la suspensión.

ρ_p-----densidad de la partícula.

$$C'_t = x_t * \rho_t$$

$$C'_t = 165.05 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\rho_t = 1 / ((x_t / \rho_p) / ((1 - x_t) / P))$$

$$\rho_t = 194.17 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Donde:

ρ_t -----densidad de la torta

Análisis económico:

$$4\text{m}^3 \text{ de agua} * 0.167\$ = 0.668\$$$

$$60 \text{ kg de cal} * 0.149446\$ = 8.96\$$$

$$36 \text{ kg Na}_2\text{S} * 0.8836 \$ = 31.8096\$$$

Ahorro de 41.44\$/ bombo en condiciones de licor de pelambre reusado para 10reusos =414.45\$

Costo de materiales necesarios para poner en práctica esta opción:

- Si se estima el valor del filtro en 10000\$
- 2 válvulas antirretorno de 50mm con un valor de 66.50 \$ / u
Costo de las válvulas = 2* 66.50 \$ / u = 133.00\$
- 1 tanque con un valor de 1100 \$

Inversión total = 10000\$+ 66.50\$+133.100\$+1100\$ = 11299.5\$

Tabla 3.4 Resumen opción 5

Ahorro agua	4 m ³
Ahorro de cal	60 kg
Ahorro de sulfuro	36kg
Inversión	11299.5\$

Elaboración propia.

6. Lavado de pelambre con agua de reuso.

Situación actual:

En la tenería en el proceso tecnológico actual el lavado de pelambre se realiza durante tres horas y media con entrada y salida de agua lo que constituye la operación que más agua potable consume.

Recomendaciones:

Para el desarrollo de esta alternativa la autora propone acumular el agua proveniente de la ultima hora y media de lavado equivalente a 43.96 m³.de agua / bombo y utilizarla en la primera hora y media del bombo siguiente.

Esta opción produce un ahorro de agua potable equivalente a 43.96 m³.de agua / bombo.

Análisis económico:

Costo de materiales necesarios para poner en práctica esta opción:

- 2 válvulas antirretorno de 50mm con un valor de 66.50 \$ / u
Costo de las válvulas = 2* 66.50 \$ / u = 133.00\$
- 1 tanque con un valor de 1100 \$

Inversión total = 1100\$+ 133.100\$+ = 1233\$

Valoración técnica-económica de las opciones propuestas.

Para desarrollar la evaluación de la propuesta de inversión se realizó el análisis de la factibilidad económica de la misma, por medio de la determinación del movimiento de fondos según se explica en el capítulo 2.

Se determinó la inversión total por la ecuación 2.9

$$I_{\text{total}} = C_{\text{adq total}}$$

$$I_{\text{total}} = 117693.628\$$$

El costo de producción por la ecuación 2.10

$$CP = CF + CV$$

$$CP = 764003\$$$

El valor de la producción por la ecuación 2.11

$$VP = \text{pup} * N$$

$$VP = 817076.09\$$$

El movimiento de fondos por la ecuación 2.12

$$S = \text{cobros} - \text{pagos}$$

$$S = 53073.09\$$$

El VAN por la ecuación 2.13

$$VAN = \sum St / (1+i)^t$$

$$VAN = 212580.2\$$$

El valor del VAN dio positivo mayor que cero lo que indica que se acepta la inversión.

El TRI dio 54% para un interés de 60% por lo que es válido.

El PRI dio una recuperación de la inversión en aproximadamente 3 años.

Tabla 3.5 resumen de los indicadores económicos.

Indicador	Valor
Inversión	117693.628\$.
VAN	212580.2\$
TRI	54%
PRI	3 años.

Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se aplicó la metodología de P+L de tres fases, la cual permitió la generación de seis opciones de P+L, la puesta en práctica de estas opciones permitiría la disminución de la carga orgánica que es vertida a la bahía por la tenería y con esto se solucionaría el problema y se validaría de esa forma la hipótesis propuesta.
- La reutilización del agua residual de los procesos de remojo- pelambre como una opción de P+L permite un ahorro de agua potable de un 20-40% del consumo actual.
- El uso del *Humectol Rapid* en el remojo principal produce un aflojamiento del pelo que permite un ahorro del sulfuro de sodio empleado en el pelambre.
- Se diseñó un filtro prensa para la recuperación del pelo de los residuales de pelambre.
- Se justificó económicamente el costo de implementación de cada una de las opciones propuestas. La propuesta de inversión total es de 117693.628\$.
- El valor actual neto dio mayor que cero se acepta la inversión.

RECOMENDACIONES

- Informar los resultados de esta investigación a la dirección de la empresa
- Que se continúe el estudio para implementar prácticas de P+L en otras etapas del proceso que se consideran contaminantes.
- Que se trabaje en función de crear una conciencia ambientalista en los operarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E. 2004. Aplicación de la metodología de Producción Más Limpia en el Hotel Beaches Varadero.
- Bosnic, M; Buljan, J y Daniels, R. P. 2000. Pollutants in tannery effluents bodies and sewers. United Nations Industrial Development Organization.
- Cabera, J.A. (2002). El ABC del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible. Apuntes para el curso de Evaluación Ambiental integrada a Indicadores de sostenibilidad. Programa de Doctorado de Gestión Ambiental y Desarrollo
- Car/PI. Oportunidades de prevención de la contaminación en el sector del curtido en la región del mediterraneo. 2000.
Disponible en: <http://www.cema-sa.org>.
- Castro De Doens, L; Reyes, E. E; De Semonoric, H. L; Young, R. N y Ramírez, A. L. 2006. Guia de prevención de la contaminación del recurso hídrico. Características y tratamiento de aguas residuales para el sector de tenerías. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).
- Centro iniciativas de P+L. 2000. DAOM: Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización. Generalitat de calalenya: Departament de Medi Ambient. Barcelona (España).
- Chavez, Planes, María. 1990. Temas de enzimología T2. Facultad de Biología. Universidad de la Habana.
- CITM (Cu). 1998. Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de P+L. Alternativas para su aprovechamiento económico de residuales.
Disponible en: <http://www.cubaindustria.cu/pl/contenido/documento/>.

- CITMA. Estrategia Ambiental Nacional. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. La Habana. 2007/2010.
- CIMAB. 2000. Informe del estudio hidroquímico de la Bahía de Matanzas.
- CIMAB. 2004. Informe del estudio hidroquímico de la Bahía de Matanzas.
- Cromogenia Unit , SA.2008.Catálogo de productos para tenerías. España.
- Decreto Ley 212. Gestión de la Zona Costera.2007.
- Estrategia Ambiental Provincial. Unidad de Medio Ambiente, Matanzas.2007/2010.
- Fiksel, Joseph. 1997. Ingeniería de diseño medioambiental. DFE.
- González, H. J. 2005. Tratamiento para aguas residuales albañales en zonas turísticas costeras. Institut de medi ambient Matanzas. Universitat de Gerona.
- Gratacos, E. 1962. Tecnología química del cuero. Barcelona.
- H. Martinez Llenas, E. Santelli. 2006. Tecnología del cuero.AAQTIC.
- Ift+ Draft. 2006. Enviromental, Health, and Safety Guidelines for tanning and leather finishing. Document, D.
- J. Vergara.2007. Tecnología del cuero. AAQTIC.
- J. Koppany. 2004. Jalca .V99. Nº 12 . P485-493.
- Lehninger, Albert L. 1988. Bioquímica. Combinado de la Habana Alfredo López del Ministerio de Cultura. Ciudad de la Habana.

- Ley 81 de Medio Ambiente. 1997. Legislacion complementaria .1997/2000.
- Lofrano, G; Belgiorno, V; Gallo, M; Raimo, A y Meric.S. 2006. Toxicity flocculation process. Global NEST Journal.
- Martínez .P.2004. Propuestas tecnológicas que permitan alcanzar P+L en el establecimiento 101 Tenerife Patricio Lumumba del municipio Caibarien. Villa Clara. Universidad Central de las Villas.
- Mercogliano, S. 2003. The tanning industry and the environment. Environmental report.
- Mettalf & Eddy .2000.Ingenieria de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 3^{era} ed. Mc Graw. Hill Interamérica de España.
- Montesinos,L. 1982. Características de los residuales generados por la tenería Mártires de Ñancahuagú. Ingeniería química de Matanzas. Universidad de Matanzas.
- Pérez P, L.2000. Biogás a partir de efluentes de la pasteurización de la pulpa de café. Centro de investigaciones en bioalimentos (CIBA). Ciego de Ávila.
- Rigola, M. 1998. P+L.1^{era}. Rubes ed.
- Rosabal, Julio. 2006. Hidrodinámica y separaciones mecánicas, tomo2. Editorial Félix Valera. La Habana. Cuba.
- Silvent, Rogelio.2007. Informe diseño de técnicas de P+L y sistema de tratamiento de residuales líquidos para la mitigación de impacto ambiental de la tenería Mártires de Ñancahuagú. CIDEDEC. La Habana. Cuba.
- Turton, R.1998.Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes.

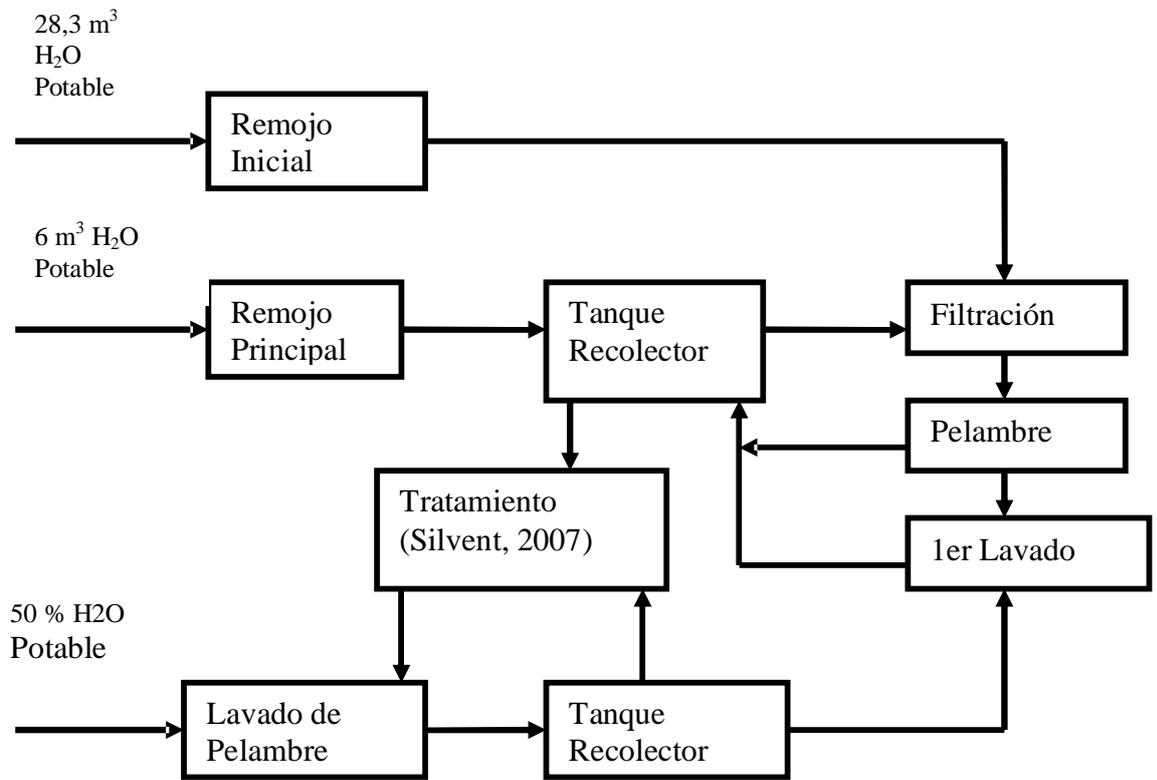
Prentice. Hall PRT.

• Universidad para todos. 2006. Producción Más Limpia y desarrollo sostenible.

• Zamora, L.2000. Consideraciones sobre la utilización de biogás. Metodología para la construcción de una pequeña planta de biogás. Departamento de mecanización. Universidad de Granma.

ANEXOS

Anexo1: Planta propuesta



Anexo 2: Tabla de indicadores económicos

Indicadores	Valor \$		
Materia prima	242000.6		
Insumos principales	9000.6		
Materiales auxiliares	280000	VP	817076.09
Combustibles y energía	63000.5	Inversión	117693.628\$.
Transportación	32000.4	CP	764003
Salario	280000	VAN	212580.2
Seguridad social	39000	TIR	54%
Total CV	6930001.5		
Mantenimiento	30000	PRI	3años
Amortización	6000.2		
Gastos de servicio	41000.9		
Total CF	71000.9		
Productos	N	pup	VP
Cuero <i>wet-blue</i>	14000.1	5.05	70700.5
Cuero piquelado	20000.01	5.38	107600.05
Cuero terminado	12000.54	21.03	252371.36
Rebajo hidrofugado	15000.06	6.56	98400.39
Cola animal	60000.79	4.80	288003.79

Elaboración propia