



FREPLATA

Reducción y prevención de la contaminación
de origen terrestre en el Río de la Plata y su
Frente Marítimo mediante la implementación
del Programa de Acción Estratégico de FREPLATA

Guía de Producción Más Limpia en el Sector Curtiembres

Víctor Emmer
María José del Campo





Guía de Producción Más Limpia en el Sector Curtiembres

Coordinación General

Victor Emmer y María José del Campo

Montevideo, Uruguay

2014



LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY



CAMARA DE INDUSTRIAS
DEL URUGUAY



Al servicio
de las personas
y las naciones

Autores

Víctor Emmer
María José del Campo
Ricardo Tournier
Lino Héctor Gallo
Miguel Horta
Ricardo Mancini
Germán Azzato
Guillermo Chamyan
Paola Pelusso
Patricia Troupkos
Juan Acuña

Silvana Berton
Juan Pedro Paz
Hugo Hirigoyen
Constantino Troupkos
Hernán Méndez
Antuanet Calero
Susana González
Rafael Alberti
Carlos Saizar
Marcela Ronchi

Coordinación general

Víctor Emmer
María José del Campo

Edición

Mónica Guchin

Diseño

Leonardo Colistro

Fotos

DINAMA/MVOTMA
Proyecto FREPLATA
AUQTIC
Empresas

Impresión

Imprimex S.A.
D.L.: 365611

ISBN: 978-9974-658-15-8



© Copyright Proyecto PNUD URU/09/G31 "Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la implementación del Programa de Acción Estratégico de FREPLATA", 2014.

El proyecto FREPLATA II es una iniciativa de los Gobiernos de Argentina y Uruguay con aportes de ambos países y del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (*Global Environment Facility* – GEF), ejecutado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para avanzar hacia la sustentabilidad de los usos y recursos del Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la ejecución de acciones tendientes a la reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre.

Galicia 1154 apto. 1301, CP 11100
Montevideo, Uruguay
Tel.: (+ 598) 2908 7253
freplata@gmail.com
www.freplata.org

Advertencia: El uso del lenguaje que no discrimine entre hombres y mujeres es una de las preocupaciones de nuestro equipo. Sin embargo, no hay acuerdo entre los lingüistas sobre la manera de como hacerlo en nuestro idioma. En tal sentido, y con el fin de evitar la sobre carga que supondría utilizar en español o/a para marcar la existencia de ambos sexos, hemos optado por emplear el masculino genérico clásico.

El presente documento se realizó en el marco del Proyecto FREPLATA. Sus contenidos no reflejan necesariamente la opinión de las instituciones que apoyaron o en cuyo marco se inscribe el mismo.

La referencia a este documento es:
Emmer, Víctor; del Campo, María José, et.al. (2014).
Guía de Producción Más Limpia en el Sector Curiembres.
Montevideo: FREPLATA.





Autoridades nacionales

Proyecto PNUD URU/09/G31

“Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la implementación del Programa de Acción Estratégico de FREPLATA”

Comité de Dirección Nacional del Proyecto

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

Dirección Nacional de Medio Ambiente (Punto Focal)

Jorge Rucks

Ministerio de Relaciones Exteriores

Delegación uruguaya ante Comisión
Administradora del Río de la Plata

Daniel Montiel
Pablo De Marco

Delegación uruguaya ante Comisión
Técnica Mixta del Frente Marítimo

Julio Suárez

Agencia ejecutora

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Analista de Programa

Flavio Scasso

Referentes técnicos

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

Dirección Nacional de Medio Ambiente

Área Control y Desempeño Ambiental

Silvia Aguinaga

División Control Ambiental

Juan Pablo Peregalli
María José del Campo
Beatriz Olivet (2013)

Equipo de trabajo nacional

Coordinación Nacional

Mónica Guchin

Programa de monitoreo costero marino

Programa de monitoreo RPFM

Mónica Gómez

SOHMA Manejo de información oceanográfica

Marcel Rodríguez

DINARA Manejo de información oceanográfica

Luis Rubio

Consolidación de la red de monitoreo costero

Malvina Masdeu

Programa reducción de la contaminación terrestre

Proyecto Piloto prevención y reducción
de la contaminación terrestre Humedal Santa Lucía

Carolina Miranda

Sistema de tratamiento de efluentes de tambos

Carlos Correa

Proyecto Piloto Producción Más Limpia en el sector curtiembre

Víctor Emmer

Programa desarrollo de capacidades para una gestión integrada de la zona costera marina

Comunicación y educación ambiental

Cristina Quintas
Leonardo Colistro

Capacitación

Florencia Bornes

Sistema de Información Ambiental Costero Marino

Bruno Guigou

Articulación y fortalecimiento institucional

Victoria Laporte

Administración

Carina Criado

Secretaría

Mariana Femenías

Instituciones participantes

Uruguay

Grupo de Trabajo Producción más Limpia

Intendencia de Montevideo

Depto. de Desarrollo Ambiental

Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Unidad de Efluentes Industriales

Unidad Residuos Sólidos Industriales y Suelos

Unidad Calidad de Aire

Gabriela Feola

Hernán Méndez

Antuanet Calero

María Susana González

Pablo Franco

Laboratorio Tecnológico del Uruguay

Gerencia de I+D+I

Carlos Saizar

Cámara de Industrias del Uruguay

Departamento de Gestión Ambiental

Julio Sosa

Cámara de Industrias Curtidoras de Uruguay

Presidencia

Secretaría

Álvaro Silberstein

Diego Stein

Armen Chamyan

Grupo de Trabajo para la elaboración de la Guía de PML en el sector curtiembres

Asociación Uruguaya de Químicos y Técnicos
de la Industria del Cuero

Ricardo Tournier

Empresas

Bader Int. Suc. Uruguay

Silvana Berton

Cooperativa El Águila

Paola Pelusso

Curtifrance S.A.

Guillermo Chamyan
Hugo Irigoyen

Dofin S.A.

Juan Acuña
Marcela Ronchi

Naussa S.R.L

Constantino Troupkos
Patricia Troupkos

Paycueros S.A.

Germán Azzato

Sistemcuer S.R.L.

Juan Pedro Paz

Técnicos expertos en curtiembres

Lino Héctor Gallo
Miguel Horta
Ricardo Mancini

Intendencia de Montevideo

Depto. de Desarrollo Ambiental

Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental

Unidad de Efluentes Industriales

Unidad Residuos Sólidos Industriales y Suelos

Hernán Méndez

Antuanet Calero

María Susana González

Laboratorio Tecnológico del Uruguay

Gerencia de I+D+I

Carlos Saizar

Otros participantes en el desarrollo del Piloto

Ministerio de Industria, Energía y Minería

Unidad Ambiental

Raquel Piaggio

Alicia Torres

Martín Méndez

Dirección Nacional de Industrias

Dirección Nacional de Energía

Unidad de Energías Renovables

Vanessa Labadie

Ministerio de Economía y Finanzas

Comisión de Aplicación de la Ley de Promoción de Inversiones

Emilio Corbo

María Laura Arismendi

Universidad de la República

Facultad de Ingeniería

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental

Instituto de Ingeniería Química

Nicolás Rezzano

Daniel Ghislieri

Universidad de Montevideo

Rectoría

Facultad de Ingeniería

Centro de Producción Más Limpia

Santiago Pérez del Castillo

Claudio Ruibal

Silvia Lamela

Asociación Uruguaya de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero

Presidencia

Willie Tucci

Ricardo Tournier

Empresas

Bader Int. Suc. Uruguay

Cooperativa El Águila

Curtiembre Paris S.A.

Curtifrance S.A.

Cible S.A.

Dofin S.A.

Icasil S.A.

Moncuer Ltda.

Naussa S.R.L

Paycueros S.A.

Sistemcuer S.R.L.

Toryal S.A.

Zenda Leather S.A.

Argentina

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

Subsecretaría de Promoción del Desarrollo Sustentable

Dirección de Producción Limpia y Consumo Sustentable

Programa Federal de Producción Limpia y

Consumo Sustentable

Teresita González

Roberto Escobar

Alfredo Galliano

Ministerio de Industria de la Nación

Unidad de Medio Ambiente

Florencia Walger

Curtiembres

INTI Cueros

Alejandro Markan

Proyecto FREPLATA II PNUD ARG09/G46 GEF 3519

Capacitaciones en municipios

Ludmila Sagastume

Equipo de trabajo nacional

Coordinación Nacional

Mónica Guchin

Programa de monitoreo costero marino

Programa de monitoreo RPFM

Mónica Gómez

SOHMA Manejo de información oceanográfica

Marcel Rodríguez

DINARA Manejo de información oceanográfica

Luis Rubio

Consolidación de la red de monitoreo costero

Malvina Masdeu

Programa reducción de la contaminación terrestre

Proyecto Piloto prevención y reducción de la contaminación terrestre Humedal Santa Lucía

Carolina Miranda

Sistema de tratamiento de efluentes de tambos

Carlos Correa

Proyecto Piloto Producción Más Limpia en el sector curtiembre

Víctor Emmer

Programa gestión de la erosión y sedimentación dunar

Carolina Segura

Programa de gestión ambiental de las actividades en tierra de la pesca artesanal en la zona costera

Héctor Villaverde

Programa desarrollo de capacidades para una gestión integrada de la zona costera marina

Comunicación y educación ambiental

Cristina Quintas
Leonardo Colistro

Capacitación

Florencia Bornes

Sistema de Información Ambiental Costero Marino

Bruno Guigou

Articulación y fortalecimiento institucional

Victoria Laporte

Administración

Carina Criado

Secretaría

Mariana Femenías

Índice

Introducción	16
Objetivos y alcance	21
Proceso de elaboración	23
Descripción de los procesos en curtiembres	25
Procesos de ribera	28
Proceso de curtido	32
Operaciones post-curtido y terminación	34
Medidas de Producción Más Limpia	39
Metodología de PML	40
Indicadores de desempeño de las medidas de PML	41
Medidas generales de PML	43
Buenas prácticas operativas	43
Uso eficiente de agua	44
Uso eficiente de la energía	45
Uso de productos químicos	45
Medidas específicas de PML en curtiembres	46
Recepción de pieles, lavado y pretrinchado	46
Reducción en el consumo y recuperación de sal previo a la etapa de remojo	47
Remojo	49
Reutilización de los baños de remojo	49
Pelambre	50
Control óptimo de las variables del pelambre	50
Reciclado de baños de pelambre	52
Reciclado de los lavados posteriores al pelambre	57
Pelambre sin destrucción de pelo	59
Desencalado	63
Desencalado con dióxido de carbono	63
Ejemplo	65
Desencalado con ácidos orgánicos y otros desencalantes alternativos	67
Desencalado en etapas	68
Piquelado y curtido	69
Reutilización de los baños de piquelado	69
Piquelado con ácidos orgánicos débiles	70
Optimización de los parámetros del curtido al cromo	71
Curtido de alto agotamiento	72
Reutilización de los baños residuales del curtido al cromo	73
Recuperación de cromo a través de su precipitación y redisolución	75
Reciclado de los baños de curtido vegetal con taninos	78
Post-curtido	79

Efluentes Líquidos	81
Tratamiento de los efluentes	84
Producción Más Limpia y gestión de los efluentes líquidos	87
Residuos Sólidos	89
Producción Más Limpia y gestión de residuos sólidos	91
Residuos sólidos en curtiembres	93
Sal sucia	94
Recortes de pieles frescas	95
Grasa de trinchado	96
Grasa de trinchado con sulfuros	98
Pelo	99
Recortes y virutas de cuero curtido al cromo	101
Recortes y virutas de cuero curtido con taninos	103
Tortas de cromo	104
Grasa con percloroetileno	105
Lodos de la planta de tratamiento de efluentes	107
Bibliografía	110

Tablas

Tabla 1. Equivalentes en peso de las pieles según se exprese el tipo de materia prima	42
Tabla 2. Consumos y costos operativos para sistemas planteados (USD)	57
Tabla 3. Consumos y costos operativos para sistemas planteados de pieles integrales	66
Tabla 4. Consumos y costos operativos para sistemas planteados de pieles divididas	66
Tabla 5. Requerimientos y costos asociados al tratamiento terciario de los efluentes para la remoción del nitrógeno	66
Tabla 6. Composición típica de los efluentes de pelambre	82
Tabla 7. Composición típica de los efluentes de curtido	82
Tabla 8. Composición típica de los efluentes generales homogeneizados	83
Tabla 9. Residuos. Características para identificación y categorización	93



Prólogo



Jorge Rucks
Director Nacional de Medio Ambiente
MVOTMA

Vivimos en un lugar privilegiado, un país que mira al mar. Los 252.000 km² de Río de la Plata y su Frente Marítimo (RPFM) son el umbral con el océano Atlántico. Vemos con orgullo como nuestro territorio marino es considerado, por el Fondo Mundial para la Naturaleza, como una de las Eco-regiones Globales prioritarias para la conservación, por su alta diversidad biológica.

El río nos conecta y nos sostiene, brindando importantes servicios y bienes estratégicos a nuestra población. El acelerado proceso de consolidación de actividades económicas de nuestro país, se asienta en gran parte sobre el espacio costero y marino. Turismo, transporte marítimo, actividad portuaria, industrial, agropecuaria, pesquera, así como la extracción de hidrocarburos, son actividades productivas que representan un gran desafío para la sostenibilidad y exigen una acción transversal entre diversos sectores del gobierno y la sociedad.

Uno de los principales desafíos que asumimos desde el MVOTMA, durante esta administración, fue lograr que la institucionalidad ambiental acompañara esta variedad de temas ambientales que conlleva el crecimiento económico y social que ha experimentado nuestro país en los últimos años, así como los desafíos ambientales emergentes.

Es en este sentido que, en la reestructura implementada en 2014, creamos el Departamento costero marino, que cuenta en la actualidad con dos herramientas de apoyo a la gestión: el Programa EcoPlata y el Proyecto FREPLATA. En este último se trabaja en la consolidación de un monitoreo costero marino y el apoyo a las acciones nacionales para la reducción de la contaminación terrestre que impacta sobre el Río de la Plata y el océano Atlántico.

El Proyecto es parte de los compromisos políticos e institucionales de Argentina y Uruguay, asumidos con la protección ambiental del RPFM desde hace más de 30 años. Así, FREPLATA contribuye a los esfuerzos nacionales y binacionales para avanzar hacia la sustentabilidad de los usos y recursos del RPFM, siendo una herramienta clave para posicionar los temas marinos nacionales y transfronterizos en las agendas de ambos países.

1

Introducción

El objetivo general del piloto es la adecuación y mejora del desempeño ambiental del sector curtiembres, impulsando una visión integral que promueva la adopción de tecnologías, procesos y productos de forma armónica con la política ambiental.

El Río de la Plata y su Frente Marítimo (RPFM) constituyen uno de los principales sistemas fluvio-marinos del mundo cuyos recursos son compartidos entre la República Argentina y la República Oriental del Uruguay. Estos enfrentan amenazas considerables debido a las actividades económicas, tanto agrícolas, industriales, turísticas, como del transporte acuático y el desarrollo poblacional.

Los aspectos ambientales asociados al sector industrial en general, y el sector curtiembres en particular, fueron identificados como unos de los principales problemas de contaminación de origen terrestre en ambos márgenes del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Por esta razón, surgió la necesidad de generar experiencias prácticas para mitigar y prevenir dicha contaminación y establecer su replicabilidad a otros sectores industriales.

En este sentido, el Proyecto Piloto “Producción Más Limpia en el sector Curtiembre”, se enmarcó dentro de los Planes de Mejora del Desempeño Ambiental llevados adelante por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) a través del Área de Control y Desempeño Ambiental (ACDA), los cuales representan instrumentos de gestión que se aplican a diferentes sectores de producción y servicios, así como a sustancias químicas peligrosas, productos y residuos, con el objetivo de mejorar el control de los aspectos ambientales derivados de estas actividades. Se tiene en cuenta las características de las actividades y los aspectos ambientales derivados de ellas, los Planes de Mejora del Desempeño se formulan en base a criterios que surgen del diagnóstico de la situación, el inventario de los aspectos prioritarios, la necesidad de nuevas normativas, y el intercambio con los actores involucrados. Esto contribuye en el desarrollo de proyectos específicos y la elaboración de guías técnicas que reflejen los planes propuestos.

En esa línea, el objetivo general del Piloto es la adecuación y mejora del desempeño ambiental del sector curtiembres, impulsando una visión integral que promueva la adopción de tecnologías, procesos y productos de forma armónica con la política ambiental. Para ello fue priorizada la implementación de planes de Producción Más Limpia (PML) en la gestión ambiental de las empresas, en lugar de los sistemas de tratamiento de final de tubería.

Es de destacar, que en Uruguay el sector curtiembres se compone actualmente de un total de 21 empresas activas, y se caracteriza por una gran variedad de procesos y productos elaborados, así como por una importante diferencia en las escalas de producción de los distintos establecimientos industriales.

En cuanto a la situación del sector, en los últimos años se ha registrado una importante disminución de los volúmenes de producción, pérdidas de puestos de trabajo y otros problemas, que representan una amenaza a la sostenibilidad económica de las curtiembres.

A pesar de la diversidad de empresas que componen el mismo, este posee sus propias particularidades en lo que se refiere al desempeño ambiental, siendo posible la identificación de algunos aspectos característicos, que representan la principal preocupación de la población en general y las autoridades reguladoras. Por esta razón, además de las tareas de seguimiento y control que son realizadas, se considera necesario llevar a cabo planes de mejora del desempeño con el fin de reducir desde su origen los impactos producidos.

Entre los aspectos ambientales de carácter prioritario hacia los cuales se requiere enfocar los esfuerzos para lograr una mejora ambiental, se destacan los siguientes:

- Vertido de efluentes líquidos de alta carga contaminante (en especial materia orgánica, cromo y sulfuro).
- Generación de residuos de lodos de cromo, residuos de pelambre, recortes y virutas con cromo.
- Generación de residuos de grasa con percloroetileno.
- Generación de olores molestos.

Para lograr una mejora del desempeño ambiental del sector y alcanzar su adecuación a las políticas ambientales, se impulsa la aplicación de la metodología de Producción Más Limpia (PML), la cual permite identificar las oportunidades de mejora en los procesos productivos que redundarían en un beneficio ambiental, así como un aprovechamiento y uso óptimo de los recursos. Si bien algunas de las curtiembres de nuestro país ya cuentan con experiencia en este sentido, las oportunidades de mejora son muy variadas y existen numerosas alternativas que pueden incorporarse a los procesos de producción.

En general, las medidas con mayor interés en su aplicación, de acuerdo a los aspectos prioritarios, deben estar dirigidas al control de los procesos productivos para la optimización del uso de materiales, y en la recuperación y reutilización de los distintos baños de las etapas húmedas de ribera y curtido.

El Proyecto Piloto constituyó una experiencia relevante de trabajo conjunto entre el sector privado y las autoridades públicas, con el apoyo de distintos organismos asociados, hacia la definición de una estrategia de mejora del desempeño ambiental.

En la primera etapa fue elaborada una línea de base, que contribuyó a la caracterización ambiental del sector curtiembre a nivel nacional. En la misma se identificaron y cuantificaron los aspectos ambientales asociados al sector y se determinaron aquellos de carácter prioritario hacia los cuales se requiere enfocar los esfuerzos para impulsar su mejora ambiental.

Cabe mencionar, que desde el inicio, se conformó un Grupo de Trabajo Producción Más Limpia, liderado por la DINAMA, con el apoyo del Proyecto FREPLATA. El mismo coordinó y articuló las actividades del Piloto, además de diseñar e implementar el Programa de Producción Más Limpia aplicado a las empresas del sector. Es de destacar que contó con la integración de la Intendencia de Montevideo (IM), el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), la Cámara de Industria del Uruguay (CIU), la Cámara de Industrias Curtidoras del Uruguay (CICU).

El Programa de Producción Más Limpia, contribuyó a la identificación de los problemas de cada empresa y la determinación de las soluciones a medida. Fue llevado a cabo por el Centro de Producción Más Limpia (CPML-UM) de la Universidad de Montevideo, los Institutos de Ingeniería Química (IIQ) y de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), y la Asociación Uruguaya de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero (AUQTIC). Incluyó instancias de capacitación teórica y prácticas de campo en cada una de las empresas, donde tutorías de especialistas en PML y procesos de curtiembre. A la finalización del Programa, cada una de las empresas participantes contó con determinada cantidad de medidas de mejora implementadas y al menos un proyecto de producción más limpia formulado para ser implementado en próximas etapas.

La empresa Sistemcuer S.R.L ajustó y reformuló los proyectos de PML presentados en el marco del Programa de tutorías, para lo cual contó con el apoyo técnico del Proyecto FREPLATA. Los dos proyectos de esta empresa consisten en la instalación de un filtro de pelo y recuperación de los baños de pelambre. El primero mejora la eficiencia de tratamiento y se disminuye el uso de productos químicos tanto en la planta de tratamiento como en el propio proceso de pelambre. Se estima que es posible una reducción del 60 % de la DQO vertida en los efluentes y del 40 % en el consumo de sales de sulfuro en el proceso de pelambre. El segundo proyecto tiene como principal beneficio ambiental la reducción del consumo de agua en el proceso de pelambre y sus lavados, el cual pasa de 32.5 m³ cada 50 cueros procesados en la situación actual a 19.5 m³ en la situación proyectada, representando una disminución del 40 % del agua consumida en dicha etapa. A su vez, se reducen en una misma proporción los efluentes generados, disminuyendo también el uso de productos químicos en la planta de tratamiento.

La última etapa del Piloto fue la elaboración de la Guía de PML para el Sector Curtiembres, que aquí se presenta. La misma contiene una serie de medidas potencialmente aplicables en esta industria y alineadas con los principales aspectos ambientales que fueron identificados como prioritarios para las autoridades reguladoras. A su vez compila la experiencia recabada durante el desarrollo de esta guía, sistematiza la metodología de trabajo generada en la elaboración de la misma, el desarrollo de la iniciativa Piloto, así como las barreras encontradas y lecciones aprendidas.

Además de servir como referencia técnica para el control de los aspectos ambientales, se buscó generar una herramienta útil en la adecuación ambiental y reconversión tecnológica de las empresas, y contar con una metodología de evaluación de proyectos de PML a través de una serie de indicadores específicos para cada proceso productivo. A su vez, que contribuya como base para la replicación a otros sectores industriales prioritarios a nivel nacional.

Por último, cabe destacar que este proceso fue posible debido al compromiso asumido, la amplia participación de instituciones y actores del sector, y la calidad técnica de los aportes generados, que contribuyeron en el diseño de acciones adecuadas a las necesidades y realidades del sector y difusión de las actividades realizadas.

Objetivos y alcance

2

La Guía de PML en el Sector Curtiembre tiene como principal objetivo actuar como un instrumento de apoyo y orientación para la reconversión tecnológica de las empresas del sector, impulsando la adopción de la PML como metodología para la adecuación ambiental. De esta manera, se ofrece como una referencia técnica para el control de los aspectos ambientales asociados al sector y la selección de las mejores técnicas disponibles para el sector.

Además, dado que la PML implica el uso eficiente de los recursos y la mejora de la productividad, se considera que las medidas planteadas contribuyen al desarrollo de la industria, la modernización tecnológica, la obtención de beneficios económicos y la mejora en la calidad de trabajo de los operadores y de la población en general.

A su vez, propone una metodología de evaluación de proyectos de PML a través de una serie de indicadores específicos y su rango típico de aplicación, ya sea para la etapa de diseño y análisis de la factibilidad de las medidas a implementar, como en el seguimiento del desempeño de los proyectos una vez implementados.

En cuanto al alcance de la Guía, esta se encuentra dirigida principalmente a los técnicos y empresarios del sector, orientada a enfocar los esfuerzos a la hora de seleccionar posibles acciones a llevar a cabo para el control de los aspectos ambientales.

Así mismo, está destinada a las autoridades dedicadas al control de las actividades productivas, con la finalidad de apoyar la institucionalización de las medidas planteadas y establecer los criterios para la definición de las estrategias hacia el sector.

De la experiencia obtenida en el desarrollo de la Guía, se definirá un plan sectorial que establezca las políticas ambientales necesarias para promover la adopción de tecnologías y procesos que reduzcan los impactos ambientales asociados a esta industria. Para ello se establecerán objetivos comunes y prioridades alineadas que den solución a los problemas de todo el sector. A su vez, los mecanismos de acción desarrollados facilitarán la replicación del modelo a otros ramos industriales.

Cabe aclarar que la Guía no pretende ser un manual de diseño de las medidas de PML propuestas, en el cual se especifiquen todos los detalles necesarios para su implementación, sino una orientación respecto a las posibles medidas aplicables para lograr la mejora del desempeño de un sistema.

Dadas la diversidad de factores que afectan el procesamiento de cueros y las particularidades del proceso productivo, se considera necesario que cada una de las alternativas planteadas sea analizada y ajustada de acuerdo a las características de cada instalación. De esta manera, la Guía busca presentar el estado del arte en esta materia respecto a las diferentes alternativas de PML.



Proceso de elaboración

3

Como ya fue mencionado, la Guía de PML en el Sector Curtiembre pretende ofrecer apoyo y orientación en la adecuación ambiental de las empresas del sector mediante la incorporación de una serie de medidas de PML. De esta manera, se busca actuar sobre los procesos productivos impulsando la implementación de las mejores técnicas disponibles con el fin de reducir la generación y liberación de contaminantes desde su origen.

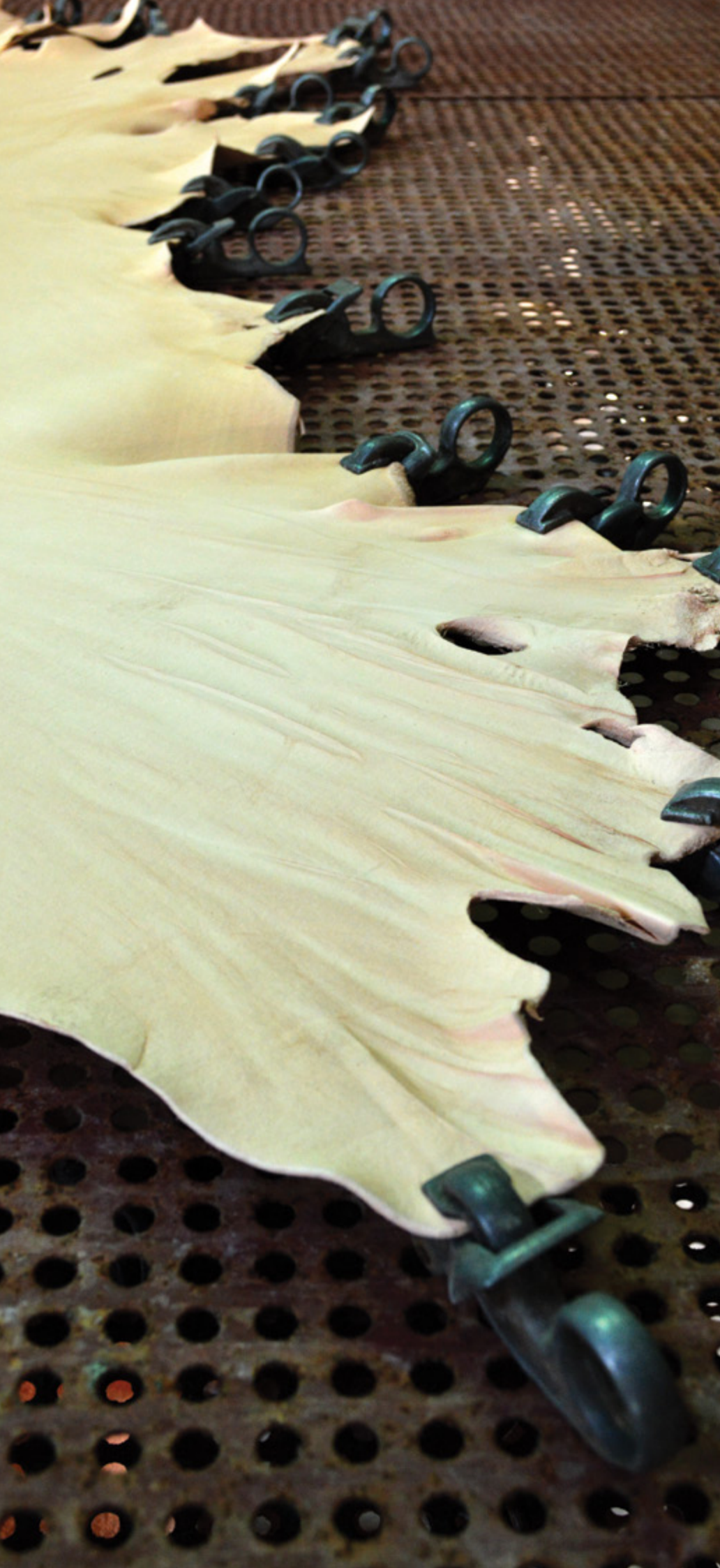
Para ello es necesario adaptar y validar las medidas de PML propuestas en el contexto nacional, contemplando la realidad actual del sector desde el punto de vista ambiental, tecnológico y económico-financiero del sector.

Para alcanzar estos objetivos se llevó adelante una metodología de trabajo que consistió en la conformación de un Grupo de Trabajo para la elaboración de la Guía de PML. El mismo contó con la participación activa de todos los actores involucrados, incluyendo técnicos de las empresas curtidoras, expertos asociados al sector, autoridades ambientales y otras instituciones vinculadas. A través del Grupo de Trabajo se mantuvieron una serie de reuniones en las cuales se discutieron e intercambiaron experiencias acerca de los aspectos técnicos, productivos y ambientales relacionados con el sector curtiembres, de forma de contemplar los intereses de todos y lograr un producto de utilidad que pueda ser empleado en el diseño de la estrategia sectorial.

Cabe destacar que el proceso llevado a cabo fue de una alta calidad técnica, ya que reunió a los actores que tienen el conocimiento y la experiencia acumulada, que permitió lograr un producto que incluya aspectos y propuestas, no sólo de forma consensuadas, sino viables al tener en cuenta las realidades y necesidades de las empresas. De esta manera se logró validar el contenido, para legitimar la implementación de las medidas planteadas.



Reuniones realizadas del Grupo de Trabajo de elaboración de la Guía de PML. Foto: Proyecto FREPLATA (2014).



Descripción de los procesos en curtiembres

4

Introducción

En esta sección se describen las principales características de los procesos de fabricación de cueros a partir de pieles bovinas. Se realizará una descripción general del proceso que facilite la comprensión de cuáles son los aspectos de mayor relevancia asociados a este sector industrial.

No se incluyen aquí los procesos de producción de cueros ovinos, ya que los volúmenes de producción en nuestro país representan una proporción muy menor en relación al procesamiento de cueros bovinos, y muchas de las operaciones son comunes a ambos procesos.

La información aquí detallada se basa en el intercambio de experiencias realizado a través del Grupo de Trabajo, así como a partir de bibliografía de referencia consultada: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) (2003), Bolivia; Centro Nacional de Producción Más Limpia (2004), Colombia; Centro Nacional de Tecnologías Limpas (CNTL/SENAI-RS) (2003), Brasil; Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (2005), Brasil; Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003), España; European Commission, IPPC Bureau (2003); Programa Federal de Producción Más Limpia (2011), Argentina; US EPA - Industrial Technology Division (1986).

Cabe señalar que las operaciones pueden presentar grandes variaciones de una curtiembre a otra, dependiendo de la materia prima procesada, así como del tipo y características de los productos finales que se elaboran. En las curtiembres de nuestro país, los requerimientos de cada proceso y la calidad que debe presentar el producto final, son muchas veces establecidos por los propios clientes, los cuales son por lo general de origen extranjero.

Por lo tanto, la descripción de la secuencia de los procesos que se realiza en el presente documento, no necesariamente abarca a la totalidad de las curtiembres, y muchas de las operaciones mencionadas pueden no ser llevadas a cabo por alguna de las empresas locales o pueden tener variaciones a como aquí se describen.

Las pieles son un subproducto de la industria ganadera y faenado de animales para el procesamiento de carnes. El proceso de las curtiembres consiste básicamente en transformar dichas pieles en cueros estabilizados no putrescibles aptos para la confección de calzados y vestimenta, tapicería de muebles y automóviles, y una diversidad de otros artículos.

Las operaciones se pueden dividir en cuatro procesos: ribera, curtido, post-curtido y terminación; siendo los dos primeros los de mayor importancia desde el punto de vista ambiental, dada la mayor carga contaminante asociada principalmente a los efluentes líquidos. En la Figura 1 y Figura 2 se muestran esquemáticamente los procesos de las curtiembres, así como los principales insumos, emisiones y productos de cada una de las operaciones.

Las curtiembres pueden ser clasificadas en función de la realización parcial o total de estas etapas del proceso, y no necesariamente todas las curtiembres utilizan como materias primas pieles frescas o saladas, sino que pueden procesar cueros semi-procesados en prácticamente cualquier estado de la cadena de producción.

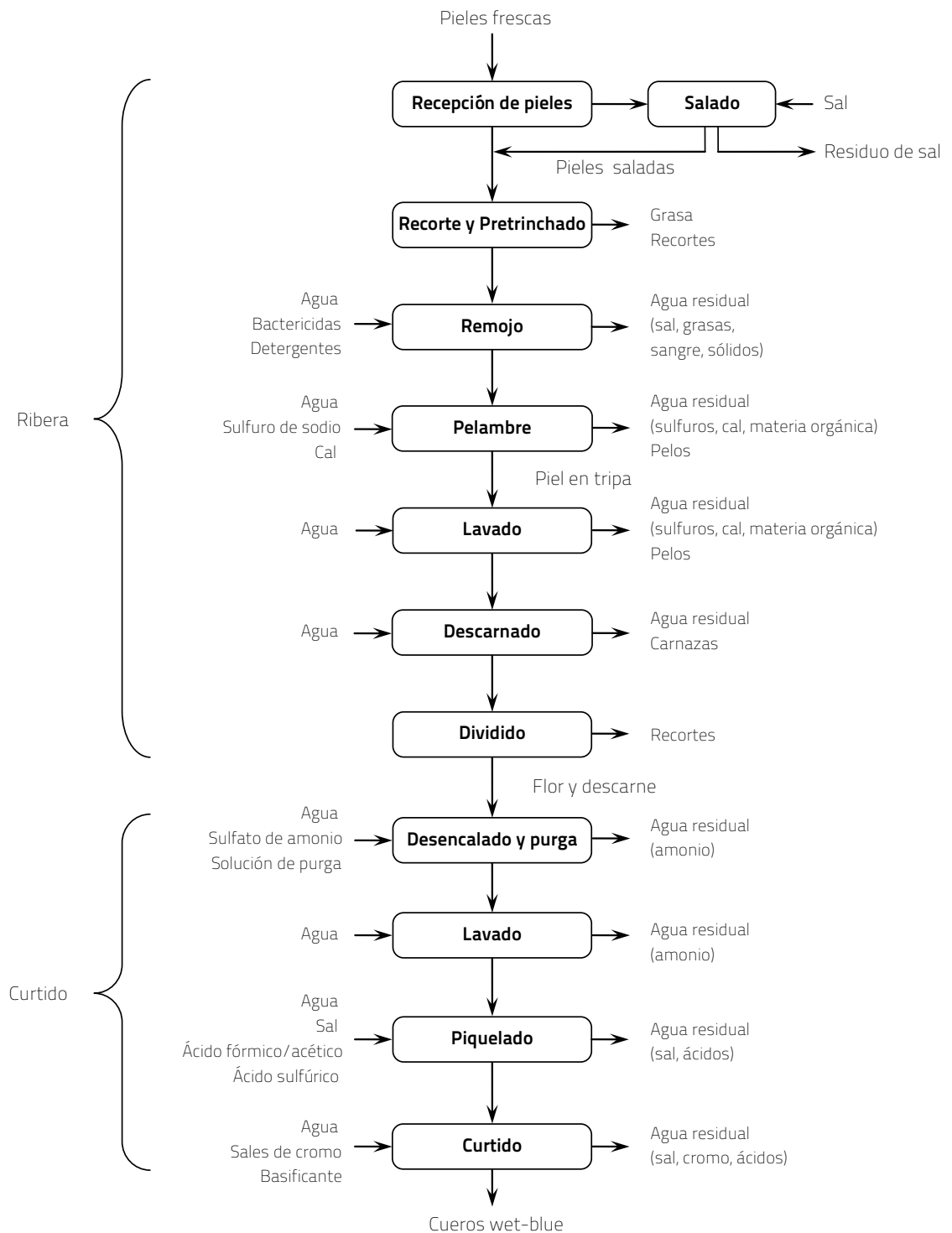


Figura 1. Diagrama de flujo típico de las operaciones de ribera y curtido en el procesamiento de cueros bovinos. Fuente: Adaptación de Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) (2003).

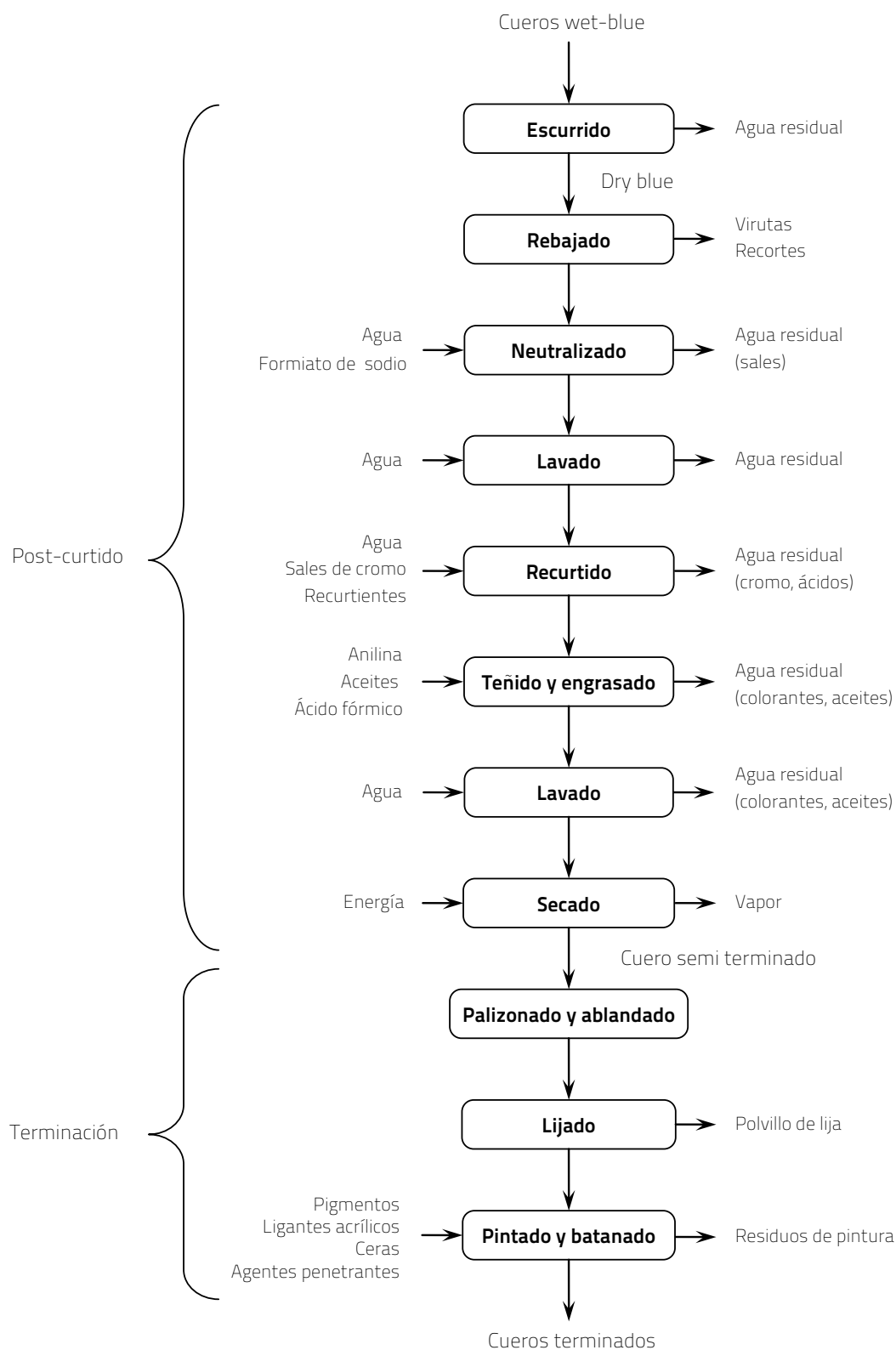


Figura 2. Diagrama de flujo típico de las operaciones de post-curtido y terminación en el procesamiento de cueros bovinos
Fuente: Adaptación de Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) (2003).

Procesos de ribera

El objetivo de los procesos de ribera consiste en limpiar y acondicionar las pieles para la etapa de curtido, asegurando un contenido de humedad adecuado para las etapas subsiguientes.

Recepción y conservación de las pieles

La primera etapa en el proceso de una curtiembre corresponde a la recepción de las pieles crudas provenientes de los establecimientos de faenado, las cuales pueden ser frescas, saladas o secas.

En general, las pieles no son lavadas previamente a su ingreso a las curtiembres, por lo que pueden contener cantidades importantes de tierra, estiércol y otros tipos de suciedad, que constituyen un aporte significativo de contaminantes durante las etapas de lavado.

Las pieles frescas son un medio ideal para el crecimiento de microorganismos que descomponen la materia orgánica, causando el deterioro de las pieles y pérdidas en la calidad del cuero final producido, por lo que resulta necesario evitar su desarrollo y proliferación durante el tiempo que requiera su almacenaje. La conservación de las pieles por largos períodos de tiempo, se realiza generalmente mediante el salado, utilizando sal común en una proporción que puede llegar al 40 % respecto al peso de las pieles (proceso denominado “salazón”). Existen otras técnicas de conservación, como la refrigeración, aunque su uso está limitado por los elevados costos operativos. Para períodos cortos de conservación, las pieles pueden ser tratadas con productos bactericidas, ya sea mediante aspersión como en fulones o piletas.

Remojo

El remojo de las pieles una vez que ingresan al proceso de producción tiene como objetivo limpiar su superficie, removiendo los contaminantes, rehidratar su estructura en el caso de los cueros secos o salados, y eliminar las proteínas no estructuradas, de forma de permitir una mejor penetración de los productos químicos utilizados en las siguientes etapas. La utilización de agua en esta etapa puede ser significativa, oscilando entre 200 y 1.000 % respecto al peso de las pieles procesadas, dependiendo principalmente del estado de las pieles (frescas, saladas o secas). El baño de remojo puede contener además diversos productos, como son bactericidas, agentes humectantes y tensoactivos, enzimas y, en algunos casos, ácido acético, ácido fórmico o carbonato de sodio.

Pelambre y sus lavados

Una vez que se alcanza la hidratación y limpieza adecuada de las pieles, se procede a la operación de pelambre, cuya función es la eliminación de pelos, raíces y epidermis. Luego de la etapa de pelambre se procede al encalado para lograr la apertura de la estructura dérmica de la piel y su preparación para las siguientes etapas que culminan con el curtido.

Los métodos convencionales para llevar a cabo el proceso de pelambre se basan en la utilización de sulfuro de sodio (Na_2S) y/o sulfhidrato de sodio (NaHS), y cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), pudiendo también agregarse pequeñas cantidades de enzimas para reducir la cantidad necesaria de sulfuros. La cantidad de productos químicos utilizados depende del tipo de piel utilizada, así como del producto final que se desee elaborar. Normalmente se utiliza respecto al peso de las pieles frescas procesadas entre 80 y 200 % de agua, entre 1,5 y 4 % de cal apagada, y sulfuro de sodio entre 1 y 2,5 % para pelambre sin destrucción de pelo o hasta un 5 % para el proceso convencional con destrucción de pelo.

En la actualidad, el método más utilizado para el pelambre consiste en realizar previamente la inmunización de la queratina del pelo con cal, de forma que frente a la acción de los agentes depilantes, se disuelva mayormente la raíz del pelo. Esto puede lograrse a través de distintas técnicas, siendo la más común mediante un primer agregado de cal, para luego incorporar las sales de sulfuro que atacan fácilmente las raíces del pelo, permitiendo que este sea extraído sin demasiado daño al pelo externo.

Una vez extraído el pelo, es conveniente separarlo del baño lo más rápido posible con el fin de evitar que continúe siendo degradado. En la sección de medidas específicas de PML en curtiembres se describen estos métodos con mayor profundidad.

Luego de finalizado el pelambre, se procede a realizar los lavados para eliminar restos de sulfuros, cal, sólidos suspendidos de la superficie de las pieles y disminuir el pH de manera que las pieles sean manipulables. En general se realizan entre 2 y 3 lavados sucesivos, en los cuales el consumo de agua puede llegar al 500 % respecto al peso de las pieles procesadas.

Descarnado y dividido

El descarnado es la operación que separa por corte mecánico los residuos de carne, grasa subcutánea y tejido conectivo de la piel. Esta operación puede ser realizada tanto antes (predescarnado) como



Fulones de pelambre. Foto: AUQTIC / Proyecto FREPLATA

después del pelambre. La realización del predescarnado posee la ventaja de que el residuo generado no contiene sulfuros, pudiendo la grasa ser recuperada en la elaboración de otros productos. No obstante, siempre es conveniente un segundo descarnado posterior al pelambre para lograr una remoción total del material graso y facilitar la penetración de los productos químicos.



Máquina de descarnar y depósito de sebo. Foto: AUQTIC

El dividido separa las pieles en flor (parte externa) y descarne (parte interna). Esta etapa puede realizarse previo al curtido (dividido en tripa) o posterior (dividido en wet-blue). Para ello se utiliza una máquina de precisión provista de una cuchilla en forma de cinta sinfín que se mueve en el plano paralelo al cuero. Cabe mencionar que no todas las pieles son divididas, ya que existen algunos productos elaborados, como por ejemplo suelas y diversos artículos de marroquinería, que requieren de un cuero de mayor espesor (cueros integrales).



Máquina de dividir en tripa y en wet-blue. Foto: AUQTIC



Máquina de dividir en tripa y en wet-blue. Foto: AUQTIC

Proceso de curtido

Desencalado y purgado

El proceso de curtido comienza con el proceso de desencalado y purga, que tienen como objetivo el acondicionamiento de las pieles previo al curtido. Las mismas pueden ser realizadas en forma sucesiva o simultánea en el mismo baño. En el desencalado convencional se utilizan generalmente sales de amonio (sulfato de amonio) en una proporción en el entorno del 5,5 % para pieles integrales y de 2 % para pieles divididas, y tiene la función de neutralizar las pieles por remoción de la cal absorbida, disminuir el hinchamiento y eliminar el sulfuro remanente.

Existen actualmente otros métodos para llevar a cabo el proceso de desencalado que utilizan productos químicos sustitutos (dióxido de carbono u ácidos débiles) con el fin de reducir el uso de sales de amonio. Estos métodos se describen en la sección medidas específicas de PML en el sector curtiembres.

Por su parte, la operación de purgado se utilizan enzimas para la eliminación de las proteínas no colagénicas, incluyendo las raíces de los pelos que aún puedan permanecer adheridas. Además, estas enzimas actúan sobre el colágeno separando las fibras, en un proceso conocido como aflojamiento de la estructura.

Piquelado

El piquelado tiene como objetivo llevar las pieles al pH necesario para realizar el curtido (pH aproximado entre 1,5 y 2,8), evitando el hinchamiento ácido de las pieles. Para esto, en el proceso tradicional se utiliza sal (NaCl) en una proporción entre 4 y 6 %, y una mezcla de ácido sulfúrico y fórmico. El consumo medio de agua se encuentra entre el 40 y 100 % respecto al peso de las pieles.

Existen otros métodos que se han desarrollado en los últimos tiempos que sustituyen el uso de ácido sulfúrico por otros ácidos orgánicos débiles, como glioxílico, pirúvico, o sus sales. Estos son detallados en la sección dedicada a las medidas específicas de PML en curtiembres.

Curtido y sus lavados

El proceso de curtido propiamente dicho, consiste en convertir las pieles en materiales no putrescibles, mediante el uso de agentes curtientes que se fijan a las fibras de colágeno logrando su estabilización. Dependiendo del tipo y la cantidad de curtientes utilizados, se producen distintos tipos de cueros. De acuerdo al mecanismo de reacción, el agente curtiente se une a las moléculas de colágeno conformando así un entrecruzamiento reticular, a través de la cual se logra la estabilización de la piel.

En la gran mayoría de las curtiembres se realiza un curtido mineral en base a sales de cromo (+3), el cual presenta una gran versatilidad en su aplicación y una oferta necesaria relativamente reducida en comparación con otros agentes curtientes, como en el caso de los curtientes vegetales y sintéticos. El curtido al cromo permite la obtención de una amplia variedad de productos, con buena estabilidad hidrotérmica y resistencia a la degradación.

La sal de cromo comúnmente utilizada es el sulfato básico de cromo (Cr(OH)SO_4), requiriendo un consumo para el proceso convencional entre 1 y 1,5 % expresado en Cr_2O_3 en relación al peso de las pieles en tripa, dependiendo del nivel de agotamiento esperado, mientras que el consumo de agua se encuentra entre el 40 y 60 %.

Para alcanzar condiciones óptimas durante el curtido al cromo, se requiere una temperatura entre 35 y 40 °C y mantener el valor de pH final entre 3,8 y 4,2, con lo cual es posible alcanzar eficiencias de fijación de hasta el 80 % respecto a la oferta inicial. Es de gran importancia prestar especial atención a la evolución del valor de pH durante el proceso para evitar la precipitación del hidróxido de cromo en el baño de curtido, que pueden provocar manchas en el cuero.



Fulones de curtido. Foto: AUQTIC

El curtido vegetal con taninos, libre de cromo, otorga al cuero características de mayor resistencia y menor flexibilidad que el curtido al cromo. La cantidad de agentes curtientes utilizados depende del producto final que se desee elaborar. En general, este tipo de cuero se utiliza para la fabricación de suelas y para marroquinería.

Es importante tener en cuenta el hecho de que mediante el curtido con taninos vegetales o sintéticos, los productos obtenidos son totalmente distintos a los cueros curtidos al cromo y poseen sus propias características.



Recortes en wet-blue. Foto: Proyecto FREPLATA

Operaciones post-curtido y terminación

Las operaciones post-curtido comienzan con el escurrido o exprimido para eliminar el exceso de agua que permanece en el cuero. Luego se realiza el proceso de recorte y rebajado, que tiene como objetivo la remoción de las imperfecciones en la periferia del cuero y la homogeneización mecánica del espesor. A partir de esta etapa, los cueros vuelven a los fulones para su neutralización, recurtido, teñido y engrase.

Los cueros curtidos al cromo poseen un elevado contenido de acidez, por lo que deben ser sometidos a un proceso de neutralización (desacidificación) para prepararlos para los procesos subsiguientes. Dependiendo del producto final deseado, esto puede lograrse mediante lavados con agua y la utilización de agentes neutralizantes, entre los que se pueden mencionar las sales de ácidos débiles (bicarbonato o carbonato de sodio, formiato de sodio, etc.), agentes complejizantes (polifosfatos, sales de ácidos dicarboxílicos, etc.) y taninos sintéticos. La elección del método de neutralizado está definido por el nivel de penetración deseado, el cual determina algunas de las propiedades del cuero. El proceso de rebajado consiste en la regulación mecánica del espesor del cuero al nivel deseado. Las máquinas utilizadas están provistas de un cilindro con cuchillas helicoidales cortantes y un cilindro metálico de apoyo mediante el cual se regula el espesor del cuero. Como residuo de esta operación, se generan virutas, que dependiendo del tipo de curtido utilizado, pueden contener cromo.



Máquina de rebajado. Foto: Curtifrance S.A.

Las operaciones de recurtido, teñido y engrase confieren las propiedades físicas y mecánicas al cuero, como son el color básico, la flexibilidad y la elasticidad, las cuales dependen del uso que tendrá el producto final. Los productos utilizados en el recurtido son sales de cromo, curtientes vegetales, recurtientes sintéticos y resinas.

A través del teñido se da el color firme y parejo al cuero, siendo las anilinas el colorante mayormente utilizado. Este proceso es muy complejo, ya que se ve afectado por la mayoría de las variables involucradas, incluso por los procesos anteriores.

El proceso de engrase tiene como objetivo conferir al cuero una mayor suavidad y blandura, mejorar las propiedades físicas, disminuir la permeabilidad al agua, y evitar que las fibras se peguen entre sí durante el secado. Existen una amplia variedad de productos engrasantes, ya sean naturales o sintéticos, los cuales proporcionan distintas características al producto final.

La siguiente operación de post-curtido corresponde al secado de los cueros, el cual es un proceso con un importante consumo de energía. Este puede ser realizado a través de cámaras o túneles de secado, secaderos a vacío, secaderos de placas con ganchos, todos con suministro de aire caliente. La forma en que se da el secado depende de la temperatura, humedad y caudal del aire utilizado, definiendo así la llamada “curva de secado” que determina la velocidad en que se desarrolla el proceso.

Luego del secado se realiza el acondicionado donde los cueros son lijados, para luego ser hidratados levemente para proceder al proceso de ablandado que puede ser por palizonado, ablandadora continua y/o batanado.



Disposición de cueros para ingresar al túnel de secado. Foto: Sistemcuer S.R.L



Máquina de ablandar. Foto: AUQTIC



Máquina de lijado. Foto: Curtifrance S.A.

Por último, las operaciones de acabado le imparten al cuero las características superficiales solicitadas por el cliente: brillo, color, resistencia a la luz, a la abrasión, etc., mediante la utilización de aditivos, como son pigmentos, ligantes, ceras, agentes penetrantes y otros. Estos productos se aplican por pintado, que se puede realizar por aspersores, rodillos o máquinas tipo cortina. Finalmente se puede realizar el grabado y planchado que alisa el cuero y uniformiza su superficie.



Clasificación. Foto: Curtifrance S.A.



Máquina de pintado tipo cortina y rodillos. Foto: Proyecto FREPLATA

Medidas de Producción Más Limpia

5

Introducción

La Agenda 21⁽¹⁾ en su Capítulo 30 establece la necesidad del mejoramiento de los sistemas de producción mediante tecnologías y procesos más eficientes, y menor generación de desechos, siendo éste un importante medio para lograr una industria sustentable y consolidar su desarrollo. Para ello se consideran dos programas encaminados a cumplir con dichos requisitos y fortalecer el papel de la industria. Por un lado, el fomento de una PML, con el objetivo de aumentar la eficiencia de utilización de recursos y reducir la cantidad de desechos por unidad de producción mediante su reutilización. Por otro lado se encuentra el fomento de la responsabilidad empresarial, con el fin de promover el concepto de gerencia responsable en la gestión de los recursos por parte de las empresas, y que éstas se involucren y apliquen las políticas de desarrollo sostenible.

La PML consiste en la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada en los procesos productivos y los productos, para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos a los seres humanos y al medio ambiente. Las medidas se orientan a la conservación y uso eficiente de materias primas y otros insumos, a la minimización de la peligrosidad de los residuos generados, y a la sustitución de materias primas peligrosas y reducción de los impactos negativos durante su ciclo de vida⁽²⁾. De esta manera, los esfuerzos enfocan a la prevención de la contaminación en el origen, disminuyendo los requerimientos de los sistemas de tratamiento de “final de tubería”. Los beneficios de aplicación de un plan de PML incluyen mejoras en la productividad y rentabilidad de las empresas, mejoras en el desempeño ambiental y en las condiciones laborales.

Si bien la implementación de estas medidas implica muchas veces cambios de tecnologías, innovación de los procesos, sustitución de materiales y productos químicos, grandes inversiones y cambios operacionales, el concepto de PML comienza con la aplicación del “sentido común” y requiere de cambios culturales dentro de las empresas. Para esto resulta imprescindible del compromiso y concientización de todos los actores involucrados dentro de la empresa, especialmente de la dirección, para asegurar el éxito y mantenimiento de las medidas adoptadas.

En esta sección se describirán algunas de las prácticas y tecnologías alternativas dentro de las denominadas medidas de PML que pueden implementarse en la industria de procesamiento de cuero. Toda la información aquí expuesta se basa en el trabajo realizado por el Grupo de Trabajo de elaboración de la Guía de PML, a través del cual fueron discutidas todas las alternativas planteadas, intercambiando la experiencia existente en el sector respecto a las posibilidades de implementación y a los impactos resultantes. De esta manera fue posible conocer las tendencias en relación a las mejores técnicas disponibles en el procesamiento de cueros y los aspectos más relevantes respecto al estado actual del sector industrial en nuestro país para determinar las oportunidades de mejora.

Varias de las medidas indicadas han sido implementadas por algunas empresas en nuestro país o han sido sometidas a evaluación para su ejecución. Sin embargo, no todas se ajustan a la realidad de cualquier curtiembre, ya que su aplicabilidad depende del tipo de cuero procesado y producto final deseado, el proceso llevado a cabo, capacidad de operación y producción, etc.

⁽¹⁾ La Agenda 21 es un acuerdo de las Naciones Unidas (ONU) para promover el desarrollo sostenible, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) celebrada en Río de Janeiro en el año 1992, y consiste en un plan detallado de acciones que deben ser acometidas a nivel mundial, nacional y local con el objetivo de fomentar el desarrollo sostenible.

Adaptación de la definición PNUMA.

⁽²⁾ Adaptación de la definición PNUMA.

Como ya fue mencionado, la Guía no pretende ser un manual de diseño de las medidas de PML propuestas, sino una orientación respecto a las alternativas existentes para el control de los aspectos ambientales y la mejora del desempeño, y una reseña sobre los resultados esperados por su implementación. Asimismo, la Guía intenta motivar a las empresas a desarrollar evaluaciones de sus procesos productivos y a la determinación de las posibles medidas de PML a implementar.

Metodología de PML

La ejecución de un programa de PML en una empresa implica la planificación y ejecución de un conjunto de medidas que se desarrollan en forma sistemática y ordenada, el cual debe formar parte del sistema de gestión global de la empresa. Para ello se requiere que sean adecuadamente especificados las metas, actividades, plazos y recursos a destinar.

Para alcanzar los objetivos planteados se considera imprescindible contar con el compromiso de toda la estructura organizativa de la empresa, especialmente de la gerencia y los altos mandos de la empresa. Sólo de esta manera es posible asegurar la continuidad del programa, así como la posibilidad de destinar los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades previstas. Igualmente, es de gran importancia fomentar la participación de todos los empleados, manteniéndolos informados y capacitados sobre las medidas a implementar.

En una primera etapa del programa, es necesario conformar un equipo de trabajo para desarrollar, coordinar y supervisar las actividades del programa de PML, además de difundir las medidas aplicadas y los resultados alcanzados.

El componente central del programa de PML es el diagnóstico de la situación de la empresa, a través del cual se realiza el análisis de los procesos productivos con el fin de identificar y seleccionar las posibles medidas de mejoras para incrementar la eficiencia de las operaciones de la empresa.

El primer paso para la realización del diagnóstico consiste en la recopilación de la información de los procesos productivos. Estos pueden ser registros históricos de desempeño, datos de producción, uso y costos de materia prima e insumos, entre otros. Respecto al desempeño ambiental, se pueden incluir la cuantificación y caracterización de residuos, efluentes y emisiones atmosféricas, así como datos de operaciones y costos de tratamiento y disposición. Además, es necesario recopilar los antecedentes existentes de medidas de PML y otras medidas de prevención de la contaminación y eficiencia energética implementadas y los resultados alcanzados.

El análisis detallado de los procesos y su interrelación puede ser facilitado mediante la definición de un diagrama de flujos y la identificación de entradas (materias primas, insumos, agua y energía) y salidas (productos, subproductos, residuos y pérdidas) de todas las operaciones unitarias que componen el proceso global. Esto permite determinar las eficiencias de las operaciones, así como la estimación de costos de los procesos, incluyendo costos de ineficiencias, pérdidas, tratamiento y disposición de residuos.

El estudio detallado de las operaciones unitarias requiere también definir el mecanismo operativo de los procesos, los equipos e instalaciones utilizadas, así como la capacidad del personal a cargo de realizar las distintas tareas asociadas.

Además, de esta manera es posible identificar las operaciones unitarias críticas, o sea, aquellas que poseen impactos potenciales importantes, ya sean ambientales, productivos o económicos. Los criterios usualmente utilizados para la definición de operaciones críticas se basan en el análisis de costos equivalentes en insumos de los desechos, los tipos de desechos generados y los costos en su tratamiento y disposición, la cantidad de energía, agua u otros insumos consumidos, etc.

Más allá de describir las operaciones unitarias y los procesos llevados a cabo, el diagnóstico requiere identificar causas de ineficiencias, ya sean debidas a malas prácticas de operación, pérdidas de insumos, contaminación cruzada, falta de conocimiento por parte del personal de los procesos realizados, etc. Un método para identificar la fuente de ineficiencias radica en la determinación de indicadores de procesos relacionando los flujos de insumos con los flujos de residuos.

Es así que a partir del diagnóstico realizado, se plantean distintas opciones de PML. La prioridad de las medidas de PML corresponde a la búsqueda de mejorar la eficiencia de las operaciones mediante la optimización en el uso de materias primas, agua, energía y otros insumos. Dentro de este mismo criterio, también pueden estar dirigidas a la sustitución de sustancias peligrosas, ya sea para el medio ambiente como para la salud de los trabajadores. Por otro lado, se busca recuperar, reutilizar o reciclar los residuos generados, con el fin de realizar un mayor aprovechamiento de los recursos y reducir las pérdidas del proceso.

La aplicación de estas medidas permite reducir los costos unitarios de producción, por lo que la implementación de estas medidas implica beneficios económicos.

Indicadores de desempeño de las medidas de PML

En las siguientes secciones se describen las posibles medidas de PML aplicables en las distintas operaciones del procesamiento de cueros. Para cada una de estas medidas se definen una serie de indicadores que reflejen el desempeño esperado por su implementación en relación a los aspectos ambientales involucrados.

El objetivo principal de estos indicadores corresponde a su función como referencia técnica en la evaluación y seguimiento de las medidas de PML implementadas en sus procesos productivos. El establecimiento y uso de indicadores de referencia que cuantifiquen los resultados, es la base a partir de la cual se adoptan estrategias de PML, de forma de permitir la comparación de la línea de base con la situación luego de implementar las medidas de PML, y contar con elementos para el análisis y la retroalimentación del proceso, con miras a una mejora continua. Además, la determinación de indicadores de desempeño pone al descubierto ineficiencias de los procesos y evidencia oportunidades de mejora.

De esta manera, se establecen los rangos típicos de aplicación para el proceso llevado a cabo de la forma tradicional (indicador base), es decir, el desempeño que presenta el proceso sin la implementación de la medida bajo consideración. Luego se determina nivel de mejora que se obtiene mediante la implementación de la medida planteada respecto al indicador base.

En general, estos indicadores se expresan en función de las pieles o cueros que ingresan a los procesos específicos. Sin embargo, cada empresa puede seleccionar la base sobre la cual estos indicadores se formulan de acuerdo al tipo de pieles procesadas. Para facilitar el uso de estos indicadores, en la siguiente figura se muestra la forma de transformar de una base a otra en relación al peso de las pieles. Esta equivalencia encuentra su uso a la hora de la formulación de los procesos, cuando el tipo de pieles recibidas varía.

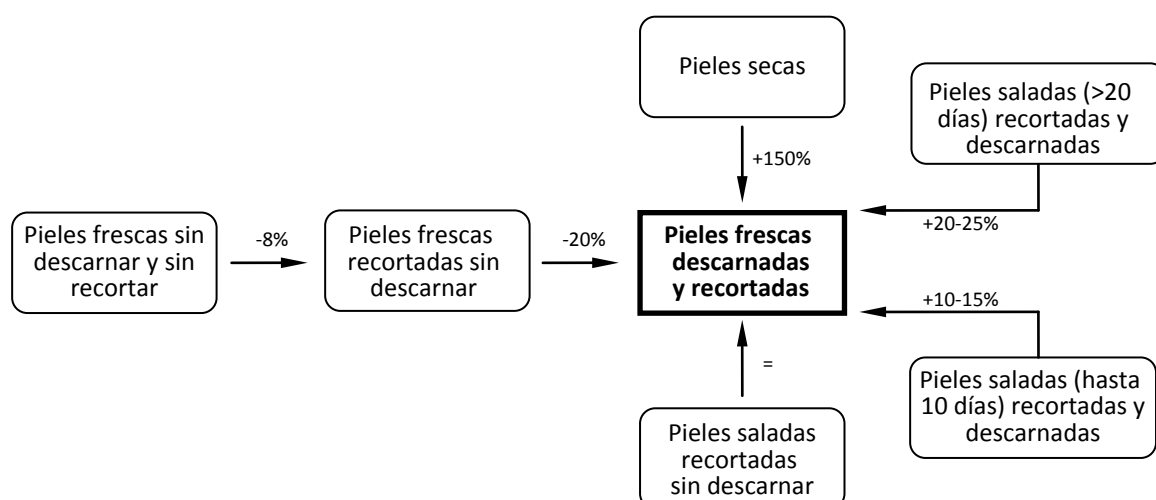


Figura 3. Esquema de transformación de una base a otra en relación al peso de las pieles.
Fuente: Elaboración propia.

A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se muestran los pesos equivalentes correspondientes de acuerdo a como se expresen las materias primas procesadas.

Tabla 1. Equivalentes en peso de las pieles según se exprese el tipo de materia prima.

Materia prima	Peso equivalente
Pieles frescas descarnadas y recortadas	1 ton
Pieles frescas recortadas sin descarnar	1,25 ton
Pieles frescas sin recortar y sin descarnar	1,4 ton
Pieles saladas recortadas sin descarnar	1 ton
Pieles saladas (> 20 días) recortadas y descarnadas	0,9 ton
Pieles saladas (< 10 días) recortadas y descarnadas	0,8 ton
Pieles secas	0,4 ton

En cuanto a la selección de los indicadores, estos deben ser de medición o estimación sencilla y, dentro de lo posible, existir registros históricos para poder referir los resultados obtenidos luego de la implementación de las medidas de PML. Para ello se requiere contar con elementos adecuados de medición, planillas con registros, resultados de análisis de laboratorio, datos de producción, etc., así como procedimientos precisos y estandarizados para su obtención.

Con excepción de aquellas medidas que implican aspectos generales, usualmente las medidas de PML se desarrollan de forma específica para cada una de las operaciones unitarias que integran el proceso de producción de una planta industrial. Además, una mejora en un proceso específico no implica necesariamente cambios observables en el desempeño de toda la planta, ya que en la mayoría de los casos estos poseen un impacto reducido en relación a la totalidad del proceso, donde los parámetros dependen de una gran cantidad y muy diversas variables.

Por otro lado, los indicadores de PML no deben estar relacionados con el cumplimiento de la normativa, ya que por definición, la PML no se refiere a los aspectos del final de tubería sino a los procesos de producción, para los cuales no existen normativas que establezcan la implementación de este tipo de medidas. La PML supone la aplicación de medidas con el fin de aumentar la eficiencia y productividad de los procesos, que a su vez redunden en la disminución de la contaminación y la mejora del desempeño ambiental.

Medidas generales de PML

Buenas prácticas operativas

Dentro de las buenas prácticas operativas se incluye el control de inventario y registro de insumos, residuos y productos. Esto permite la determinación de consumos específicos e indicadores de desempeño, facilitando el análisis y seguimiento de las operaciones de producción (Ej: lay-out de las instalaciones, diagrama de flujos y procesos, “first in, first out”, etc).

Además, es prioritario realizar un estudio meticuloso de los productos que componen la formulación de los procesos, ya que es necesario determinar las características de cada producto (peligrosidad, prevalencia, etc.) y estudiar la existencia de productos sustitutos más eficientes y de menor costo.

Cabe mencionar que cualquier cambio en la formulación, ya sea de las cantidades de productos químicos utilizados como de la sustitución de productos nuevos, requiere de realizar ensayos de prueba de manera de poder determinar los parámetros de proceso que logran mejores desempeño de las operaciones.

A su vez, cualquier medida que se desee implementar requiere de mantener planes de capacitación del personal ocupado, de forma de mantenerlo informado respecto a las operaciones que son llevadas a cabo, sus beneficios y como estos se ven afectados por las malas acciones.

Por otro lado, la instalación de instrumentos auxiliares de medición facilita y asegura la sostenibilidad de las condiciones óptimas de los procesos.

En cuanto al mantenimiento de las instalaciones, es recomendable establecer un programa de mantenimiento predictivo y preventivo de los equipos para contribuir a la mejora de la calidad de los productos y minimización de pérdidas.

Uso eficiente de agua

Las malas prácticas de uso de agua tienen efectos importantes sobre el medio ambiente y la economía de las empresas. Dentro de estas malas prácticas se encuentran las pérdidas por fugas, derrames, lavados ineficientes y el uso indiscriminado en la limpieza de pisos y otros equipos.

La reducción en el consumo de agua, además de disminuir los costos de suministros, origina beneficios debido a:

- Las mejoras en la eficiencia en el tratamiento de efluentes.
- La reducción de costos de tratamiento y disposición de los efluentes.
- El ahorro en el consumo de energía (como consecuencia de la reducción del bombeo de agua, reducción en el calentamiento de agua, etc.)
- La optimización del uso de reactivos químicos.

La primera medida necesaria para lograr buenos resultados en el plan de uso eficiente de agua, es la concientización y capacitación del personal de planta sobre la importancia de conservar el recurso y hacer uso racional del mismo. Debe existir el convencimiento de que el agua es un insumo de gran importancia y valor, cuyo costo afecta la rentabilidad de la empresa. Además, debe tenerse en cuenta que la mayor parte del agua utilizada se convierte en agua residual que debe ser tratada previo a su descarga.

Las medidas deben estar dirigidas a evitar el uso de agua como arrastre en la limpieza de pisos y equipos, siendo más conveniente el uso previo de raspadores de goma, cepillos y otros implementos. Además, es posible la utilización de dispositivos ahorradores de agua, como son dispersores y aireadores para grifos, pistolas de cierre automático, válvulas reguladoras de presión, etc.

En las curtiembres, la etapa de ribera requiere de un uso de agua muy intensivo, por lo que es necesario el control estricto de las operaciones para una correcta gestión del recurso. El agregado de agua en las operaciones de producción debe ser la adecuada, siendo conveniente la preparación de baños concentrados en productos químicos (baños cortos), de forma de reducir los tiempos de

operación y el consumo de reactivos. Sin embargo, es necesario tener cuidado, ya que la utilización de baños de volumen reducido puede aumentar el desgaste de la estructura de los fulones y de las pieles, aumentando además el consumo de energía eléctrica.

Para que las medidas de reducción del uso de agua puedan ser mantenidas en el tiempo, estas deben ser monitoreadas de forma rutinaria (en el total y en los puntos de mayor consumo) a través de mediciones y registro en planillas de consumos, auditorías internas, balances de agua, etc.

Es preciso contar con un plan de reducción del consumo de agua, que incluya medidas de optimización de los procesos relacionadas con la minimización de su uso, evaluaciones cuidadosas sobre la reutilización y reciclado, mantenimiento y limpieza de las zonas de producción, y el entrenamiento efectivo del personal operacional. Estos planes deben ser preparados de forma participativa con la contribución de todas las personas involucradas.

Además, los resultados de las medidas de reducción del consumo de agua deben ser reportados e informados a todo el personal, de forma de incentivar a la continuidad de las medidas.

Los registros de consumo de agua pueden basarse en indicadores en función de las pieles procesadas o producidas, de manera de poder realizar el seguimiento de la evolución de las medidas adoptadas, el direccionamiento de las acciones o el establecimiento de metas concretas a ser alcanzadas.

Uso eficiente de la energía

Dado que las medidas enfocadas en el consumo de energía no se encuentran dentro de las prioridades establecidas en el Piloto de PML llevado a cabo, no se profundizará en mayores detalles, aunque se establecen algunas directrices de carácter operativas.

La eficiencia energética se define como la habilidad de lograr los objetivos de producción, empleando la menor cantidad de energía posible. Además de reducir los costos de producción, contribuye a reducir los niveles de contaminación ambiental.

La primera medida de uso eficiente de la energía debe orientarse a una correcta programación de la producción, evitando los picos de consumo de energía en horarios de punta y la superposición de procesos con un alto consumo. Por otro lado, dada la utilización de gran número de motores rotativos, es de gran importancia la corrección del factor de potencia reactiva mediante la instalación de capacitores.

La instalación de instrumentos de medición, ya sea de energía eléctrica, vapor u otros tipos de energía, en secciones de la planta de producción, especialmente en aquellos donde el consumo es elevado, ayuda a mantener un mayor control.

En cuanto a las posibles mejoras en el uso de la energía térmica, se puede mencionar la necesidad de contar con un aislamiento adecuado de todas las cañerías de vapor u otros fluidos térmicos para evitar las pérdidas de calor. Además, efectuar el mantenimiento en forma continua de trampas de vapor y otras posibles pérdidas, pueden significar beneficios muy significativos en el uso de energía térmica.

La instalación de quemadores de control automático, equipos de recuperación de calor (economizadores, precalentadores de aire, etc.) y sistemas de recuperación de condensados, presentan medidas de gran importancia para reducir el consumo de combustible en los generadores de vapor.

Uso de productos químicos

En general se procura garantizar el uso de las cantidades adecuadas y realmente necesarias de todos los insumos, evitando excesos innecesarios y pérdidas. Esto puede lograrse mediante recipientes y elementos de dosificación convenientemente calibrados (Ej: balanzas dosificadoras).

Además, se debe mantener un adecuado control de los inventarios de productos, de forma de facilitar la identificación de posibles fuentes de pérdidas y emisiones al ambiente. En este sentido, es necesario mantener un stock mínimo de sustancias químicas, suficiente para la programación de la producción, que minimice la manipulación y almacenaje para prevenir los riesgos de accidentes.

Otro sistema que puede ser implementado para un control más estricto del consumo de productos químicos, consiste en la determinación mensual de la diferencia entre el consumo real de productos químicos y el consumo teórico de acuerdo a las formulaciones de la producción efectuada.

Por otro lado, es deseable mantener informado al personal técnico de planta sobre el desarrollo de nuevos productos químicos sustitutos con menos impacto ambiental, y ensayarlos para evaluar su efecto sobre la calidad del cuero y los efluentes.

En el desarrollo de las secciones a continuación dedicadas a las medidas específicas de PML en curtiembres se mencionan algunos ejemplos en este sentido.

Medidas específicas de PML en curtiembres

En la sección a continuación se describen las medidas de PML identificadas para los procesos llevados a cabo en las curtiembres, sus posibilidades de aplicación y adaptación a las operaciones realizadas, así como los beneficios esperados resultantes de su implementación.

Recepción de pieles, lavado y pretrinchado

Gran parte de las medidas en esta etapa involucran a los establecimientos de faenado y al transporte de las pieles hasta las curtiembres, de forma de disminuir los impactos ambientales provocados por esta última.

Acondicionamiento de las pieles y pretrinchado

Descripción

Es deseable realizar el lavado previo al faenado de los animales, para evitar la presencia de estiércol, tierra y otras impurezas que aceleren la degradación de las pieles durante el transporte y almacenamiento transitorio. Por lo general esta medida se lleva a cabo previo a la matanza, ya que representa un requisito esencial para la calidad de los productos cárnicos elaborados en el frigorífico.

Más allá de esto, es conveniente realizar un lavado posterior al retiro de las pieles para eliminar principalmente la sangre, evitando así que estas impurezas contribuyen a la carga contaminante de los efluentes en las curtiembres, donde generalmente las plantas de tratamiento poseen menor capacidad de tratamiento que las de los propios frigoríficos.

Con el fin de evitar el deterioro de las pieles, y con esto reducir el uso de productos químicos para su preservación, éstas deben mantenerse en lugares frescos y limpios, doblando las pieles de forma que queden pelo con pelo y carne con carne.

Otra operación de gran importancia, consiste en realizar el pretrinchado y recorte de despojos de las pieles en los frigoríficos, ya que estos últimos tienen capacidad de procesamiento de la grasa extraída para su aprovechamiento. De esta manera, se reducen los requerimientos de transporte, el uso de productos para la conservación y la generación de residuos sólidos en curtiembres. Además, la grasa extraída en los frigoríficos pueden ser fácilmente habilitadas para destinarlas a consumo, lo cual no ocurre en las curtiembres.

En promedio, es posible extraer aproximadamente el 20 % en peso de las pieles frescas a procesar a través de la operación de predescarnado. Si los cueros no fueron tratados con productos bactericidas, las carnazas y grasas pueden destinarse a alimentación; de lo contrario pueden utilizarse para la fabricación de jabón o biodiesel.

Por otro lado, una práctica que puede representar grandes beneficios en la operativa de los establecimientos de procesamiento de cueros, corresponde a la implementación de un sistema de trazabilidad de los cueros. Si bien esta medida no puede traducirse en una medida real de PML, este sistema representa una práctica operativa que permitiría evaluar las acciones implementadas en ensayos a gran escala y replicarlos a lo largo de todo el año, facilitando la identificación del origen de eventuales problemas.

Aplicabilidad

Si bien es cierto que las medidas dedicadas a mejorar las condiciones en que las pieles frescas son recibidas en las curtiembres son difíciles de aplicar, ya que depende de las posibilidades que poseen los establecimientos de faenado, los beneficios son tan importantes para la curtiembre, que vale la pena todos los esfuerzos tendientes a acordar con los frigoríficos la realización de estas operaciones previo a la entrega de las pieles.

Beneficios

La implementación de estas medidas reduce el peso de pieles que deben ser conservadas, disminuyendo el consumo de productos químicos para la conservación; así como la generación de residuos sólidos y la utilización de productos químicos en la planta de tratamiento de efluentes, por ingresar a esta una menor carga contaminante a ser tratada.

Dado que el agregado de productos químicos en las distintas etapas del proceso se realiza en base al peso de las pieles, se reduce también el consumo de las sustancias químicas utilizadas en el proceso productivo y se logra un mejor aprovechamiento del volumen de los fulones.

Por otro lado, se mejora la calidad de los cueros y se reducen las pérdidas de cueros en mal estado.

Reducción en el consumo y recuperación de sal previo a la etapa de remojo

Descripción

Siempre que sea posible, es recomendable procesar las pieles en su estado fresco sin salar, y solo realizar el salado a las pieles que deberán ser almacenadas aguardando para ser ingresadas al proceso.

Además, es preferible realizar el salado de las pieles luego del recorte y trinchado, ya que esto garantiza un proceso de salazón uniforme y un menor consumo de sal.

Por otro lado, se debe eliminar el mayor contenido posible de la sal de las pieles previo a su ingreso al proceso. Esta sal puede ser recuperada, lavada y reutilizada en otras operaciones, como puede ser el piquelado. No es recomendable reutilizar la sal recuperada nuevamente en la conservación de pieles, ya que esta puede presentar una contaminación importante de bacterias halo-tolerantes.

La eliminación de sal puede ser realizada de forma manual o mediante fulones de rejillas específicos para esta operación, evitando que caiga al sistema de drenajes y su ingreso al sistema de tratamiento.

Aplicabilidad

En general, la sal es un producto que se utiliza en exceso, ya que de esto depende la conservación de las pieles y de otra forma se pone en riesgo la calidad del producto. Además, la sal es un producto de relativamente bajo costo, por lo que, más allá de que el peso de las pieles a conservar sea menor debido al retiro de grasas y recortes, el consumo de sal continúa tendiendo a niveles elevados.

No obstante, la eliminación de sal de las pieles previo a su ingreso a los procesos, es una técnica que puede ser realizada en todos los establecimientos que realicen el salado de pieles como forma de conservación.

En principio, toda la sal que se recupera de los procesos de salazón puede ser utilizada en la etapa posterior de piquelado, aunque la cantidad de sal utilizada en la conservación de pieles es considerablemente menor a la que se requiere en el proceso de piquelado.



Fulón de desalar. Foto: AUQTIC.

Beneficios

Tanto por la reducción en el consumo de sal en la conservación de las pieles, como por la recuperación del exceso contenido en las pieles previo a su ingreso al proceso, se reduce el consumo de agua en la etapa de remojo; así como el contenido de sal en el efluente.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Lavado, descarte y recortes previo al salado	Consumo de sal en la conservación de pieles	30 - 50 % respecto al peso de las pieles frescas a salar	10 - 12 %

Remojo

Reutilización de los baños de remojo

Descripción

Dependiendo de las condiciones de las pieles a procesar, es posible la recuperación y reutilización de los baños de remojo mediante la instalación de un tanque de almacenamiento temporal del baño recuperado luego de su pasaje por un filtro de material grueso, el cual puede estar provisto de aireación para la remoción de sólidos suspendidos por flotación, y en algunos casos agregarse productos químicos para el control de algunos contaminantes, como peróxido de hidrógeno para la remoción de la materia orgánica.

Dado que en el remojo parte del agua es absorbida por las pieles, es necesaria su reposición con agua fresca, lo cual a su vez ayuda a mantener las condiciones del baño por dilución.

Una medida a través de la cual se obtienen muy buenos resultados consiste en la realización del lavado y remojo de los cueros en varias etapas sucesivas. También es posible realizar lavados en cascada hacia atrás. Es decir que el efluente de las últimas etapas de remojo, las cuales poseen una menor carga contaminante ya que las pieles se encuentran más limpias, son reutilizadas en las primeras etapas de remojo del siguiente lote de pieles a procesar. Esta técnica también puede ser utilizada en las siguientes operaciones donde se realizan varios lavados sucesivos.

También es posible utilizar los baños de remojo para la preparación de los baños de pelambre, si las condiciones son las adecuadas.

Aplicabilidad

La recuperación y reutilización de los baños de remojo puede ser realizada en la medida que los productos químicos y otros contaminantes presentes en el baño no alcancen niveles de concentración muy elevados que puedan afectar la calidad del producto elaborado. Por lo tanto, se requiere de la realización de ensayos para mantener el control de la calidad del baño a ser recuperado (DQO, sólidos totales, sólidos suspendidos, etc.).

En general, los baños resultantes del proceso de remojo se encuentran lo suficientemente diluidos debido al agregado de agua fresca para recomponer el volumen, como para que estos puedan ser reutilizados entre 3 y 5 veces, luego de los cuales la totalidad del baño es descartado.

Beneficios

Estas medidas reducen el consumo de agua y el volumen de efluentes descargados a la planta de tratamiento, así como el consumo de productos químicos eventualmente utilizados en el remojo.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Reciclaje de baños de remojo	Consumo de agua	200 - 400 % respecto al peso de las pieles saladas	70 %

Pelambre

Control óptimo de las variables del pelambre

Descripción

Dado que la operación de pelambre es en la que se produce la mayor carga contaminante en las curtiembres, las medidas de PML enfocadas en mejorar su desempeño resultan de especial interés.

Es necesario asegurar que cada baño de pelambre sea preparado con la formulación óptima y evitar el agregado en exceso de productos químicos, así como un adecuado control de las variables de operación. El control de los parámetros que rigen esta operación influye en la calidad final del cuero y en el grado de destrucción del pelo.

Aplicabilidad

Es necesario contar con un sistema adecuado de medición de las variables del proceso. A continuación se listan las variables a controlar de mayor importancia y los aspectos más relevantes en relación a su determinación.

- **Peso:** Se refiere al rango de carga de cada fulón para garantizar una producción estándar. Lo usual es realizar pesadas parciales de porciones de cueros, que se van sumando hasta alcanzar el peso previamente establecido. Este sistema de trabajo es propenso a diversos tipos de errores humanos. En la actualidad es deseable tener celdas de carga en los ejes de cada fulón asociadas a un sistema automático de control que registre los pesos y no permita arrancar al fulón si éstos no están dentro del rango establecido; que a su vez determine la cantidad de productos químicos a ser agregados según la formulación indicada y comande agregados de agua, productos químicos y los escurridos.
- **Temperatura:** En cualquier caso es aconsejable que en invierno el proceso comience entre 30 y 32 °C y termine a no menos de 28 °C; mientras que en verano comience entre 26 y 28 °C y termine a no más de 32 °C. Usualmente se utilizan termómetros de alcohol, adecuadamente calibrados y protegidos contra golpes, siendo ideal la medición con un sensor de emisión de ondas radiales, colocado dentro de cada fulón. El receptor puede estar asociado a un sistema automático de control con registro continuo de la temperatura y a una alarma si los valores se encuentran fuera del rango establecido.
- **pH:** Su valor depende en cada caso de la cantidad agregada de cal hidratada, sulfuro de sodio y sulfhidrato de sodio. Cada curtiembre debe determinar el rango en que debe ajustarse a las variaciones normales del proceso para considerarlo bajo control. Su medición se realiza mediante los instrumentos y métodos adecuados (Ej: pHímetro portátil, tirillas colorimétricas, etc.) previa extracción de una muestra al pie del fulón.
- **Densidad en °Bé:** Depende en cada caso del contenido de sales del baño y cada curtiembre debe fijar el rango habitual de trabajo. Su medición se realiza mediante los instrumentos y métodos adecuados (Ej: areómetros de Baumé) previa extracción de una muestra al pie del fulón. Las desviaciones significativas por encima o por debajo de los valores establecidos, indican agregados de agua por debajo o por encima de lo indicado, respectivamente.
- **Concentración de reductores:** Puede ser expresado en Na_2S o S^{2-} , y depende de las cantidades de sulfuro de sodio, sulfhidrato de sodio y otros reductores auxiliares agregados, así como del instante en que se realice la toma de muestra. El valor de esta variable 1 hora después de agregado del último reductor, es decir en lo que se podría considerar el final del pelambre propiamente dicho, debería encontrarse entre 6 y 8 g/L de Na_2S , o entre 2.460 y 3.280 ppm de S^{2-} , pudiendo ser menores si además se utilizan enzimas de pelambre. El valor de reductores al final del proceso va a depender de si se cambia el baño al final del pelambre o si se continúa el encalado con agregados de agua o de baño reciclado. Su determinación se realiza mediante análisis de laboratorio, y el resultado determina si el proceso se mantuvo dentro de los parámetros establecidos. Ante la obtención de resultados por fuera del rango, surge la necesidad de investigar las causas del desvío y las medidas correctivas correspondientes a adoptar.

- **Tiempo:** El control de los tiempos de proceso es muy importante, principalmente si se realiza el pelambre sin destrucción de pelo. Lo aconsejable es conectar el motor de los fulones a un sistema automático que accione movimientos y paradas de acuerdo a la formulación establecida, con aviso al operario cuando éste debe intervenir manualmente en la operativa. De otra manera es muy difícil que el personal pueda cumplir con los tiempos indicados en las formulaciones cuando debe atender varios fulones a la vez. Esto genera incumplimientos que luego degeneran en rutinas de no cumplimiento con lo establecido.

Estas medidas de carácter operativo son de gran importancia dado que influyen en el desempeño y en aspectos económicos de la operación (por ejemplo: uso racional de insumos), además de poder ser implementadas independientemente del tipo de producto que se elaboran. Sin embargo, estas son muchas veces difíciles de implementar, ya que el ajuste de los procesos no siempre puede realizarse en forma precisa, por lo que siempre se requiere mantener cierto margen de seguridad, debido a la variabilidad de los procesos y a la multiplicidad de los factores que afectan la operación y que pueden provocar alteraciones en las propiedades del producto final.

Beneficios

Un control óptimo de la etapa de pelambre deriva en la minimización en el uso de productos químicos y agua, junto a una reducción en la carga contaminante del efluente.

Entre los beneficios económicos se pueden mencionar el ahorro en el consumo de productos químicos y agua, así como en el sistema de tratamiento de efluentes. Además, el control óptimo de las variables del proceso resulta en una mejor calidad de los cueros.

Reciclado de baños de pelambre

Descripción

Esta medida consiste en la recuperación del baño residual del proceso de pelambre antes del encalado de un lote de pieles para su uso en el siguiente lote. Dado que los baños residuales de pelambre son ricos en sulfuro y cal, su reutilización en un nuevo ciclo es de gran interés, ya que es posible aprovechar estos productos del baño residual, requiriendo un menor agregado de productos frescos.

La excesiva concentración de sólidos suspendidos y grasa puede causar inconvenientes en el proceso y afectar la calidad del cuero, por lo que resulta necesario realizar una etapa de separación de los sólidos gruesos (pelos, grumos de grasa, etc.) previa a la reutilización de los baños de pelambre. Esto puede llevarse a cabo mediante el uso de filtros o tamices inclinados. Cuanto mayor sea la eficiencia de remoción de sólidos, mayores serán los ciclos de reutilización a los que podrán ser sometidos los baños. Los sólidos separados, dependiendo de la tecnología utilizada, pueden presentar un importante contenido de humedad, por lo que se requiere de un tratamiento posterior de deshidratación.

Una vez eliminados los sólidos suspendidos del baño residual clarificado, este puede ser enviado a un tanque receptor, en el cual deberá analizarse la concentración de los distintos componentes para determinar la reposición necesaria de productos químicos y agua para alcanzar la composición del baño. Se estima que durante el proceso de pelambre se pierde en el entorno del 20 % del agua debido a derrames, evaporación y absorción en las pieles (hinchamiento). De esta manera, para alcanzar el volumen del baño para su reutilización, se requiere de la reposición de agua fresca, lo que provoca la dilución del baño.

A continuación se muestra un diagrama del proceso propuesto.

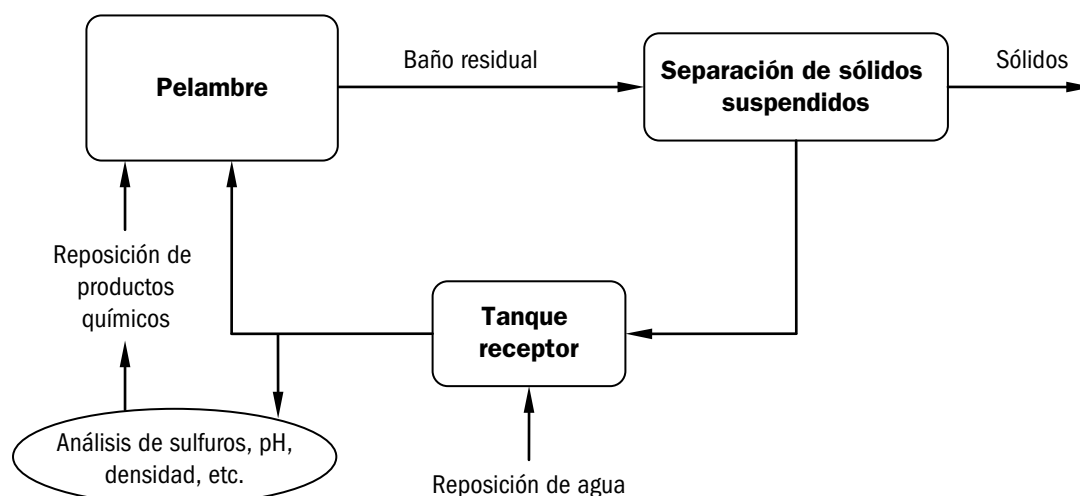


Figura 4. Esquema del diagrama de flujos de la medida de recuperación de los baños de pelambre.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicabilidad

Entre los principales inconvenientes que pueden surgir en la recuperación de los baños de pelambre se pueden mencionar la sucesiva concentración de sales, materia orgánica y nitrógeno, lo cual puede causar diversos problemas en el producto final. Es entonces imprescindible que previo a la adopción de este sistema de trabajo, se realicen los ensayos adecuados a nivel de producción con una rigurosa evaluación de los productos finales y la confirmación de que no se comprometen las características de los mismos.

Si bien es necesario evaluar la calidad del baño recuperado en cada batch, el número de veces que el baño puede ser reutilizado se encuentra en el entorno de 10, de forma de evitar la excesiva acumulación de sales que dificulten el proceso. Una vez alcanzado este punto el baño debería ser descartado en su totalidad, para preparar un nuevo baño con productos frescos.

Además, la concentración de compuestos amoniacales puede causar desprendimientos de olores molestos, lo cual ocurre en mayor magnitud si no se acompaña esta medida con la remoción de pelo del baño (filtración), dado que la degradación del pelo provoca un aumento muy significativo en el contenido de nitrógeno en el baño agotado.

Por otro lado, esta medida requiere de una adecuada instrumentación para el control del proceso y análisis para determinar el agregado de productos químicos en la recomposición del baño. Estos análisis pueden ser realizados en laboratorio o en la propia planta. Es así que se requiere de personal bien capacitado y entrenado para la realización de estas tareas. Si el control de estas operaciones no se efectúa debidamente, las pieles pueden sufrir daños considerables y comprometer la calidad de los productos finales.

Las características del baño de reciclo deben ser definidas de acuerdo a la formulación del pelambre de cada empresa. Si bien pueden existir otros parámetros dependiendo de las especificaciones en cada caso, a continuación se listan algunos parámetros que deben ser determinados en el baño agotado para su reciclo, para los cuales se detallan algunas consideraciones a tener en cuenta:

- **Volumen:** Define la cantidad de agua a reponer para recomponer el baño de pelambre.
- **Reductores totales:** Se expresa en Na_2S , NaHS , S^{2-} , etc., y define la cantidad de sales de sulfuro o sulfhidrato frescas a reponer para recomponer el baño de pelambre. Un bajo contenido de reductores puede dar lugar a restos de pelo y/o epidermis en el cuero en tripa con subsiguientes problemas de repelo, manchas, etc.

- **Alcalinidad:** Se expresa en NaOH, Na_2CO_3 , etc., y define la cantidad de cal fresca a reponer para recomponer el baño de pelambre. Una alcalinidad elevada puede producir excesivo hinchamiento de la tripa generando contracción además de resultar en cueros duros en semiterminado y terminado, y con baja resistencia física.
- **pH:** Al igual que la alcalinidad, un pH elevado puede producir excesivo hinchamiento de la tripa.
- **Densidad:** Se expresa en °Bé, g/mL, etc., y se relaciona con la cantidad de sales disueltas presentes en el baño. Una baja densidad favorece un excesivo hinchamiento, mientras que una densidad elevada puede eliminar el hinchamiento necesario y producir cueros duros.
- **Actividad enzimática:** Se expresa de acuerdo a las características de las enzimas utilizadas. Una elevada actividad enzimática puede producir cueros flojos y alta abrasión de flor.
- **Contenido de grasas emulsionadas:** Un contenido elevado de grasas emulsionadas puede favorecer la posterior aparición de eflorescencias grasas (repús).
- **DQO y Nitrógeno Kjeldahl:** Se expresan en mg/L, e indican el nivel de degradación del pelo y el contenido de materia orgánica en el baño, pudiendo ser utilizado como indicador para terminar un ciclo de reciclado y comenzar otro.

Si bien esta lista no pretende ser exhaustiva respecto a todos los parámetros que deben ser controlados en un sistema de recuperación de los baños de pelambre, cada curtiembre debe definir en su caso particular cual de ellos resulta de mayor interés. A su vez, algunos de estos parámetros pueden omitirse una vez que se alcanza confianza suficiente en el sistema y el agregado de productos se realice en forma automática sin necesidad de efectuar todos los análisis mencionados.

Otro aspecto importante es mantener la trazabilidad de los cueros procesados, mediante algún tipo de marcado, de forma de poder determinar con exactitud cuando y cómo fue procesado en caso de existir problemas en etapas posteriores, quedando cada cuero relacionado con el número de reciclado utilizado.

Un requerimiento para la implementación de esta medida, consiste en la necesidad de contar con la suficiente capacidad de almacenamiento de volúmenes de baño. Además, existe la posibilidad de generación de olores si este almacenamiento de los baños aguardando su reutilización se da por períodos muy prolongados. Para minimizar este aspecto es conveniente que los depósitos sean cerrados.

A nivel local, esta medida se encuentra muy poco expandida y su aplicación solo ha sido evaluada en algunos casos particulares. Sin embargo, se conocen experiencias respecto al uso de los baños agotados de pelambre como complemento en el proceso de repelambre o encalado, aunque los beneficios que se obtienen son menores.

Beneficios

La implementación de esta medida es muy beneficiosa, ya que reduce los requerimientos de productos químicos que deben ser agregados a los baños de pelambre y el consumo de agua, resultando no solo en un beneficio ambiental, sino también económico.

Además se reduce considerablemente el volumen y la carga contaminante (sulfuro, cal, materia orgánica) de los efluentes descargados hacia la planta de tratamiento, lo que resulta en una considerable reducción de los requerimientos de desulfurización de los efluentes y de las necesidades de tratamiento, lo cual también se ve reflejado en un ahorro de los costos de tratamiento.

Otra ventaja de gran importancia corresponde a que la disminución del contenido de sulfuro que ingresa a la planta de tratamiento de efluentes, redundará en la disminución de olores molestos generados, menor toxicidad del efluente y de la corrosión de las instalaciones.

Indicadores

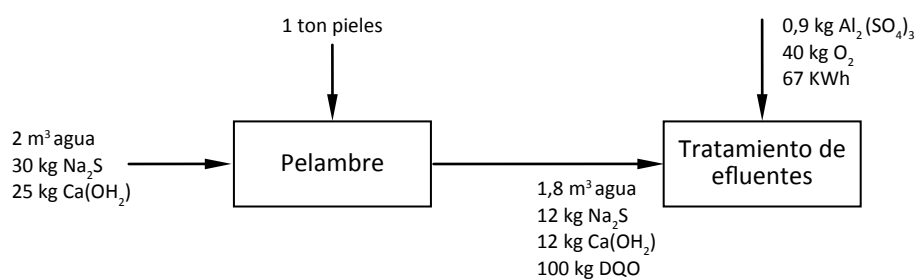
Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Reciclaje de los baños de pelambre	Consumo de agua	100 - 200 % respecto al peso de las pieles a pelar	50 - 70 %
	Consumo de Na_2S	1 - 5 % respecto al peso de las pieles a pelar	20 - 40 %
	Consumo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$	2,5 % respecto al peso de las pieles a pelar	20 - 40 %
	Descarga de DQO en efluente de pelambre	100 kg/ton de las pieles a pelar	15 - 40 %
	Descarga de S en efluente de pelambre	6 kg/ton de las pieles a pelar	50 - 70 %
	Descarga de N en efluente de pelambre	5,8 kg/ton de las pieles a pelar	15 - 40 %

Ejemplo

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de la medida de reutilización de los baños de pelambre, y la determinación de los costos operativos y ahorros en comparación con el método convencional sin recuperación de los baños.

En la siguiente figura se muestran ambos sistemas indicando el flujo de los distintos insumos de acuerdo a los indicadores mencionados en la presente sección, para lo cual se supone el procesamiento de 1 ton de pieles.

Método convencional:



Reutilización de los baños:

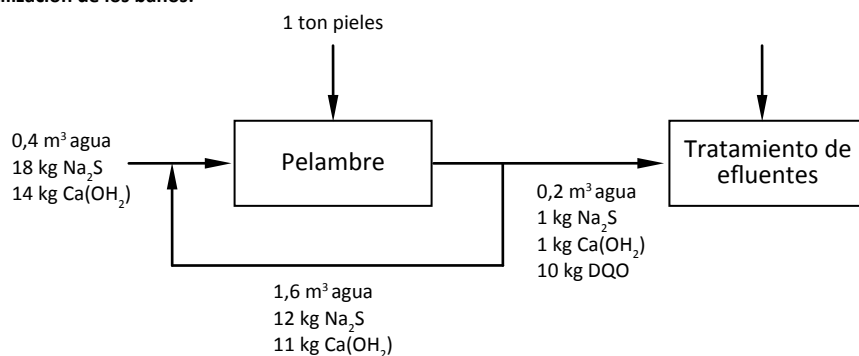


Figura 5. Ejemplo de aplicación de la medida de reutilización de los baños de pelambre.
Fuente: Elaboración propia.

En la etapa de pelambre se asume el agregado de las cantidades necesarias de agua, Na_2S y $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dependiendo del sistema. No se incluye el consumo de energía eléctrica en la operación de pelambre, ya que este es el mismo para ambos sistemas.

Para el caso del método convencional, se incluye la operación de tratamiento de los efluentes en la cual se descargan los baños de pelambre agotados luego de cada batch. En esta se supone, en primer lugar, la desulfurización de los efluentes para eliminación del sulfuro a través de aireación mediante difusores porosos de burbuja, y luego el tratamiento por aireación para la reducción de la carga orgánica. Además, se incluye la posibilidad de realizar floculación de los sólidos suspendidos por agregado de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ para el retiro de los lodos. Si bien no todos los establecimientos industriales cuentan con este tipo de tratamiento, el sistema planteado constituye un ejemplo estándar de una instalación.

En el sistema con recuperación y reutilización de los baños, se realiza solo la reposición de los insumos necesarios para la recomposición del baño original. Si bien no se indica en el diagrama, generalmente la reutilización de los baños no se realiza indefinidamente, sino que a una determinada frecuencia, el baño agotado es descartado en su totalidad y vuelto a preparar con productos frescos.

A partir del consumo de los distintos insumos, es posible determinar los costos operativos para ambos sistemas planteados, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Consumos y costos operativos para sistemas planteados (USD).

	Costo unitario	Consumos		Costos	
		Método tradicional	Reutilización de los baños	Método tradicional	Reutilización de los baños
Agua	3,02 USD/m ³	2 m ³	0,4 m ³	6,0 USD	1,2 USD
Na_2S	1,20 USD/kg	30 kg	18 kg	36 USD	22 USD
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,35 USD/kg	25 kg	14 kg	8,8 USD	4,9 USD
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0,66 USD/kg	0,9 kg	0,1 kg	0,6 USD	0,1 USD
Energía eléctrica	0,10 USD/kWh	67 kWh	6,7 kWh	6,7 USD	0,7 USD
Total				58,1 USD	28,9 USD

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, mediante la implementación de la medida de recuperación y reutilización de los baños de pelambre, es posible reducir los costos operativos en un 50 % en relación al sistema convencional.

Cabe aclarar que en dicho análisis de costos no están incluidos los costos fijos de instalación, como pueden ser filtros o tamices para el retiro de sólidos suspendidos, o tanques de almacenamiento para el baño recuperado, ya que estos dependen en gran medida de las capacidades y escalas de cada caso particular. Además, tampoco son incluidos otros costos operativos, especialmente lo que se refiere a los análisis de la composición del baño agotado para determinar el agregado de los insumos necesarios para recomponer el baño. Esto se debe a que en muchos casos, a través de la experiencia adquirida con el tiempo, es posible reducir el número de análisis necesarios para ajustar la fórmula del baño.

Reciclado de los lavados posteriores al pelambre

Descripción

Generalmente, una vez culminado el proceso de pelambre, es necesario realizar al menos dos lavados sucesivos de forma de eliminar restos de pelos, sulfuros y materia orgánica de la superficie de las pieles para continuar con las siguientes etapas del proceso. El reciclado de los lavados posteriores al pelambre consiste en la recuperación y reutilización en cascada hacia atrás. Es decir, que el efluente del segundo lavado es utilizado como agua en el primer lavado del siguiente lote de pieles. Esto es posible ya que la calidad de los efluentes, principalmente en relación a la carga orgánica y sólidos suspendidos, mejora de un lavado a otro. De esta manera, solo se utiliza agua fresca en el último lavado realizado.

A su vez, en algunos casos es posible utilizar el efluente del primer lavado como agua para la preparación del baño de pelambre, o como agua de reposición del baño de pelambre en lugar de agua fresca, si se realiza la recuperación de los baños de pelambre.

En la siguiente figura se muestra el esquema de una instalación posible para la reutilización de los lavados de pelambre, donde ambos lavados son enviados a sus correspondientes tanques de almacenamiento para su posterior reutilización. En este caso no se plantea la reutilización de los baños de pelambre.

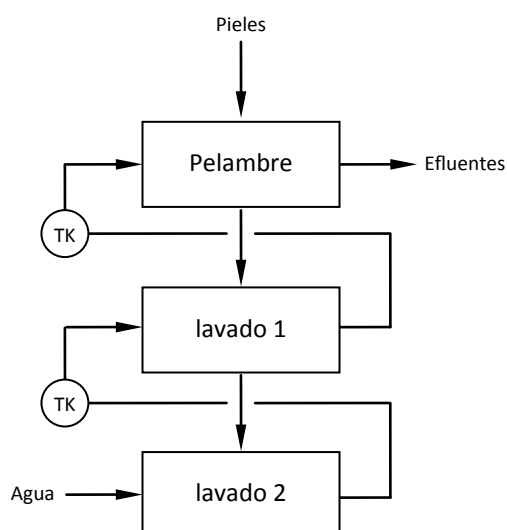


Figura 6. Esquema del diagrama de flujos de la medida de reciclado de los lavados de pelambre.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicabilidad

Dado que los baños de lavados de pelambre no presentan requisitos especiales respecto a su calidad, el reciclado de los lavados en cascada hacia atrás no presenta mayores inconvenientes, lo que representa una ventaja considerable frente a la otra medida propuesta de recuperación del baño de pelambre.

La excepción se encuentra en su reutilización en la preparación del baño de pelambre, en el cual es necesario mantener un control más estricto sobre su composición para evitar afectaciones al producto. Estos controles son los mismos que los mencionados en la sección anterior.

Un aspecto de gran importancia en la implementación de esta medida consiste en contar con la capacidad suficiente para el almacenamiento de los efluentes de cada lavado aguardando ser utilizados en el próximo batch de pelambre, lo cual puede suponer grandes volúmenes de agua pudiendo alcanzar los 3 m³/ton de piel procesada. Dependiendo de la cantidad de lavados que se realicen puede ser necesario más de un tanque de almacenamiento.

Por otro lado, dado que el almacenamiento por períodos muy prolongados de dichos efluentes puede ocasionar la generación de olores molestos, puede ser necesaria una clarificación previa a su almacenamiento para reducir los sólidos suspendidos y la carga orgánica, lo cual puede ser realizado mediante tamices inclinados.

Beneficios

El beneficio de esta medida radica principalmente en el ahorro de agua y su consecuente reducción en la generación de los efluentes que ingresan a la planta de tratamiento, resultando en un beneficio no solo ambiental, sino también en un ahorro económico.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Reciclado de los lavados posteriores al pelambre	Consumo de agua	500 % respecto al peso de las pieles a pelar	50 - 60 %

Pelambre sin destrucción de pelo

Descripción

La operación convencional de pelambre no permite la recuperación de pelos, debido a que estos son atacados y prácticamente disueltos en su totalidad por la elevada concentración de sulfuros y la elevada alcalinidad de los baños.

Existen distintas técnicas que intentan lograr el acondicionamiento de la piel para disolver solo la raíz del pelo, causando el desprendimiento del resto del pelo externo, intentando que sufra el menor daño posible a los efectos de que sea posible su remoción del baño. Este proceso consiste en debilitar el bulbo o zona prequeratinizada, para luego inmunizar el pelo externo y arrastrarlo fuera del folículo piloso mediante acción mecánica por roce de las pieles dentro del fulón. Una vez extraído el pelo de la piel, este debe ser removido del baño lo más rápidamente posible para evitar su degradación, lo cual puede realizarse por recirculación del baño, haciéndolo pasar a través de un filtro para separar el pelo y devuelto al fulón.

Existen diferentes métodos que se describen a continuación, los cuales se basan en lograr un desprendimiento rápido del pelo mediante el ataque de los agentes depilantes directamente sobre la raíz. En todos estos casos, se requiere que el pelo sea separado del baño lo antes posible para evitar que continúe siendo degradado.

- **Pelambre con cal y sulfuro sin destrucción del pelo:** consiste en realizar un primer acondicionamiento de la piel únicamente con cal (“inmunización”), para después realizar el agregado de sulfuros. Las condiciones de operación deben ser estrictamente controladas para evitar daños y pérdida de calidad en las pieles obtenidas, o la destrucción total del pelo.
- **Método con sulfuro ácido (sulfhidrato) de sodio y cloruro de calcio:** consiste en realizar un primer remojo de las pieles con sulfuro ácido y cloruro de calcio a un pH controlado de aproximadamente 10, y luego drenar toda la solución, que es almacenada para su posterior reutilización. Luego se agrega una solución de hidróxido de sodio para transformar los iones HS⁻ que han penetrado en la piel en S²⁻, destruyendo la base del pelo y separándolo.

- **Pelambre enzimático:** la combinación de enzimas con sulfuro es capaz de remover el pelo con una mayor eficiencia. El agregado de enzimas no puede sustituir completamente la utilización de sulfuros, dado que no se ha encontrado una formulación que sea específica para atacar únicamente el pelo, lo que puede provocar daños en la estructura de colágeno. Requiere un control estricto del proceso y ensayos que permitan establecer la formulación óptima.
- **Pelambre en dos etapas:** consiste en una primera etapa de pelambre y extracción del pelo similar al método tradicional, aunque en este caso se descarta el baño agotado, para luego preparar el baño de apertura o encalado, en el cual las pieles se hinchan y las fibras se separan para los procesos posteriores. Generalmente no se realiza este tipo de operaciones, dada la dificultad y tiempo insumido en la preparación de dos baños independientes, aunque las posibilidades de reutilización de los efluentes se incrementa considerablemente por una mejor calidad del baño agotado del segundo baño.

En general, como ya fue mencionado anteriormente, el primero de los métodos mencionados es el mayormente utilizado, con el agregado de enzimas en pequeñas cantidades, aunque puede llevarse a cabo con algunas variantes en su formulación dependiendo cada curtiembre.

Existen dos métodos posibles para realizar la filtración del baño para la recuperación del pelo. Por un lado, es posible adaptar los fulones de pelambre con sistemas de recirculación de baños para su pasaje a través de filtros y retornar al fulón. De esta manera, se realiza la separación del pelo en el momento en que este es extraído de la piel sin permitir que continúe su degradación, obteniendo un pelo prácticamente íntegro. Además, este sistema permite implementar un sistema de control de pH, temperatura, reductores totales y flujo de recirculación. Los fulones deben estar en buenas condiciones, contar con los sistemas de descarga y recolección de los baños, bombas de impulsión adecuadas para el manejo de sólidos en suspensión y retornar los baños recirculados por el lado opuesto a la descarga para de esa forma, ir barriendo internamente el pelo hacia la descarga.



Filtros de pelo. Foto: AUQTIC / Sistemcuer S.R.L.

Una limitación para efectuar la recirculación del baño durante el proceso, principalmente en curtiembres de mayor porte, consiste en que puede existir más de un fulón dedicado al proceso de pelambre y un solo sistema de filtración, que no necesariamente puede encontrarse próximo a cada uno de los fulones. Esto ocasiona que el sistema de cañerías necesario para efectuar la recirculación requiera de un gran volumen para su llenado, disminuyendo el nivel de baño en el propio fulón, lo que puede causar daños a las pieles.

Por esta razón, la filtración del pelo se realiza generalmente al final del proceso de pelambre de la totalidad del baño al desagotar el fulón. Dado que el pelo no es removido del baño cuando este es desprendido de la piel, el pelo continúa su degradación obteniendo así un residuo de aspecto lodoso con mayor contenido de humedad.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el tratamiento del pelo recuperado se presenta como una limitante importante en su manejo como residuo y el hecho de que este residuo se encuentre parcialmente digerido, facilita su posterior degradación mediante tratamientos biológicos, como puede ser compostaje, significando una ventaja de la filtración al final del proceso frente a la recirculación del baño.

Dependiendo de si la filtración se realice por recirculación durante el proceso o al final del mismo, los equipos normalmente utilizados consisten en zarandas estáticas, filtros rotatorios, filtros de tornillo, etc. dependiendo del grado de eficiencia de separación deseado.

Además, puede ser necesaria la instalación de un sistema de lavado del residuo de pelo, de forma de eliminar el sulfuro remanente en el mismo, en función de cuál sea el manejo y disposición posterior. El agua utilizada en el lavado puede ser retornada a la operación de pelambre o utilizada en la preparación de los próximos baños. Sin embargo, en lo que se refiere al manejo del residuo de pelo, generalmente alcanza con un adecuado escurrido y manteniendo el residuo en ambientes suficientemente aireados para alcanzar niveles aceptables de sulfuros para su disposición, omitiendo así la etapa de lavado del pelo. Otra alternativa consiste en el tratamiento del residuo de pelo separado y escurrido con algún oxidante fuerte, como puede ser hipoclorito de sodio o peróxido de hidrógeno.

A continuación se muestra un esquema del diagrama de flujos para la operación del pelambre con recuperación de pelos. En este caso, se realiza el filtrado de pelo proveniente del baño recirculado siendo el baño retornado al fulón de pelambre, mientras que el pelo extraído es lavado en un recipiente y vuelto a filtrar para acondicionarlo para su disposición.

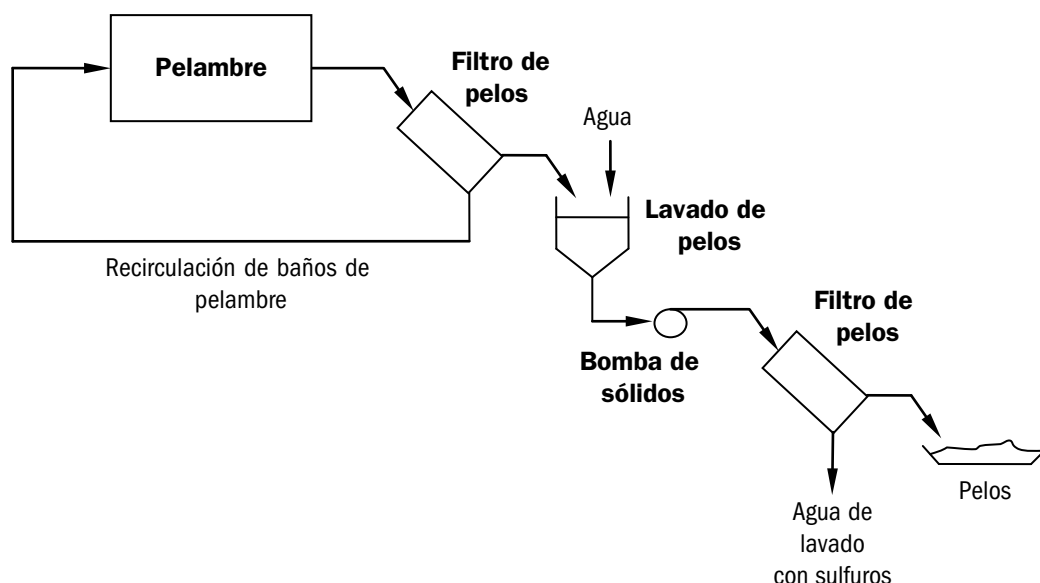


Figura 7. Esquema del diagrama de flujos de la medida de pelambre sin destrucción de pelos.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicabilidad

En general, la implementación de esta medida no afecta la calidad del producto final elaborado, pudiendo incluso mejorar sus características. Sin embargo, esta medida requiere de la reformulación y adaptación del proceso de pelambre y el ajuste de los parámetros de operación, con el fin de que se logre una eficiente remoción del pelo y no se produzca su disolución.

En algunos casos, principalmente en curtiembres de pequeño porte, el nivel de inversión requerido puede exceder las capacidades de las empresas dado que los equipos y tecnologías comúnmente disponibles son diseñadas para otras economías de escala. No obstante, es posible adoptar soluciones que, si bien no presentan eficiencias tan elevadas, permiten realizar este proceso de forma más económica.

En nuestro país existe un gran número de empresas que poseen diferentes tipos de sistemas de filtración de pelo, la mayoría de las cuales han obtenido resultados muy satisfactorios respecto a la reducción de la carga orgánica y sólidos vertidos a la planta de tratamiento de efluentes.

Beneficios

Al minimizar la disolución del pelo, se reduce considerablemente la carga orgánica y nitrógeno en el efluente, con lo cual se disminuye el consumo de productos químicos y otros requerimientos en la planta de tratamiento. A su vez, dado que el consumo de sulfuros es menor, es posible la reformulación del baño de pelambre de forma de optimizar el uso de insumos en el proceso. Esto resulta no solo en un beneficio ambiental, sino también económico.

Además, mediante la aplicación de estas técnicas se obtiene un residuo de pelo de mejores características, principalmente respecto a su contenido de humedad y sulfuros, que facilitan su manejo y permiten otras alternativas de tratamiento y disposición.

La aplicación de esta medida puede significar también una mejora en las propiedades del producto final, debido a que el baño de pelambre presenta menor cantidad de sólidos en suspensión, ya que este está siendo recirculado y clarificado en forma continua durante el proceso.

Por último, la mejor calidad del baño que se obtiene en general por la aplicación de esta medida puede facilitar la implementación en conjunto de la recuperación y reutilización de los baños de pelambre.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Pelambre sin destrucción de pelo	Consumo de Na_2S	1 - 2,5 % respecto al peso de las pieles a pelar	24 %
	Consumo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$	1,7 - 5,0 % respecto al peso de las pieles a pelar	24 %
	Descarga de DQO en efluente de pelambre	100 kg/ton pieles a pelar	60 %
	Descarga de S en efluente de pelambre	5 kg/ton pieles a pelar	50 %
	Descarga de N en efluente de pelambre	5,8 kg/ton pieles a pelar	35 %

Desencalado

Desencalado con dióxido de carbono

Descripción

Este método se basa en la generación de ácido carbónico por disolución de dióxido de carbono (CO_2) en agua, y la formación de bicarbonato de calcio soluble en agua que desplaza al calcio absorbido en la estructura de colágeno de las pieles.

La sustitución parcial de sales de amonio por CO_2 puede realizarse mediante la inyección directa al eje del fulón o en un sistema de recirculación del baño. De esta manera, es posible reducir el agregado de sales de amonio de 5,5 % hasta un 2,5 – 3,5 % para pieles integrales, y de 2 % hasta 0,5 – 1,5 % para pieles divididas.

El CO_2 adicionado al baño puede oscilar entre 0,75 y 2,0 % sobre el peso de las pieles, dependiendo el tipo de pieles procesadas.

Se requiere contar con los equipos de almacenamiento y distribución del CO_2 , lo cual implica un aumento en los costos de instalación, aunque cabe resaltar que los costos operativos se ven reducidos.

Además, es necesario mantener el baño un mayor tiempo, pudiendo requerir en el entorno de 1,5 horas más que el proceso convencional. En cuanto a la temperatura de proceso, esta debe encontrarse en el entorno de los 32 °C, no significando mayores cambios respecto al desencalado convencional.

Por otro lado, es necesario mantener un control estricto de la cantidad de CO_2 inyectada de forma de evitar consumos excesivos. El pH es el parámetro utilizado para regular la inyección de CO_2 , el cual es recomendable que no disminuya por debajo de 8,5 al final de la operación de forma de optimizar la actividad de las enzimas utilizadas en la posterior operación de purgado. Sin embargo, es posible alcanzar niveles de pH entre 6,5 y 7, y utilizar enzimas especiales en el purgado capaces de trabajar en estos rangos de pH.

Aplicabilidad

En general, la sustitución de sales de amonio por CO_2 es parcial y de todas maneras debe ir acompañado del agregado de cantidades menores de sales de amonio para la eliminación del calcio combinado con el colágeno. Su implementación es más sencilla para pieles divididas, aunque también es utilizado en el procesamiento de pieles integrales.

Un aspecto importante que afecta la aplicabilidad de esta medida consiste en la dificultad que representa la detección de pérdidas de CO_2 en las instalaciones, por ser este un gas inodoro, lo cual se complejiza aún más si se dispone de numerosos fulones, extensas cañerías de distribución, uniones, válvulas, etc.

La disminución en el pH del baño provocada por el agregado de CO_2 ocasiona la liberación de sulfuro de hidrógeno (H_2S) dada la presencia remanente de sulfuros impregnado entre las fibras de las pieles. Por lo tanto, es necesaria la dosificación de una pequeña cantidad de peróxido de hidrógeno o bisulfitos en el baño de desencalado para oxidar los sulfuros y evitar el desprendimiento de H_2S , causante de olores molestos presentando un umbral de detección en aire de 0,0005 ppm; mientras que a concentraciones mayores a 250 ppm este gas es extremadamente tóxico e irritante. Cabe mencionar que este hecho ocurre igualmente en el proceso de desencalado convencional con sales de amonio, por lo que también es aplicable aquí el agregado de algún oxidante para mitigar la liberación de H_2S .

A nivel local la sustitución parcial de sales de amonio por CO_2 ha sido implementada en algunos casos con éxito para curtiembres de mediano y gran porte; mientras que en otros casos la misma fue implementada y luego discontinuada, para ser sustituida por el desencalado con ácidos orgánicos.

Beneficios

Mediante esta técnica se reduce significativamente el contenido de nitrógeno en el efluente descargado hacia la planta de tratamiento, debido a la sustitución de una proporción de las sales de amonio, disminuyendo a su vez los requerimientos en el tratamiento terciario de los efluentes.

Dado que el uso de las sales de amonio no se elimina completamente, la generación de olores amoniacales igualmente continúa siendo apreciable.

Los beneficios económicos asociados al proceso productivo dependen de la relación de los costos de las sales de amonio en relación al sistema de inyección de CO_2 . Por otra parte, se debe tener en cuenta que se reducen los costos en el tratamiento terciario de los efluentes.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Desenclado con CO_2	Consumo de sales de amonio	2,0 - 5,5 % respecto al peso de las pieles a pelar	25 - 70 %
	Descarga de N en efluente de desenclado	3,5 - 4,5 kg/ton de pieles a pelar	20 - 70 %

Ejemplo

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de la medida de desenclado con CO_2 , determinando los costos operativos y ahorros económicos en comparación con el proceso de desenclado convencional frente al procesamiento de 1 ton de pieles. De esta manera se determinan el agregado de productos químicos en ambos procesos según los indicadores de desempeño mencionados en esta sección, de forma de comparar los resultados obtenidos. Además, se incluyen los costos asociados al tratamiento terciario de los efluentes generados para reducir su contenido en nitrógeno.

En el desenclado convencional, el consumo de sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ se encuentra en el entorno de 5,5 % para pieles integrales y de 2 % para pieles divididas. Asumiendo que mediante el desenclado con CO_2 es posible lograr las mayores disminuciones en el consumo de sales de amonio según los rangos mencionados anteriormente, se requiere de 2,5 y 0,5 % de sulfato de amonio, según se procesen pieles integrales o divididas, respectivamente. Por su parte, el consumo de CO_2 es de aproximadamente 1,5 % para ambos tipos de pieles. A partir del consumo de los distintos productos, es posible determinar los costos operativos para ambos sistemas planteados.

En cuanto a los efluentes generados, se asume una descarga de nitrógeno para el proceso convencional de 4,5 y 3,5 kg/ton de pieles procesadas, sean estas integrales o divididas, respectivamente. Por su parte, para el desenclado con CO_2 , se supone una descarga de nitrógeno de 2,2 kg/ton para pieles integrales y de 1,8 kg/ton de pieles divididas. A partir de estas consideraciones, es posible determinar los requerimientos de aire necesarios para el tratamiento de los efluentes para cada caso particular. Para ello se asume la utilización de aireadores superficiales de flujo axial en reactores de oxidación, asumiendo que este es el costo más significativo en los sistemas de remoción de nitrógeno. Este tratamiento debería estar combinado con un sistema anóxico, de forma de lograr la nitrificación y desnitrificación necesaria para reducir los niveles de nitrógeno en el efluente.

En las siguientes tablas se indican los consumos de cada uno de los insumos necesarios en el desenclado mediante el proceso convencional o con CO_2 , diferenciando según el tipo de piel procesada.

Tabla 3. Consumos y costos operativos para sistemas planteados de pieles integrales

	Costo unitario (USD/kg)	Consumos (kg)		Costos (USD)	
		Método convencional	Desencalado con CO ₂	Método convencional	Desencalado con CO ₂
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,59	55	25	32,5	14,8
CO ₂	0,55	-	15	-	8,3
Total				32,5	23,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Consumos y costos operativos para sistemas planteados de pieles divididas

	Costo unitario (USD/kg)	Consumos (kg)		Costos (USD)	
		Método convencional	Desencalado con CO ₂	Método convencional	Desencalado con CO ₂
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,59	20	5	11,8	3,0
CO ₂	0,55	-	15	-	8,3
Total				11,8	11,3

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, mediante la implementación de la medida de desencalado con CO₂ es posible reducir los costos operativos en relación al proceso convencional hasta en un 29 % para el desencalado de pieles integrales y solo en un 4 % para pieles divididas.

Cabe aclarar que en dicho análisis de costos no están incluidos los costos fijos de instalación, como pueden ser el sistema de almacenamiento y distribución de CO₂.

Por su parte, en la siguiente tabla se muestran los requerimientos y costos asociados al tratamiento terciario de los efluentes para la remoción del nitrógeno.

Tabla 5. Requerimientos y costos asociados al tratamiento terciario de los efluentes para la remoción del nitrógeno

	Pieles integrales		Pieles divididas	
	Método convencional	Desencalado con CO ₂	Método convencional	Desencalado con CO ₂
Descarga de N (kg)	4,5	2,2	3,5	1,8
Requerimiento de O ₂ (kg)	20,7	10,1	16,1	8,3
Consumo de energía eléctrica (KWh)	17,3	8,4	13,4	6,9
Costos (USD)	1,7	0,8	1,3	0,7

Fuente: Elaboración propia.

Como indican los resultados, los costos asociados al tratamiento terciario de los efluentes del proceso de desencalado disminuyen aproximadamente el 50 % si se utiliza CO₂ en sustitución del proceso convencional con sales de amonio.

Desencalado con ácidos orgánicos y otros desencalantes alternativos

Descripción

Esta medida consiste en la sustitución de sales de amonio en el desencalado por ácidos orgánicos débiles y ésteres orgánicos como productos alternativos. Entre los más utilizados se encuentran el ácido bórico, láctico, cítrico, fórmico, acético, lactato de magnesio, lactato de metilo y mono o di formiato de dietilenglicol. Las fórmulas comerciales de estos productos se basan generalmente en una mezcla de dichas sustancias.

Estos productos presentan una elevada solubilización del calcio en la estructura de la piel, por lo que el grado de desencalado es mayor que a través de los métodos tradicionales.

Aplicabilidad

Si bien requiere de tiempos mayores, este proceso puede ser utilizado en el desencalado de pieles integrales, alcanzando niveles remanentes de calcio en la piel muy bajos dado su alto poder de penetración.

Además, se logra un mayor control del pH durante y al final del proceso, evitando el hinchamiento ácido y logrando niveles óptimos para la aplicación de las enzimas en la etapa posterior de purgado.

Como ya fue mencionado, la disminución del pH del baño provoca liberación de sulfuro de hidrógeno (H_2S), por lo que puede ser necesaria la dosificación de una pequeña cantidad de peróxido de hidrógeno o bisulfitos en el baño de desencalado para oxidar los sulfuros y evitar desprendimientos de gas sulfhídrico. No obstante, estos productos generalmente producen una disminución mayor en el pH del cuero y no tanto en el pH del propio baño, por lo que el desprendimiento de H_2S es apreciablemente menor. Además, las fórmulas comerciales en muchos casos ya traen incorporado un agente oxidante para la eliminación del H_2S , evitando así la necesidad de un agregado por separado.

Esta medida se encuentra actualmente en plena expansión a nivel local, con numerosas empresas de mediano y gran porte reconvirtiéndose a esta tecnología de desencalado libre de sales de amonio, obteniendo resultados muy satisfactorios.

Beneficios

El principal beneficio de esta medida consiste en la sustitución total de sales de amonio, logrando así un efluente de este proceso sin incorporación de aportes externos de nitrógeno. Además, esto produce una considerable reducción en la generación de olores amoniacales tanto en el proceso como en la planta de tratamiento de efluentes.

En cuanto a los costos operativos, estos pueden verse incrementados por el uso de estos productos en comparación con el desencalado convencional.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Desencalado con ácidos orgánicos débiles y otros productos alternativos	Consumo de sales de amonio	2,0 - 5,5 % respecto al peso de las pieles a pelar	100 %
	Descarga de N en efluente de desencalado	3,5 – 4,5 kgN /ton de pieles a pelar	90 – 95 %

Desencalado en etapas

Descripción

Esta medida consiste en realizar el desencalado en varias etapas, preparando un baño nuevo con productos frescos en cada etapa. De esta manera, al utilizar nuevos baños en cada etapa, la diferencia de concentraciones de calcio entre el baño y la piel se maximiza, logrando así un mayor potencial de eliminación de calcio de las pieles. Por esta razón, es posible reducir el volumen total del baño en comparación con el desencalado en una etapa.

Aplicabilidad

Esta medida puede ser aplicada a cualquier tipo de proceso de desencalado, así como para cualquier tipo de pieles procesadas.

Algunas empresas de mediano y gran porte en nuestro país han implementado esta medida, obteniendo buenos resultados.

Beneficios

A través del desencalado en etapas se logra una operación más eficiente en relación a la eliminación de calcio de la piel. Esto se traduce en un menor consumo de agua, ya que el volumen total de baño necesario se ve reducido respecto al proceso en una sola etapa. En consecuencia, también se disminuye el consumo de productos químicos.

A su vez, el producto obtenido presenta una mejor calidad, dado el menor contenido de calcio remanente en las pieles que facilita la penetración de los agentes curtientes y teñidos más homogéneos.

Por otro lado, como desventaja de esta medida se puede mencionar que dado que se requiere realizar un mayor número de cargas y descargas de los baños del fulón, el tiempo de procesamiento es generalmente mayor.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Desencalado en etapas	Consumo de sales de amonio	2,0 - 5,5 % respecto al peso de las pieles a pelar	25 %
	Consumo de agua	200 % respecto al peso de las pieles a pelar	30 %

Piquelado y curtido

Reutilización de los baños de piquelado

Descripción

Es posible reutilizar los baños del proceso de piquelado que se realiza en forma tradicional utilizando sal (NaCl), ácido fórmico y ácido sulfúrico, de forma de reducir el consumo y la descarga de sal y ácidos. Previo a su reutilización, es necesario realizar un filtrado fino para el retiro de sólidos suspendidos y la eliminación de grasas mediante trampas. Además, es necesario analizar y ajustar el contenido de sal y ácidos, así como de biocidas según el caso (almacenamiento o conservación en piquelado).

Generalmente esta medida se implementa en los casos en que el proceso de piquelado se realiza en batanes o cuando los cueros son retirados del baño sin descargar el baño. Por lo tanto, la implementación de esta medida no requiere de la instalación de equipamientos auxiliares, como son tanques para el almacenamiento del baño agotado.

Aplicabilidad

Si el proceso de piquelado tradicional con ácido sulfúrico no es adecuadamente controlado, el reciclado de los baños puede resultar en efectos negativos en la calidad de los cueros procesados, como son el hinchamiento ácido y/o hidrólisis, que pueden provocar que no se alcancen las propiedades físicas necesarias para la confección y uso de artículos de cuero. Por esta razón debe existir un control estricto sobre las condiciones de reutilización de los baños de piquelado, de forma de evitar estos efectos adversos.

Entre los parámetros a controlar en el baño de piquelado tradicional, ya sea con o sin reciclo de los baños, se encuentra la acidez, la cual puede determinarse a través del pH y debe encontrarse entre 1,5 y 2,8; el contenido de sal determinada mediante la densidad del baño que debe ser mayor a 5°Bé; y la temperatura, que debe ser menor a 18 °C.

Esta medida se aplica especialmente en el procesamiento de cueros ovinos y en empresas pequeñas de cueros bovinos, en las cuales el piquelado es realizado generalmente en batanes donde las pieles son retiradas del baño sin realizar su descarga, pudiendo este ser reutilizado.

Para curtiembres de mayor porte que procesan cueros bovinos, la mayoría de estas actualmente preparan el baño de curtido sobre el mismo baño de piquelado agotado, mediante el agregado de los agentes curtientes y otros productos necesarios. Por lo tanto, la medida descrita carece de sentido, ya que el baño de piquelado no es descartado.

Para estos casos, el baño de piquelado puede ser reutilizado cuando se desea conservar las pieles en piquelado, deteniendo el proceso y pudiendo ser incluso comercializadas en este estado.

Beneficios

Los beneficios de esta medida incluyen la reducción del consumo de agua y de productos químicos.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Reciclado de baños de piquelado	Consumo de sal	4 – 6 % respecto al peso de las pieles en tripa	60 – 65 %
	Consumo de ácidos	0,5 – 3,0 % respecto al peso de las pieles en tripa	10 - 25 %

Piquelado con ácidos orgánicos débiles

Descripción

Esta medida consiste en la sustitución en la utilización de ácido sulfúrico en el piquelado convencional, por el uso de ácidos débiles orgánicos. Entre los más utilizados se encuentran el ácido fórmico, glioxílico y pirúvico, o sus sales.

Aplicabilidad

El uso de ácidos orgánicos débiles en el piquelado puede adaptarse a cualquier proceso y tipo de cuero elaborado.

Dado los grandes beneficios que presenta la implementación de esta medida, está siendo implementada por un gran número de empresas del medio local.

Beneficios

A través de la implementación de esta medida se logra una mejor distribución del cromo en el espesor del cuero y un mayor agotamiento del baño en el proceso de curtido, pudiendo así reducir la oferta de cromo. En cuanto al cuero procesado, el uso de estos productos mejora sus propiedades físicas, como son la resistencia al rasgado y resistencia a la tracción, promoviendo también un teñido de mayor uniformidad.

Otro beneficio de esta medida se basa en la reducción de la peligrosidad de los productos utilizados. Esto conlleva a una mejora de los aspectos de seguridad de los operarios por evitar el manejo de ácido sulfúrico, siendo este un ácido fuerte, muy tóxico, altamente corrosivo y que puede formar nieblas de gran peligrosidad. A su vez, considerando que los productos sustitutivos consisten en ácidos menos agresivos, el requerimiento constructivo de los equipos e instalaciones es mucho menor, así como de su mantenimiento.

Por otro lado, dado que la dilución del ácido sulfúrico libera grandes cantidades de energía, aumentando la temperatura del baño significativamente, la sustitución por ácidos débiles evita el agregado de hielo o exceso de agua para controlar la temperatura del baño.

Además, mediante el uso de estos productos se reduce el consumo de sal en el piquelado, pudiendo alcanzar una densidad de hasta 4 °Bè.

Otra ventaja de la implementación de esta medida radica en que el uso de estos productos provoca una menor disminución de los valores finales de pH en el piquelado, pudiendo operar en un rango entre 3,0 y 3,6, por lo que se reduce el consumo de basificantes en el posterior proceso de curtido.

Optimización de los parámetros del curtido al cromo

Descripción

Esta medida consiste en mejorar la eficiencia del curtido, logrando una mayor fijación del cromo en la estructura de colágeno de la piel respecto a la oferta inicial de cromo. Esto puede ser llevado a cabo a través de la modificación de la concentración de cromo en el baño y del control de las variables del proceso. La efectividad de esta medida y las características del producto final dependen del control que se realice sobre los parámetros de curtido.

Por un lado, es posible aumentar la eficiencia de curtido mediante el aumento de la concentración de cromo utilizando un menor porcentaje de agua (oferta de cromo constante). La mayor concentración de cromo en el baño provoca un potencial entre el baño y el colágeno, logrando una mayor velocidad de reacción y penetración del cromo. Para ello, es necesario determinar la mínima cantidad posible de agua a utilizar (baños cortos), sin que esto ocasione problemas operativos y daños a las pieles ni a los fulones.

Entre las principales variables del proceso que requieren especial atención, se destaca el pH, el cual debe encontrarse en un rango entre 3.8 y 4.2 al final del curtido. Si bien la fijación del cromo se maximiza al aumentar el pH, por encima de estos valores el cromo puede precipitar como hidróxido y causar manchas en la piel. Por lo tanto, el nivel de pH debe ir aumentando a medida que la concentración de cromo en el baño disminuye, lo cual puede lograrse mediante la dosificación controlada de un agente basificante adecuado.

Por su parte, la fijación de cromo se incrementa al aumentar la temperatura, aconsejándose un rango final de temperatura en el entorno de 40 a 50 °C al final de la operación.

Por último, un mayor tiempo de curtido, bajo las condiciones adecuadas de proceso, permite una mayor fijación del cromo en la piel. En general, el tiempo óptimo de proceso se encuentra entre las 12 y 15 hs.

Mediante el ajuste de todos estos parámetros es posible lograr un agotamiento del baño de curtido entre el 80 y 90 % respecto al contenido de cromo.

Aplicabilidad

En general, estas medidas deberían ser aplicadas por todas las empresas con el objetivo de optimizar el proceso de curtido, reduciendo el consumo de sustancias químicas y mejorando las propiedades del producto final elaborado.

Todos los parámetros operativos mencionados deben ajustarse a cada proceso particular a través de pruebas y ensayos, así como el control de las características finales del cuero elaborado, hasta alcanzar una formulación óptima del proceso que logre los resultados deseados en la calidad del producto y la reducción en el uso de insumos.

Además, es de gran importancia mantener al personal encargado capacitado y entrenado para estas tareas, y concientizado respecto al agregado de las cantidades justas y necesarias de los productos químicos y agua.

Beneficios

A través de un adecuado control del curtido, además de mejorar las características del producto final, es posible reducir el consumo de sales de cromo en el curtido y la descarga de cromo en los efluentes.

Curtido de alto agotamiento

Descripción

El proceso de curtido con alto agotamiento de cromo busca alcanzar una mayor fijación del cromo en el cuero y reducir el contenido de cromo en el baño agotado. De esta manera es posible un agotamiento en un rango entre 90 y 95 % respecto al contenido de cromo en el baño.

No sólo requiere de un control estricto de las variables de proceso, sino también del uso de otros productos específicos a través de los cuales se incrementa la reactividad del cromo o modifique la estructura proteica de la piel, de forma de incrementar la fijación de cromo y aumentar el agotamiento del baño. Entre estos productos se puede mencionar el uso de agentes enmascarantes mediante el cual es posible aumentar el nivel de pH por encima de 4,2 evitando la precipitación del cromo; la adición de ácidos débiles, como el ácido glioxílico o ácidos aromáticos dicarbónicos, en el piquelado, el cual aumenta la reactividad del colágeno frente al cromo; y la utilización de sales comerciales de cromo de diferentes basicidades (sales de cromo autobasificantes).

Aplicabilidad

El proceso de curtido con alto agotamiento de cromo se utilizaba por lo general para el procesamiento de determinados tipos de cueros de menor calidad, debido a que al realizarse con baños más cortos, se genera una mayor fricción y desgaste de las pieles dentro del fulón. Sin embargo, a través de las nuevas técnicas desarrolladas, el agregado de productos anti-fricción y el estricto control de los parámetros del proceso, también es posible llevarlo a cabo para el procesamiento de cueros de alta calidad.

La aplicación de esta medida requiere el control estricto de los parámetros de operación y un sistema adecuado de medición de las variables del proceso, ya que el apartamiento de dichas condiciones puede afectar drásticamente la calidad del producto final.

Beneficios

A través del curtido de alto agotamiento es posible reducir el consumo de sales de cromo en el curtido y la descarga de cromo en los efluentes.

Además de los ahorros económicos producto de una menor utilización de sales de cromo, se reducen apreciablemente los costos en el tratamiento de los efluentes.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Curtido de alto agotamiento	Consumo de agua	0,6 – 2,0 m ³ /ton de pieles en tripa (*)	85 %
	Consumo de sales de cromo	1,0 - 1,5 % en Cr ₂ O ₃ respecto al peso de las pieles en tripa	30 %
	Descarga de Cr en efluente de curtido	5 kgCr/ton de pieles en tripa	90 - 95 %

(*) Para los valores superiores del rango indicado, se encuentran incluidos el proceso de piquelado.

Reutilización de los baños residuales del curtido al cromo

Descripción

Esta medida consiste en la recuperación de los baños de curtido para ser reutilizados en el curtido del otro lote de pieles, luego del ajuste de la concentración de cromo y otros parámetros del baño. También podrían recuperarse el primer lavado de curtido, y la corriente de re-curtido.

Para ello se requiere una primera etapa de separación de los sólidos suspendidos del baño residual, pudiendo ser realizada mediante filtros inclinados, sedimentación, flotación, etc.

Además, es necesaria la separación y eliminación de grasas del efluente que son acumuladas en el reciclo del baño, ya que los cueros curtidos con el baño reciclado pueden verse impregnados de grasa y generar olores molestos por su descomposición. El método más común para la separación del material graso es a través de decantación y el uso de trampas de grasa.

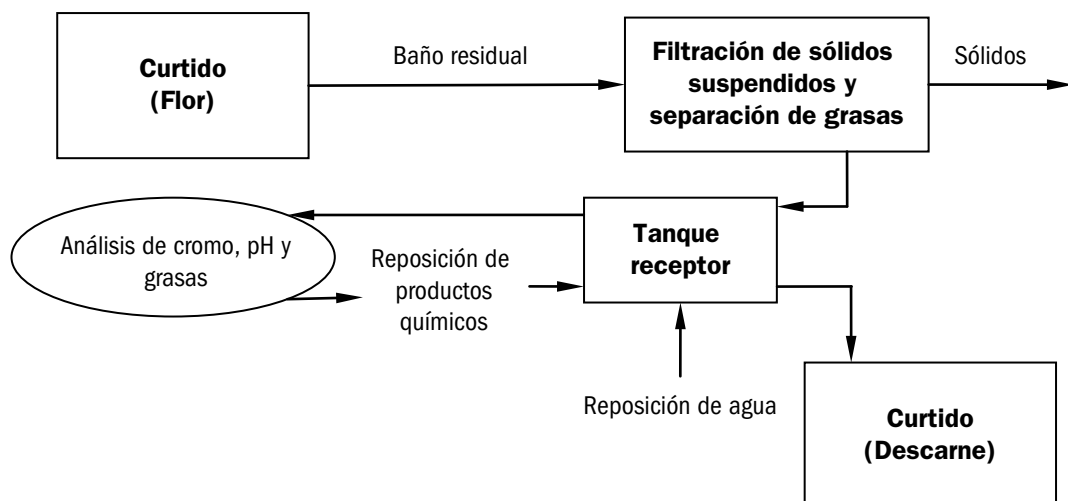


Figura 8. Esquema del diagrama de flujos de la medida de recuperación de los baños de curtido.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicabilidad

Generalmente, el reciclado de los baños de curtido se aplica para el curtido del descarne, aunque dependiendo de la calidad deseada del producto final, también pueden utilizarse para el curtido de la flor. Más allá de esto, debe mantenerse un control de la calidad del baño (grasas, pH y cromo) de forma de evitar la acumulación de impurezas que afecten el proceso y determinar la cantidad de sales de cromo y otros productos frescos a agregar para la reconstitución del baño recuperado.



Instalación para la recuperación de los baños de curtido. Foto: AUQTIC.

La posibilidad de reciclar los baños de curtido y que la asimilación del cromo se efectúe sin afectar la calidad del cuero procesado depende de la eficiencia de curtido, la técnica de reciclado utilizada, el volumen residual del baño a recuperar, la eficiencia de filtración de sólidos, y la cantidad de materia orgánica y sales acumuladas. Estos parámetros definen el número de veces que pueden ser reutilizados los baños de curtido, en caso de que la calidad del baño recuperado no sufra alteraciones de importancia, este podría reutilizarse de forma casi indefinida previo a su descarga.

La aplicación de esta medida requiere de contar con la infraestructura necesaria para el almacenamiento de los baños, su clarificación y retorno al fulón de proceso, así como la capacidad de análisis del baño recuperado para la determinación de los productos frescos a agregar para su reconstitución.

A nivel local, esta medida ha sido aplicada exitosamente por empresas de gran porte.

Beneficios

Mediante la aplicación de esta técnica es posible alcanzar una importante reducción del consumo de sales de cromo y la descarga de cromo al efluente. Además, se reduce el consumo y la descarga de sal en el efluente, así como el consumo de agua en el proceso.

Se reduce también el costo de tratamiento de las aguas residuales, ya que al eliminarse (o reducirse) las corrientes de cromo que se derivan a la planta de tratamiento, se evita (o reduce) los costos del tratamiento separativo para remoción de cromo.

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Reciclaje de baños de curtido	Consumo de agua	0,6 – 2,0 m ³ /ton de pieles en tripa (*)	50 %
	Consumo de sales de cromo	1,0 - 1,5 % en Cr ₂ O ₃ respecto al peso de las pieles en tripa	20 – 25 %
	Descarga de Cr en efluente de curtido	5 kgCr/ton de pieles en tripa	50 – 60 %

(*) Para los valores superiores del rango indicado, se encuentran incluidos el proceso de piquelado.

Recuperación de cromo a través de su precipitación y redisolución

Descripción

Este es el método más utilizado a nivel local para la recuperación de cromo, el cual consiste en su precipitación controlada en medio básico mediante el uso de hidróxido de sodio, carbonato de sodio, u óxido de magnesio. Esta puede ser acompañada de floculación con un polielectrolito para promover la obtención de cristales de hidróxido de cromo más densos, aunque de esta manera se da un mayor arrastre de impurezas que permanecen en el sólido una vez separado.

Antes de precipitar el cromo, con el objetivo de mejorar la calidad del precipitado resultante, es necesario eliminar los sólidos suspendidos que pueda contener el baño, para lo cual usualmente se utiliza un filtro inclinado o de malla. Además, es necesario eliminar el material graso sobrenadante que pueda existir proveniente de la grasa natural del cuero y de los productos engrasantes agregados al baño de curtido y que pueden afectar el proceso de precipitación.

De acuerdo a la curva de solubilidad del cromo, el pH al cual se presenta el mínimo valor de solubilidad se encuentra entre 8,0 y 8,5. El uso de hidróxido de sodio o carbonato de sodio (álcalis fuertes y muy solubles) como agentes basificantes, provocan una precipitación rápida y un lodo voluminoso, con gran cantidad de agua ocluida con impurezas. Por otra parte, el uso de óxido

de magnesio produce un lodo más denso como consecuencia de una precipitación más lenta, facilitando la decantación y la separación del lodo, pudiendo ser prescindible el uso de otros equipos de deshidratación. En cualquiera de los casos, la cantidad de agente basificante necesaria debe ser ensayada en cada caso, ya que esta depende del contenido de cromo y el pH del baño residual. La separación del sólido precipitado puede realizarse por simple decantación, filtros prensas o decantadoras centrífugas, dependiendo del agente precipitante utilizado y del grado de humedad requerido. La presencia de impurezas en el baño residual, como pueden ser grasas, proteínas, curtientes sintéticos, agentes engrasantes, y otros compuestos utilizados en la etapa de curtido, pueden dificultar la sedimentación del lodo, causando la fuga de parte del hidróxido de cromo precipitado.

Una vez separado, el sólido obtenido debe disolverse en medio ácido para su reutilización. De acuerdo a cálculos estequiométricos, se requieren 1,93 kg de ácido sulfúrico por kg de Cr_2O_3 equivalente contenido en el lodo precipitado. El proceso de disolución debe realizarse bajo condiciones controladas y lo más pronto posible luego de su precipitación, ya que los lodos se tornan menos solubles con el tiempo. Debido al considerable aumento de la temperatura durante la disolución frente al agregado de ácido, es conveniente que el ácido sulfúrico sea diluido, y contar con un sistema de refrigeración o realizar esta operación en equipos adecuados manteniendo las precauciones necesarias. Entre las precauciones a ser adoptadas, puede requerirse la instalación de un sistema de captación de los vapores ácidos generados durante la disolución y conducidos a una ventilación hacia el exterior.

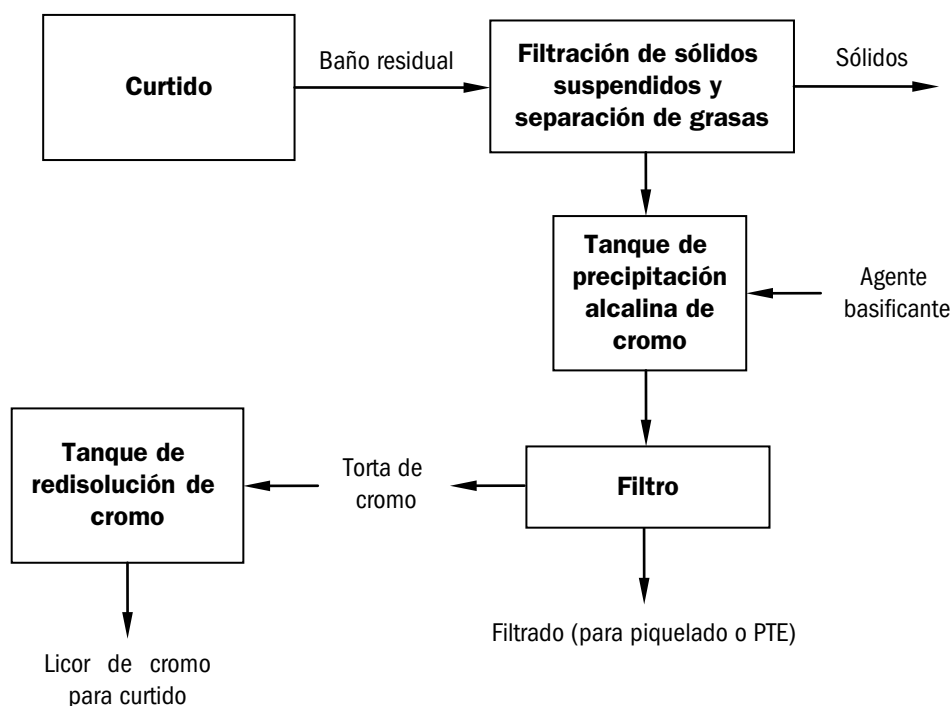


Figura 9. Esquema del diagrama de flujos de la medida de recuperación de cromo por precipitación.
Fuente: Elaboración propia.



Filtro prensa para la obtención de torta de cromo. Foto: DINAMA.

Aplicabilidad

Esta medida se encuentra ampliamente expandida a nivel local y ha sido implementada en todo tipo de curtiembre y escala de producción. Por su parte, el agente basificante para precipitación del cromo utilizado por la mayoría de las empresas que han implementado esta medida a nivel local, es la soda cáustica (hidróxido de sodio), fundamentalmente por los bajos costos y facilidad en su aplicación, en comparación con otros productos.

Además, dependiendo del método de precipitación y separación de sólidos utilizados, y del producto final elaborado, el baño reconstituido puede ser utilizado en el curtido tanto del descarte como de la flor.

Beneficios

La aplicación de esta técnica reduce el consumo de sales de cromo en el curtido y la carga de cromo en el efluente.

A diferencia de las técnicas de reutilización de los baños de curtido de forma directa, mediante el método de precipitación y redisolución del cromo es posible obtener un baño de curtido recuperado de mejor calidad en cuanto al contenido de impurezas.

Sin embargo, existe un aumento en el consumo de productos químicos (álcalis y ácidos) para el proceso de recuperación del cromo. Esto causa además, un aumento en el contenido de sólidos disueltos descargados al sistema de tratamiento (Ej: sodio, sulfato, etc.).

Indicadores

Medida de PML	Indicador base	Rango típico del indicador base	% de reducción respecto al indicador base
Recuperación de cromo por precipitación	Consumo de sales de cromo	1,0 - 1,5 % en Cr_2O_3 respecto al peso de las pieles en tripa	25 – 35 %
	Descarga de Cr en efluente de curtido	5 kgCr/ton de pieles en tripa	90 – 95 %

Reciclado de los baños de curtido vegetal con taninos

Descripción

Dado que el agotamiento de los taninos es generalmente bajo, es posible realizar el reciclado de los baños residuales de curtido vegetal.

En caso de procesamiento en piletas, el método de curtido utilizado para alcanzar mayores agotamientos es el método contracorriente, donde las pieles ingresan en los baños de menor concentración de taninos, para luego ir desplazándose en concentraciones crecientes de curtiente.

Aplicabilidad

Puede requerirse un filtrado del baño recuperado para eliminación de sólidos que se forman durante el proceso (gomas).

En general, las curtiembres que realizan curtido vegetal, reutilizan la totalidad de los baños residuales de curtido.

Beneficios

De esta manera es posible reducir el consumo de agua, así como el consumo de taninos y su descarga hacia la planta de tratamiento.

Post-curtido

Optimización de las etapas de acabado

Descripción

Las medidas en las etapas de acabado incluyen el uso eficiente de los reactivos químicos, especialmente en la etapa de recurtido. Mediante el ajuste de los parámetros del proceso, como son la temperatura, el pH y la composición del baño, es posible alcanzar mayores niveles de agotamiento, optimizando el la utilización de productos y evitando su descarga hacia la planta de tratamiento de efluentes.

Además, es necesario sustituir las sustancias peligrosas o que produzcan un mayor impacto por su utilización, por otras más amigables con el medio ambiente y la salud de los operarios. En este sentido, en los últimos años se ha dado la sustitución de productos a base de solventes orgánicos con productos a base de agua, con lo cual se reduce las emisiones al aire de contaminantes (Ej: VOCs).

En la actualidad existen técnicas de aplicación de productos que optimizan su utilización y reducen las pérdidas. Este es el caso del pintado de los cueros, proceso para el cual se han desarrollado sensores electrónicos especiales que cortan la aplicación de la pintura cuando se no encuentra el cuero, o aspersores de alto volumen y baja presión que son más precisos que los métodos tradicionales.

La tecnología de las plantas de pintar, utilizando máquinas de aplicación de pintura por rodillo (en vez de máquinas spray). puede ser una buena opción para ahorrar productos químicos y agua. No se puede utilizar para todos los procesos de aplicación de pintura, pero sí en algunos casos. Son máquinas costosas, y como todo proceso de cambio tecnológico, requiere una evaluación económica.

Por otro lado, las medidas en esta etapa incluyen el control del lijado de los cueros para reducir las emisiones de polvo, y realizar estas operaciones en ambientes separados, con sistemas de ventilación y colección de material particulado en el aire ambiente. La viruta y recortes con cromo pueden ser prensados con ligantes en la fabricación de cueros reprocesado para la confección de suelas y plantillas.

Algunas prácticas aplicables a las operaciones de acabado consisten en realizar una planificación de la producción adecuada de forma de reducir la necesidad de lavados de los equipos. Esto encuentra su aplicación principalmente en las operaciones de pintado, donde también se recomienda contar con dispensadores y cañerías individuales para cada uno de los colores que son utilizados.

Aplicabilidad

La sustitución de productos químicos por otros de menor peligrosidad depende de las características que se desean del producto final, requiriendo de estudios en cada caso para evaluar su aplicación.

Beneficios

Los principales beneficios de la aplicación de medidas PML en esta etapa consisten en el uso eficiente de los productos químicos, la minimización en la generación de efluentes y residuos sólidos, y la reducción de la contaminación atmosférica, con los consecuentes beneficios para la población circundante. A su vez, todos estos beneficios pueden verse reflejados en importantes ahorros económicos, ya sea por el menor consumo de productos químicos, como por la reducción de los costos asociados al manejo, tratamiento y disposición de residuos.

Efluentes líquidos

6

Introducción

Dado el uso intensivo de agua que poseen las curtiembres, la generación de efluentes es uno de los principales aspectos ambientales asociados a este tipo de industria. A su vez, como ya ha sido mencionado, los efluentes brutos presentan cargas contaminantes considerables características de los procesos llevados a cabo.

Marco normativo – Decreto 253/79

El Decreto 253 de mayo del 1979 y sus posteriores modificaciones definen los requisitos que deben cumplirse para el vertido de los efluentes previo a su disposición. Para ello se establecen los estándares de vertido de los diferentes contaminantes, ya sea para descarga directa a un curso de agua, al alcantarillado público o por infiltración al terreno.

Además, el Decreto dispone las autorizaciones que deben ser tramitadas ante el MVOTMA, así como los requisitos que deben cumplir los sistemas de tratamiento y vertido de efluentes de los establecimientos industriales.

Características de los efluentes líquidos

En los establecimientos de procesamiento de cueros el volumen de efluentes generados coincide aproximadamente con el total del agua utilizada en los procesos productivos. Es decir que en el global del proceso, el agua no queda incorporada en el producto sino que la misma se utiliza como agente para el transporte de los químicos y facilitador para su penetración en la estructura del cuero. Sin embargo, el caudal efectivo de efluentes vertidos depende de la operación tanto de las unidades productivas como del sistema de tratamiento empleado.

El consumo de agua se encuentra en un rango de 40 a 50 m³/ton de pieles frescas, aunque es posible alcanzar reducciones de hasta el 70 % a través de diferentes prácticas y mejoras para la optimización en el consumo.

Dadas las características del efluente, este puede ser diferenciado en cinco tipos distintos según los procesos de que provengan. Es así que se pueden separar en efluentes de remojo, de pelambre, de curtido, del resto de los procesos de ribera y curtido (desencalado, piquelado, lavados, etc.) y de terminación.

Efluentes de remojo: estos contienen restos de sangre, estiércol, grasas y otros compuestos orgánicos, así como sal y eventualmente tensoactivos y biocidas. Por tal motivo, esta corriente de efluente tiene una alta carga orgánica, sólidos suspendidos y sedimentables, grasas, cloruros y, si se utilizaron en el proceso, tensoactivos y biocidas.

Efluentes de pelambre: son fuertemente alcalinos y de coloración blanquecina, debido al contenido de cal en exceso. Además presentan grasas, pelos, y otros sólidos suspendidos, mientras que en solución contienen cantidades significativas de carga orgánica, sulfuros, sulfatos, calcio y amonio debido a la degradación de proteínas. Dependiendo de cada establecimiento, se pueden incorporar a esta corriente los efluentes de lavado.

En la tabla a continuación se presenta un rango aproximado de concentración de contaminantes, de la corriente que ingresa al pretratamiento de pelambre.

Tabla 6. Composición típica de los efluentes de pelambre

Parámetro	Rango de concentración
Potencial de hidrogeno (pH)	8,5 – 13
Sulfuro (mg/L)	400 – 2.000
Demanda biológica de oxígeno (DBO5, mg/L)	3.000 – 5.500
Demanda química de oxígeno (DQO, mg/L)	6.000 – 31.000
Aceites y grasas (mg/L)	250 – 300
Sólidos totales (mg/L)	11.000 – 27.000
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	1.500 – 3.500
Sólidos Sedimentables 1 hora (mL/L)	60 – 300

Fuente: DINAMA. Informes Ambientales de Operación (IAO).

* Procesamiento de la información presentada por las empresas ante la DINAMA.

Efluente del resto de las operaciones de ribera y curtido: corresponden a los efluentes de desencalado, piquelado y al resto de las operaciones según el caso, los cuales no reciben un tratamiento separativo específico, ingresando como efluente general al sistema de tratamiento. Estos poseen altos niveles de nitrógeno amoniacal (desencalado convencional), valores de pH muy bajos (piquelado con ácido sulfúrico) y un contenido significativo de sólidos disueltos.

Efluentes de curtido: contienen principalmente sal, ácidos minerales y orgánicos, cromo o taninos, proteínas y, en algún caso fungicidas. Son efluentes pH ácido y presentan coloración verdosa (curtido al cromo) o marrón oscura (curtido con taninos).

En la tabla a continuación se presenta un rango medio de concentración de contaminantes de la corriente que ingresa al pretratamiento de cromo.

Tabla 7. Composición típica de los efluentes de curtido

Parámetro	Rango de concentración
Potencial de hidrogeno (pH)	3.5 – 5,5
Cromo total (mg/L)	250 – 3.200
Demanda biológica de oxígeno (DBO5, mg/L)	2.800 – 4.000
Demanda química de oxígeno (DQO, mg/L)	7.000 – 13.000
Aceites y grasas (mg/L)	200 – 600
Sólidos totales (mg/L)	45.000 – 61.000
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	500 – 1.500

Fuente: DINAMA. Informes Ambientales de Operación (IAO).

* Procesamiento de la información presentada por las empresas ante la DINAMA.

Efluentes de los procesos de terminación: estas presentan cierto tenor de cromo y diversas sales provenientes de la operación de recurtido, y coloración variada debido a los colorantes utilizados en el tintado. En general, el volumen generado de estos efluentes es considerablemente menor al resto de las corrientes, así como el contenido de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos.

En la tabla a continuación se presenta un rango aproximado de concentración de contaminantes en la unidad de homogeneización, donde se unen las corrientes de pelambre luego de la desulfurización, de curtido luego de la remoción de cromo y los efluentes generales del resto de las operaciones.

Tabla 8. Composición típica de los efluentes generales homogeneizados

Parámetro	Rango de concentración
Potencial de hidrogeno (pH)	7 – 10
Sulfuro (mg/L)	10 – 130
Cromo total (mg/L)	2 –100
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅ , mg/L)	900 – 2.500
Demanda química de oxígeno (DQO, mg/L)	2.300 – 10.000
Aceites y grasas (mg/L)	200 – 1.500
Nitrógeno Kjeldahl (mg/L)	300 – 550
Nitrato (mg/L)	0.6 – 1
Fósforo total (mg/L)	3 – 25
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	1.000 – 5.000
Sólidos Sedimentables 1 hora (mL/L)	40 –150

Fuente: DINAMA. Informes Ambientales de Operación (IAO).

* Procesamiento de la información presentada por las empresas ante la DINAMA.

Tratamiento de los efluentes

Dada la naturaleza de los procesos, el tratamiento eficiente de los efluentes de una curtiembre es imprescindible realizar la segregación de las distintas corrientes generadas, permitiendo así el tratamiento preliminar en forma concentrada y específica de los contaminantes característicos de cada corriente. En particular se pueden diferenciar los efluentes de pelambre y los efluentes de curtido al cromo.

Por lo tanto, al sistema de tratamiento de efluentes ingresan tres corrientes, según se muestra en el siguiente diagrama.

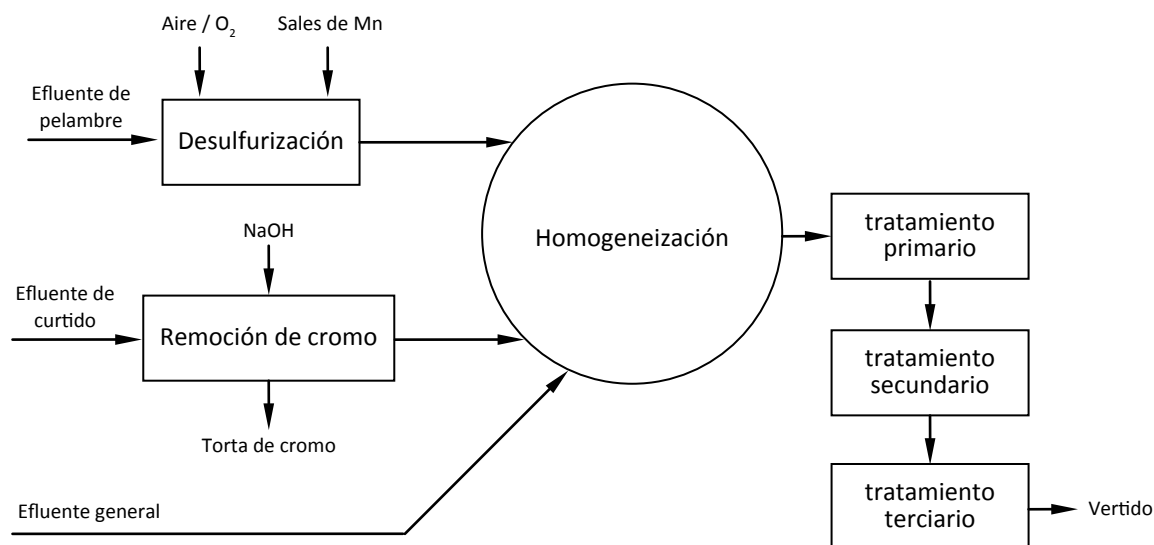
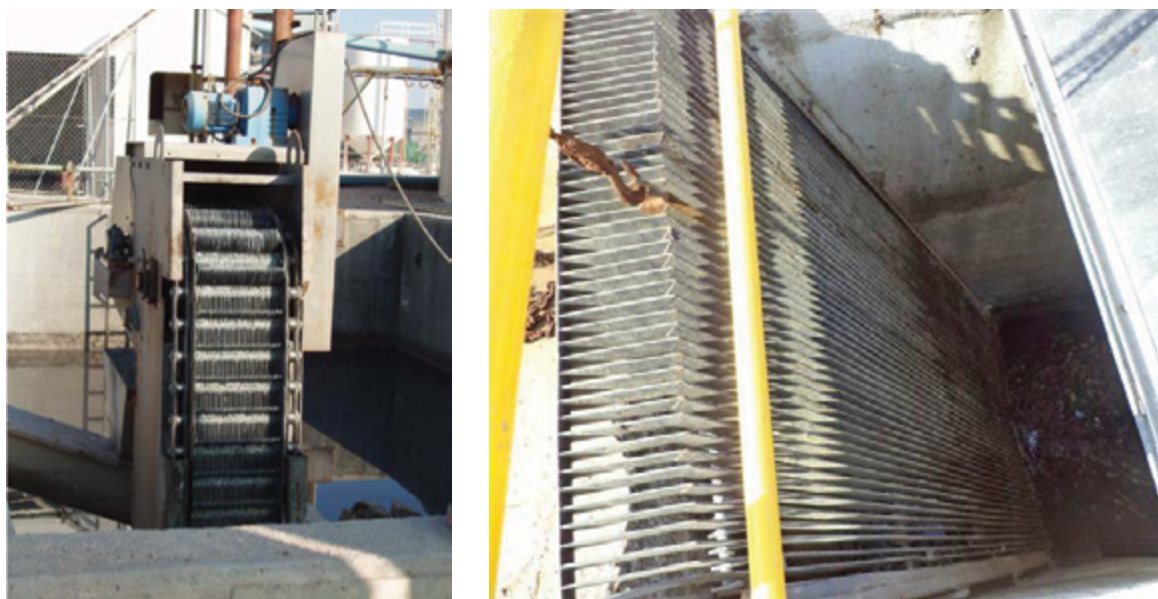


Figura 10. Diagrama de flujo general de un sistema típico de tratamiento de efluentes de una curtiembre

Fuente: Elaboración propia.

Desbaste

En primer lugar, es recomendable el uso de rejillas y tamices para la remoción del material grueso y tamices para sólidos suspendidos, cualquiera sea la corriente de efluentes generada. Estos deben instalarse lo más próximo posible a los puntos de generación, de forma de evitar obstrucciones en las vías de transporte de los efluentes. Además, es posible la instalación de sistemas de separación de material graso y jabones insolubles facilitando el tratamiento posterior. Cabe mencionar que el adecuado funcionamiento de estos sistemas de separación de sólidos requiere de la limpieza y mantenimiento en forma frecuente.



Debastador de sólidos automático y manual. Foto: AUQTIC / Proyecto FREPLATA.

Pretratamiento de la corriente procedente del pelambre

Los efluentes de pelambre recolectados deben mantenerse a un pH superior a 9 hasta que sea tratado, de forma de evitar el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno, altamente tóxico y causante de olores molestos. El pretratamiento consiste en la oxidación de los sulfuros mediante aire u oxígeno, utilizando sales de manganeso como catalizador.

Pretratamiento de la corriente de curtido

El pretratamiento realizado a los efluentes de curtido al cromo ya ha sido detallado anteriormente. Este consiste en la recuperación de cromo del baño de curtido por precipitación con un agente basificante, para ser luego reutilizado en el curtido de un nuevo lote de pieles. En caso de recuperar el baño de curtido tal cual se genera, sin efectuar la precipitación del cromo, no se realiza ningún tipo de pretratamiento de esta corriente, más allá del retiro de sólidos suspendidos.

Homogeneización de las corrientes y tratamiento primario

Luego del pretratamiento, las corrientes segregadas son homogeneizadas con el resto del efluente bruto de la planta.

Debe preverse un volumen adecuado para la unidad de homogeneización de manera de poder amortiguar las descargas puntuales propias del procesamiento en etapas. Además debe contar con agitación en toda la unidad, para evitar zonas muertas en donde sedimenten sólidos y promuevan la generación de zonas locales anaeróbicas. En algunos casos se inyecta aire a la unidad de homogeneización, de manera de mantener una buena agitación y evitar la reversión de sulfatos a sulfuros. Esto debe tener en cuenta el cerramiento de dichas unidades para evitar la emanación de olores.

Para aquellos sistemas que cuenten con tratamiento biológico de los efluentes, la unidad de homogeneización es de gran importancia para amortiguar las variaciones de pH, producto de la incorporación de las distintas corrientes de efluentes.

El tratamiento primario puede consistir en un tratamiento físico-químico mediante coagulación y floculación, seguida de la separación de sólidos por sedimentación o flotación por aire disuelto, para ser luego deshidratados mediante decantadores centrífugos, filtros prensa o lechos de secado. Mediante este tratamiento se remueve gran parte de los sólidos suspendidos, materia orgánica, grasas y eventualmente algo de cromo, si alguna corriente con dicho metal (lavados de curtido, recurtido) no se hubieran derivado al pre-tratamiento para remoción de cromo.

En teoría, un tratamiento primario adecuado, junto con eficientes pre-tratamientos para las distintas corrientes, puede lograr una depuración del efluente tal que la salida cumpla con los requisitos para ser vertido a colector. Sin embargo, en la práctica, lograr esta disminución de contaminantes solo por medio de tratamiento físico-químico requiere contar con numerosas unidades de tratamiento y llevar un control riguroso de la operación con el objeto de mantener el sistema en régimen, y prever capacidad de tratamiento suficiente para los momentos que se requiera dejar fuera de servicio algún equipo por mantenimiento.

Por tal motivo, es conveniente un tratamiento posterior para el caso que el vertido es a colector, e imprescindible cuando el vertido del efluente es a curso de agua.

Tratamiento secundario

Existen varias tecnologías de tratamientos biológicos cuya efectividad se ha demostrado para los efluentes de curtiembres. Los sistemas de lagunas pueden plantearse para establecimientos en zonas rurales o sub-urbanas, pero no es posible para las curtiembres ubicadas en zona urbana, debido a la falta de espacio. Para estos casos el tratamiento secundario debe consistir en sistemas compactos y más eficientes, como puede ser barros activados, sistemas de aireación extendida o sistemas de reacción secuencial (SBR). Estos sistemas de tratamiento implican mayor tecnología y eficiencia, pero por otra parte requiere un control estricto y personal capacitado para supervisar la operación.



Planta de tratamiento de efluentes. Foto: Proyecto FREPLATA

Tratamiento terciario

Los efluentes de curtiembre tienen alto contenido de nitrógeno, y pequeñas cantidades de fósforo (ver tabla 8); por tal motivo debe plantearse sistemas de remoción de nutrientes cuando la descarga de efluente es a curso de agua. Los sistemas de remoción de nutrientes se basan en la alternancia de zonas aeróbicas y anóxicas, que permiten los procesos de nitrificación – desnitrificación. En particular, para efluentes de curtiembre con alto contenido de sulfato y sulfuro deben preverse sistemas aeróbicos-anóxicos que provean un gradiente de nutriente, como pudiera ser los SBR o los sistemas de aireación intermitente.

Producción Más Limpia y gestión de los efluentes líquidos

Dado que el tratamiento de los efluentes consiste en sí mismo en un proceso, cada una de las etapas de este proceso, representa una oportunidad de optimización en el uso de recursos y sustancias químicas, así como la reducción de residuos y efluentes.

Optimización del consumo de agua directamente asociado a la reducción en la generación de efluentes y, en consecuencia, a una mejora en la eficiencia en la remoción de contaminantes en el sistema de tratamiento de efluentes.

La principal práctica orientada a optimizar el consumo de agua consiste en evitar los usos deficientes en las distintas operaciones. Las limpiezas de las instalaciones con agua corriente y la falta de mantenimiento de los equipos, representan muchas veces grandes desperdicios de agua. En la sección dedicada a las medidas generales de PML se indican algunas prácticas destinadas a realizar un mejor uso del agua.

Por otro lado, existen numerosas medidas aplicables que permiten reducir el consumo de agua, muchas de las cuales han sido descritas en las secciones precedentes de esta Guía. Estas se dirigen principalmente a la reformulación de los procesos y a la reutilización de los baños agotados.

Residuos sólidos

7

Introducción

Las cantidades de residuos sólidos generados dependen en gran medida del tipo de cueros procesados, del origen de las pieles y sus condiciones, así como de los procesos que son llevados a cabo. En promedio, solo en el entorno del 25 % en peso de las pieles frescas que ingresan al proceso se convierten en cueros terminados, lo que refleja un muy alto nivel de generación de desechos. Es así que las curtiembres son generadores de grandes cantidades de diversos tipos de residuos sólidos a lo largo de prácticamente todo el proceso productivo. No obstante, parte de estos materiales que no forman parte del producto final, representan subproductos que sirven de materias primas utilizadas por otras industrias.

Marco Normativo - Decreto 182/13

El 20 de Junio del 2013 fue promulgado el Decreto 182/13 “Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos Industriales y Asimilados”, que establece las disposiciones necesarias para realizar una gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos industriales y asimilados. Esta normativa constituye el marco de regulación de todos los aspectos asociados a la gestión de residuos industriales, incluyendo todo el ciclo de vida del residuo desde su generación hasta su tratamiento y disposición final.

El decreto impone la responsabilidad del generador del residuo de llevar a cabo una gestión ambientalmente adecuada, incluyendo todas las etapas desde su generación hasta su eliminación o disposición final, aunque estas sean realizadas por terceros.

Los criterios rectores se basan en la búsqueda de soluciones integrales y sustentables en el manejo de los residuos, desde un punto de vista ambiental, económico y social. En este sentido, el decreto establece una jerarquía en la gestión de residuos. En primer lugar, deben prevalecer los esfuerzos para la minimización en la generación de los mismos, lo cual implica la incorporación de mejoras tecnológicas y optimización de los procesos productivos. La gestión de los residuos efectivamente generados, debe priorizar los procesos siguiendo el orden jerárquico de prioridades: reutilización, reciclado, revalorización, tratamiento y disposición final.

A efectos del Decreto 183/13, se considera un residuo sólido a toda sustancia o material el cual se disponga o elimine, se tenga la intención de disponer o eliminar, o se esté obligado a disponer o eliminar; que se encuentren en fase sólida o semisólida, líquida o gaseosa, que por sus características no pueda ser ingresado a los sistemas tradicionales de tratamiento de emisiones.

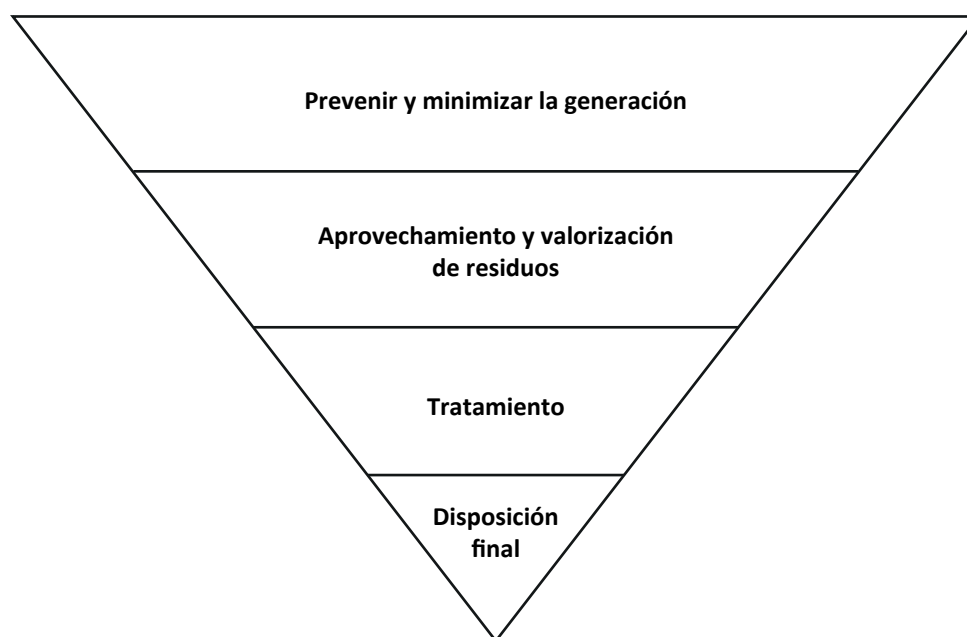


Figura 11. Orden jerárquico en el manejo de residuos sólidos.

Los residuos deben ser clasificados de acuerdo a sus características de peligrosidad. Para ello se consideran residuos Categoría I aquellos que presentan una o más características por los cuales estos sean inflamables, corrosivos, reactivos, y/o que contengan sustancias carcinogénicas, mutagénicas, tóxicos, nocivos o irritante, o que el test de lixiviado de metales y de ecotoxicidad supere los estándares establecidos; mientras que los residuos Categoría II son todos aquellos residuos que no presentan ninguna de las mencionadas características (Artículo 7, Dec. 182/13).

Con el objetivo de sistematizar la identificación de los distintos tipos de residuos sólidos, promover la segregación adecuada, y facilitar la clasificación (según Categorías I y II), la DINAMA ha desarrollado el Catálogo de Residuos Sólidos Industriales y Asimilados, el cual cuenta con una codificación para cada corriente de residuos según el tipo de actividad generadora.

Entre los aspectos de mayor importancia que establece el Decreto 182/13, se encuentra la obligación del generador de contar con un plan de gestión que incluya todos los residuos generados y todas las etapas comprendidas en su manejo. Este se basa en realizar una identificación, cuantificación y caracterización de todos los residuos generados en cada una de las operaciones que componen el proceso industrial bajo análisis como actividad generadora. El plan de gestión debe contar con el detalle de las operaciones de manejo interno, almacenamiento, transporte y todos los procesos de reciclado, tratamiento y disposición final a los que son sometidos cada uno de los residuos considerados. A su vez, este debe definir las estrategias de minimización en la generación, pautas para la segregación de los residuos, la definición de indicadores de seguimiento de las mejoras en la gestión y un plan de contingencias, así como la información sobre los servicios tercerizados en el manejo de los residuos.

Producción Más Limpia y gestión de residuos sólidos

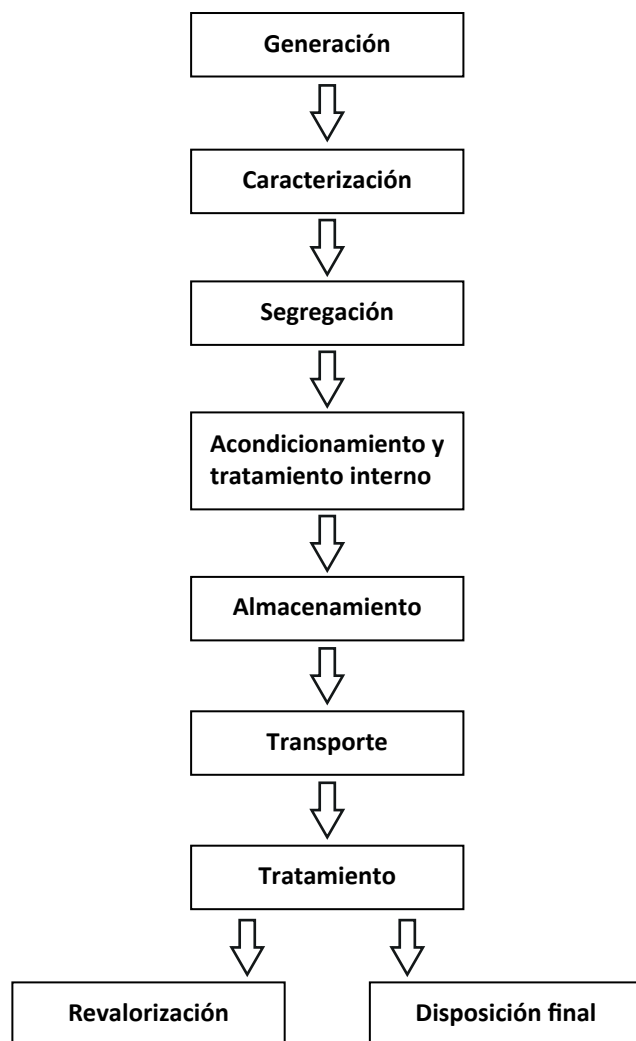


Figura 12. Etapas en el manejo de residuos sólidos. Fuente: Adaptación del Decreto 182/13.

Respecto a los residuos sólidos, la PML tiene como objetivo minimizar su generación y prevenir los riesgos que pueden ocasionarse a la salud y al medio ambiente asociados a una mala gestión. A su vez, la PML promueve las buenas prácticas de caracterización, segregación, almacenamiento, transporte, tratamiento y destino final.

Es importante resaltar que la PML busca evitar, reducir y prevenir, analizando y actuando sobre cada etapa de un proceso. Dado que la gestión de cada residuo consiste en sí mismo en un proceso, cada una de las etapas de gestión representa una oportunidad de optimización con este objeto. Para lograr identificar las oportunidades de mejora es requisito imprescindible para el generador elaborar e implementar un “sistema de gestión de residuos” adecuado.

Cabe mencionar que el Decreto 182/13 denomina Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGRS) a dicho sistema; y está alineado con las estrategias de PML, en la reafirmación de que el generador debe contar con un PGRS como requisito imprescindible para una gestión adecuada.

Para diseñar y sustentar de manera óptima un sistema de gestión, la primera acción es identificar donde, cómo y por qué se generan los residuos, poder así actuar en el proceso productivo a los efectos de evitar y minimizar la gestión de residuos. En este sentido es fundamental contar con un registro de las cantidades generadas y su composición. Además, se requiere la determinación de indicadores en base a la producción o a otros aspectos ambientales, de manera de realizar el seguimiento de las actividades e identificar oportunidades de mejora en el sistema de gestión.

Es importante también establecer prácticas adecuadas de higiene y mantenimiento de las zonas destinadas a las actividades de manejo de residuos, acompañadas del entrenamiento de los operadores. Esto permite reducir los riesgos que pueden ocasionarse a la salud y al ambiente, asociados a una mala gestión de los residuos y facilita la implementación de medidas.

Como ya fue mencionado, solo el 25 % en peso de las pieles frescas saladas que ingresan al proceso se convierten en el producto final. El restante 75 %, que no forma parte del producto final, corresponde a humedad de las pieles que se pierde en el proceso (25 %), subproductos que son comercializados a otros ramos industriales (28 %), y desechos que deben eliminarse, como residuos sólidos o efluentes (22 %). Las medidas de PML apuntan a maximizar la reutilización y reciclaje de esos residuos, de manera de lograr su revalorización y minimizar la generación de residuos que requieren disposición final. En cuanto a estos últimos, se considera conveniente que sean separados como residuos sólidos en los propios procesos de producción, evitando mezclar las distintas corrientes de residuos y aliviar la operación de la planta de tratamiento de efluentes. Por lo tanto, la minimización en la generación de residuos apunta a alcanzar las condiciones para el manejo adecuado de los residuos y a la reducción de la peligrosidad de los mismos. Además la segregación de los residuos apunta a potenciar la mejor alternativa de gestión para cada corriente de residuo, potenciando el re-uso y la valorización. Debe tenerse en cuenta que las técnicas de separación aplicadas y su eficiencia, así como su posterior manejo, condicionan las características de los residuos, en especial el contenido de humedad y la presencia de contaminantes específicos.

Dada la diversidad de los residuos generados, la segregación de cada corriente es de gran importancia a la hora de definir las alternativas de gestión. Las técnicas de separación aplicadas y su eficiencia, así como su posterior manejo, condicionan las características de los residuos, en especial el contenido de humedad y la presencia de contaminantes específicos.

El almacenamiento interno en planta y el transporte, ya sea interno o externo, debe cumplir las condiciones necesarias para evitar la liberación al ambiente de contaminantes y asegurar la salud de los trabajadores y de la población en general.

Residuos sólidos en curtiembres

La industria de procesamiento de cueros se encuentra comprendida dentro de lo dispuesto por el Decreto 182/13. Sin dudas, la generación de residuos sólidos y sus alternativas de valorización, tratamiento y disposición, es uno de los principales aspectos ambientales asociados a los establecimientos de procesamiento de cueros.

En las próximas secciones se describen las características de las distintas corrientes de residuos sólidos generados en las curtiembres y las principales alternativas de gestión para cada una. Además, se sugiere el uso de indicadores de gestión para realizar el seguimiento en el manejo de los residuos para la misma curtiembre a lo largo del tiempo y determinar la efectividad de las medidas implementadas.

En la siguiente tabla se detallan estos residuos, sus principales características para su identificación y su categorización según el catálogo de residuos.

Tabla 9. Residuos. Características para identificación y categorización.

Descripción	Nº catálogo	Proceso de generación
Sal sucia	151199	Conservación de pieles
Recortes de pieles frescas y/o saladas, falda, cabeza, garra	151101	Recortes previo al pelambre
Grasa de trinchado	151102	Trinchado en verde
Grasa de trinchado con sulfuros	151103	Trinchado posterior al pelambre
Pelos	151104	Pelambre
Recortes de cuero en tripa	151199	Recortes posterior al pelambre
Recortes y virutas de cuero curtido al cromo	151105	Recorte y rebajado de cueros curtidos al cromo
Polvillo de lijado	151105	Lijado de cuero semi-terminado o terminado
Sólidos gruesos de separación de rejas, limpieza de canaletas, etc, que no contienen cromo	151106	Tratamiento de efluentes
Barros físicoquímicos que no contienen cromo	151106	Tratamiento de efluentes
Lodos de tratamiento biológico que no contienen cromo	151106	Tratamiento de efluentes
Sólidos gruesos de separación de rejas, limpieza de canaletas, etc, que contienen cromo	151107	Tratamiento de efluentes
Barros físicoquímicos que contienen cromo	151107	Tratamiento de efluentes
Lodos de tratamiento biológico que contienen cromo	151107	Tratamiento de efluentes
Torta de cromo	151108	Tratamiento de efluentes de curtido
Grasas y sólidos separados en la redisolución de la torta de cromo	151109	Redisolución de la torta de cromo
Recortes y virutas de cuero curtidos con taninos (libre de cromo)	151110	Recorte y rebajado de cueros curtidos con taninos (libre de cromo)
Recortes de cuero semi-terminado y terminados (grandes y chicos)	151105	Clasificación y recorte
Grasa con percloroetileno	151111	Desengrase de cueros ovinos
Restos de pinturas y solventes	151112	Terminación
Envases de productos químicos	151199	

Fuente: En base a MVOTMA/DINAMA (2014) *Catálogo de residuos sólidos industriales y asimilados. Versión 1.0*

Sal sucia

Caracterización y tasa de generación

La sal utilizada en la conservación de las pieles por largos períodos de tiempo (salazón) debe ser recolectada previo al ingreso de las pieles al proceso de producción, lo cual puede ser llevado a cabo de forma manual, mediante fulones con rejillas o algún otro tipo de equipamiento. Esta se encuentra contaminada con restos de sangre, material graso, tierra, estiércol y microorganismos. La tasa de generación depende de las cantidades agregadas durante la conservación y la eficiencia con que esta es removida previo al ingreso de las pieles al proceso. El almacenamiento en planta puede realizarse en bolsas y dispuestas bajo techo.

Estrategias de minimización

Las estrategias de minimización en la generación están enfocadas a la optimización en el agregado durante la conservación, evitando un uso excesivo. Sin embargo, dado que la conservación de las pieles es de gran importancia ya que condiciona la calidad de los cueros, en general no es recomendable asumir riesgos respecto a la disminución en el agregado de sal.

Otro aspecto a tener en cuenta para reducir los requerimientos en el agregado de sal consiste en realizar los recortes y el pretrinchado previo al salado de las pieles, ya que de esta manera los saladores pueden ser más eficientes al distribuir la sal sobre las pieles sin grasa y sin apéndices inútiles.

De entre los métodos de conservación por largo tiempo, la salazón es el que se ha impuesto por su facilidad y buenos resultados. Existen otras técnicas para la conservación por períodos cortos de tiempo, aunque estas no generan residuos sólidos.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

No es conveniente que esta sal sea reutilizada en la conservación de un nuevo lote de pieles sin un proceso previo de purificación, debido a la posible presencia de bacterias halotolerantes que pueden afectar las pieles y disminuir su calidad.

Un método de recuperación de la sal para que esta pueda ser reutilizada tanto en la conservación de pieles como en el piquelado, consiste en el lavado con una solución salina saturada. Dado que se trata de una solución saturada, la sal no se disuelve, pudiendo separarse y ser reutilizada en el proceso, mientras que la solución arrastra la suciedad adherida de las partículas de sal. La solución de lavado es recirculada hasta que se alcancen niveles elevados de contaminación que exijan su evacuación.

La sal sucia recolectada puede ser reutilizada en el proceso de piquelado, aunque solo una parte del total generado ya que, dependiendo de la escala y el tipo de cueros procesados, los requerimientos de sal en el piquelado son generalmente menores.

Por otro lado, los residuos de sal sucia pueden destinarse a alimentación animal, siempre y cuando esta no contenga elementos tóxicos, como pueden ser bactericidas.

Un uso alternativo para los residuos de sal consiste en su utilización como sal fundente en el proceso de fundición de aluminio. Se desconocen ejemplos a nivel local de este tipo de aplicación para los residuos de sal sucia provenientes de la conservación de pieles y cuales pueden ser los requisitos que se deban cumplir respecto a la calidad de la sal. Por lo tanto, se requieren una mayor evaluación para su implementación.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad de residuos de sal sucia generada en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles frescas a salar kg/pieles frescas a salar
Cantidad de sal reciclada en base a las pieles procesadas	kg/pieles desalada

La interpretación de los resultados de este indicador requiere de un detenido análisis, ya que, por ejemplo, una disminución del mismo puede deberse a un menor agregado de sal en el proceso de conservación de las pieles o a una reducción en el sistema de recuperación de la sal previo al ingreso de las pieles al proceso, o a la recepción de otros tipos de pieles.

Recortes de pieles frescas

Caracterización y tasa de generación

Los recortes de pieles frescas se componen básicamente de proteínas y grasas, dado que se realiza previo al ingreso de las pieles al proceso.

La tasa de generación de recortes depende del tipo de pieles procesadas y del estado en que estas se encuentran, pudiendo variar entre el 5 y 10 % respecto a las pieles a procesar, dependiendo del origen de las pieles. A su vez, en caso de que las pieles sean recortadas y trinchadas en el frigorífico, la tasa de generación de recortes en las curtiembres puede disminuir a valores cercanos del 2 %. Si se procesan pieles secas, no es posible realizar recortes.

Estrategias de minimización

Las estrategias de minimización se basan principalmente en mejoras de las prácticas de manejo, conservación y transporte de las pieles que realizan los frigoríficos antes de su recepción por las curtiembres. El lavado y acondicionamiento de las pieles luego del faenado, la conservación en lugares frescos y limpios, y reducir los tiempos de entrega en las curtiembres, son algunas de las posibles medidas que generan que las pieles lleguen a las curtiembres en mejores condiciones.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Usualmente los recortes frescos se almacenan transitoriamente en planta en distintos tipos de contenedores para luego ser transportados a granel hacia su destino final. En algunos casos, se agrega sal e hipoclorito de sodio para evitar su descomposición, la generación de olores molestos y la atracción de moscas.

Los recortes de pieles frescas tienen amplias posibilidades de reutilización, ya que pueden ser destinados a la producción de gelatinas de uso alimenticio, en la fabricación de colas, en la industria cosmética y farmacéutica, y la fabricación de envolturas artificiales para productos alimenticios. Además, dado que se trata de un material putrescible, estos pueden utilizarse en la recuperación de proteínas para su conversión en fertilizantes.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de recortes en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles procesadas kg/pieles procesadas

Grasa de trinchado

Caracterización y tasa de generación

Como ya fue mencionado en secciones anteriores, se sugiere realizar un trinchado en verde previo al ingreso de las pieles al proceso (pretrinchado). Si bien generalmente se requiere realizar un trinchado posterior al pelambre, cuando las pieles poseen una estructura más uniforme, a través del pretrinchado es posible obtener una grasa libre de contaminantes con mayores posibilidades de aprovechamiento. Este material se compone aproximadamente de 36 % de grasa, 4 % de proteínas y 60 % de agua. Cabe mencionar que, dependiendo del tratamiento previo que se les da a las pieles, la grasa de trinchado extraída puede contener ciertas cantidades de bactericidas.

Además, la realización de un pretrinchado, reduce el consumo de agua y productos químicos en los procesos posteriores, y disminuye la generación de efluentes y su carga orgánica.

La situación ideal consistiría en que se realice un pretrinchado en los frigoríficos, ya que como se indica anteriormente, en nuestro país se encuentra prohibido el uso de estos materiales en la elaboración de productos para consumo humano si estos provienen de establecimientos de procesamiento de cueros.

La tasa de extracción de grasa mediante el pretrinchado puede alcanzar entre el 15 al 20 % respecto al peso de las pieles, aunque depende de las condiciones en que se encuentren las pieles, así como de la eficiencia y mantenimiento del equipamiento utilizado.



Grasa de trinchado. Foto: DINAMA

Estrategias de minimización

Tal como se menciona anteriormente la alternativa para reducir este residuo consiste en realizar el trinchado en frigorífico siendo esta la única alternativa para reducir su generación en las curtiembres. Una vez en las curtiembres, no existen medidas enfocadas a la minimización, ya que este se genera inevitablemente en el procesamiento de cueros. Incluso es posible decir que la generación de este residuo debe ser maximizado, debido a que de esta manera se minimiza la generación de grasa de trinchado con sulfuros.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Una vez extraída, la grasa puede ser almacenada transitoriamente en planta en volquetas para su posterior transporte hacia su destino final. Dado que se trata de un material putrescible, el tiempo de almacenamiento debe ser tal que se evite su descomposición, lo que puede provocar la generación de olores molestos y la atracción de moscas y otros vectores.

Cabe mencionar que a mayores tiempos de almacenamiento aumenta la acidez de la grasa, con lo cual se pierde su valor comercial. Esto a su vez se ve fuertemente influenciado por la temperatura, por lo que los tiempos de almacenamiento durante los meses de verano deben ser controlados más estrictamente que durante el invierno.

La práctica más habitual es el procesamiento de la grasa para la fabricación de sebo a través de su extracción de los tejidos grasos (rendering). Este proceso consiste en una primera etapa de trituración del material a procesar, para luego realizar una inyección de vapor elevando la temperatura por encima de 50 °C. La emulsión formada por la fase acuosa y el material graso fluidizado es separada, generalmente mediante una o más etapas de centrifugación.

También existe la posibilidad de su valorización energética como combustible alternativo en instalaciones que deben contar con la autorización de la DINAMA (Artículo 25, Dec. 182/13). Cabe mencionar que las alternativas de recuperación deben priorizarse incluso respecto a la valorización energética, y ésta última es factible cuando la primera ha sido descartada por motivos fundados.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de grasa de trinchado en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles procesadas kg/pieles procesadas

Grasa de trinchado con sulfuros

Caracterización y tasa de generación

Dado que el pretrinchado nunca es completo, se requiere realizar una nueva etapa de trinchado posterior al proceso de pelambre cuando la piel presenta mayor uniformidad en su superficie y espesor. La grasa así extraída contiene cal y sulfuros provenientes del pelambre, además de un pH de aproximadamente 12. El contenido de sulfuros puede encontrarse entre el 1,5 y 1,7 %, siendo la humedad del entorno del 80 a 90 %.

La tasa de generación de este residuo depende de si fue efectuado un pretrinchado y de su eficiencia. Si el pretrinchado es realizado de forma óptima, la grasa extraída en el segundo trinchado puede ser de tan solo 2 % respecto al peso de las pieles.

Estrategias de minimización

Las estrategias de minimización en la generación, están enfocados a la optimización de la etapa de pretrinchado, con el objetivo de reducir al máximo posible el residuo generado. En la actualidad no existen tecnologías a nivel nacional consolidadas para la recuperación de este tipo de residuos, por lo que se destinan a disposición final en relleno.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

El almacenamiento en planta se realiza generalmente en contenedores de menor tamaño, tapados y en algunos casos se agrega cal o bisulfito de sodio para evitar su descomposición. Dada la presencia de contaminantes, tanto el almacenamiento transitorio como el transporte deben tomarse las medidas adecuadas para evitar la liberación de contaminantes al medio ambiente. Para ello los lugares de acopio deben ser superficies impermeabilizadas y los contenedores deben estar cubiertos para evitar la dispersión de olores molestos y el ingreso de agua de lluvia, mientras que los lixiviados que pudieran escurrir deben canalizarse hacia la planta de tratamiento. A los efectos del transporte, los contenedores deben ser estancos para que no haya escurrimiento de líquidos.

Existen algunos estudios, no probados a escala industrial, que apuntan a llevar a cabo la hidrólisis de la grasa para su recuperación y eliminación de contaminantes. Este proceso puede ser llevado a través de una catálisis ácida o alcalina, o mediante el uso de enzimas específicas. Como productos de la hidrólisis se obtienen en forma separada una fase de grasa, una fase de proteínas y los componentes en fase acuosa. En caso de desarrollarse una tecnología para la recuperación de la grasa con sulfuros, dado el factor de escala, esta debería representar una solución para todo el sector, ya que implementarlo a nivel empresarial comprendería costos elevados.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de grasa de trinchado con sulfuros en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles a curtir kg/pieles a curtir
Cantidad generada de residuos de grasa de trinchado con sulfuros en base a la cantidad generada de residuos de grasa de trinchado	kg/kg de residuo
Contenido de sulfuros	mgH ₂ S/kg de residuo

Pelo

Caracterización y tasa de generación

Los residuos de pelo son generados en el proceso de pelambre de cueros bovinos, representando entre el 5 y 10 % de pelo húmedo escurrido en base al peso de las pieles frescas puestas en proceso. Una vez extraído el pelo, este es filtrado y prensado para reducir el contenido de humedad. En algunos casos, previo al prensado, el pelo es lavado o se agrega peróxido de hidrógeno para eliminar restos de sulfuro que puedan haber quedado procedentes del baño de pelambre.

Como ya ha sido mencionado, la operación más recomendable consiste en separar el pelo del baño de pelambre a medida que este se desprende de la piel o inmediatamente finalizado dicho proceso. De esta manera, es posible manejar este residuo individualmente y buscar alternativas para su tratamiento y disposición más adecuadas al tipo de residuo. En caso de realizar pelambre con destrucción total de pelo, o sea, siendo descargado con los efluentes sin que sea separado, se produce un importante aumento en la carga orgánica y nitrógeno en los efluentes, así como un aumento de la cantidad de lodos generados en la planta de tratamiento.

En cuanto a sus características, los residuos de pelo consisten en un 90 % en base seca de pelos propiamente dichos, mientras que el resto representa otros tipos de sólidos y materiales. Estos poseen un contenido de nitrógeno de aproximadamente el 12 % en base seca. De acuerdo a las técnicas de separación generalmente utilizadas para la recuperación del pelo, la humedad resultante se encuentra entre 60 y 70 %, y un pH entre 11 y 12. Si bien estos carecen de metales pesados, el contenido de cal pueda alcanzar el 4 % en base seca y los sulfuros entre el 0,1 y 0,2 % en base seca.

Estrategias de minimización

No existen medidas enfocadas a la minimización de este residuo, dado que este se genera inevitablemente en el procesamiento de cueros. Incluso es posible decir que la generación de este residuo debe ser maximizado, ya que, tal como se explicó anteriormente, removiendo la mayor cantidad de pelos se minimizan las cargas de materia orgánica y nutrientes que se derivan a la Planta de Tratamiento de Efluentes.

No obstante, en caso que posteriormente se realice compostaje u otro tipo de tratamiento biológico, puede incluso ser conveniente que el pelo sea parcialmente degradado mediante un mayor tiempo de contacto con el baño de pelambre, ya que de esta manera se favorece la degradación microbiológica. Sin embargo, es necesario tener presente que de esta manera se dificultan los procesos de filtrado y separación, por presentar un aspecto similar a un lodo.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

En general, los residuos de pelo son recolectados en volquetas, las cuales son utilizadas para el transporte. En la actualidad, dado que no existen alternativas adecuadas para la gestión de los residuos de pelo, estos son destinados a disposición final en relleno.

Una alternativa de tratamiento para el pelo consiste en el compostaje, a partir del cual se genera un producto estabilizado que puede ser utilizado como mejorador de suelo. Sin embargo, dado que el pelo posee una relación C/N muy baja, en el entorno de 2, es necesario realizar una mezcla con otros tipos de residuos de mayor proporción de carbono para que el tratamiento pueda realizarse en forma adecuada, que se complete su estabilización y evite la generación de olores molestos. Para ello, pueden ser utilizados residuos de poda, pasto, aserrín, etc., realizando una mezcla en las proporciones adecuadas hasta alcanzar una relación C/N entre 15 y 25, la cual se considera óptima para iniciar el tratamiento.

Un aspecto importante a tener en cuenta, es la generación de lixiviados desde las pilas de compostaje, ya que estos pueden presentar grandes cantidades de nitrógeno y materia orgánica. Por lo tanto, los lixiviados deben ser recolectados y conducidos a un sistema de tratamiento para reducir la carga contaminante.

La factibilidad de esta alternativa de tratamiento se basa principalmente en las escalas de producción, por lo cual la misma debería consistir en una solución integral en la que participe parte del sector y tenga asociado otro sector que abastezca de forma sostenible residuos de alto contenido de carbono.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de pelo en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles procesadas en pelambre kg/pieles procesadas en pelambre
Contenido de sulfuros	mgH ₂ S/kg de residuo

De acuerdo a lo mencionado respecto a la conveniencia de recuperar el pelo en el proceso y no dejar que este se termine degradando en el baño de pelambre, el indicador relativo a la cantidad generada de residuos de pelo debería tender a maximizarse.

Recortes y virutas de cuero curtido al cromo

Caracterización y tasa de generación

Los recortes son generados luego del curtido para eliminar imperfecciones presentes en el cuero, mientras que las virutas proceden del proceso de rebajado como una regulación mecánica del espesor del cuero. La tasa de generación de recortes se encuentra entre el 2 y 3 % respecto al peso de wet-blue rebajado; mientras que la tasa de generación de virutas es del orden del 15 al 20 % respecto al peso de wet-blue dividido, dependiendo del espesor final que se desee dar al cuero, y de la eficiencia y regularidad de las operaciones de dividido. El contenido de cromo puede variar entre 2 y 4 % en base seca, mientras que el test de lixiviado puede arrojar resultados de hasta 250 ppm de cromo total.



Viruta de cuero curtido con cromo. Foto: DINAMA.

Estrategías de minimización

Como técnica de minimización de residuos de recortes curtidos, se recomienda la realización de una etapa de recortes previa al proceso de curtido. En cuanto a las virutas, dado que este residuo se genera en operaciones de terminación del cuero que necesariamente deben realizarse para conferirle al cuero uniformidad en su espesor y eliminación de imperfecciones, las medidas existentes para la minimización en la generación son muy limitadas, más allá de la optimización y control de las operaciones de dividido y rebajado.

Una posibilidad de reducir la generación de virutas con cromo consiste en realizar el dividido en wet-blue, debido a que el dividido en tripa es más imperfecto, requiriendo de un mayor proceso de rebajado con el fin de uniformizar el espesor del cuero. De esta manera, es posible realizar un ajuste más fino en la operación de rebajado, lo que disminuye la generación de viruta.

Esta medida se contrapone con lo mencionado en secciones anteriores respecto a realizar el curtido de las pieles previamente divididas, ya que de esta manera es posible reducir la oferta de cromo y el consumo de sales. Por lo tanto, la implementación de esta medida requiere de un balance técnico-económico para evaluar cada caso particular.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Una vez generados, estos residuos son recolectados y deberían ser compactados mediante prensas para reducir el volumen y facilitar la manipulación, almacenándose usualmente en volquetas o fardos bajo techo. Es importante resaltar que un almacenamiento inadecuado a la intemperie y sin un sistema de contención, puede liberar lixiviados al ambiente con alto contenido de cromo.

La viruta de cueros curtidos con cromo puede ser utilizada en la fabricación de cuero reconstituido para la confección de artículos como plantillas y tableros de cuero, a través del prensado junto a un agente ligante. Este proceso consiste en una primera molienda y tamizado de la viruta, realizando

luego una mezcla con agua y resinas acrílicas aglomerantes. La pasta resultante de cuero recuperado es enviada a una máquina formadora de placas, que luego son prensadas y secadas. Dependiendo de los productos que se deseen elaborar, es posible que se requiera del agregado de aceites, colorantes u otros tipos de materiales, que le confieran propiedades específicas a las placas de cuero reconstituido. Existen estudios indicando aplicaciones potenciales de dichas placas de cuero reconstituido en obras civiles como aislantes térmicos y acústicos. Un aspecto importante en la evaluación de la viabilidad de la implementación de esta medida es la existencia de mercado para los productos elaborados a partir de cuero reconstituido.

Una técnica emergente para el tratamiento de las virutas de cuero con cromo consiste en la hidrólisis, a partir de la cual se obtiene un hidrolizado de colágeno que puede ser utilizado en distintos procesos industriales, como son la cosmética, la fabricación de plásticos y polímeros, fabricación de detergentes, etc., y una torta de cromo que puede reutilizarse en el curtido de pieles. Si bien existen diversas técnicas para llevar a cabo la hidrólisis de la viruta, uno de los métodos con mayor proyección debido a la calidad del hidrolizado alcanzado, corresponde a la hidrólisis enzimática en medio alcalino. En una primera etapa se produce la desnaturalización de la estructura fibrosa del colágeno por acción del álcali, mientras que en la segunda etapa se lleva a cabo la degradación enzimática de las proteínas, produciendo a su vez la liberación del cromo ligado. De esta manera, es posible recuperar por encima del 90 % del cromo presente en la viruta. No existen experiencias a nivel local de la implementación de esta metodología, por lo que su implementación requiere de un proceso de estudio e investigación.

Una tecnología que se encuentra en estudio, con algunas experiencias a nivel internacional y local, consiste en la revalorización energética de estos residuos. El contenido de cromo en los residuos impide su incineración directa, debido al potencial pasaje del cromo (III) a cromo (VI) y su liberación en los gases de combustión, cuya peligrosidad ha sido probada por ser altamente carcinogénico. Dado que la oxidación del cromo a su estado de valencia +6, solo se da en condiciones altamente oxidantes, el aprovechamiento energético debe ser realizado mediante procesos de gasificación o pirólisis en condiciones reductoras y ausencia de oxígeno. Bajo estas condiciones, es posible incluso la recuperación de cromo de las cenizas, en un proceso de disolución y purificación. Dado los riesgos potenciales que implica la emisión de cromo (VI), la implementación de estas técnicas requiere de estrictos sistemas control de los parámetros del proceso, sistemas de tratamiento de las emisiones y el monitoreo de los contaminantes emitidos. La implementación de esta medida requiere de la autorización de la DINAMA (Artículo 25, Dec. 182/13). En nuestro país existen solo algunos estudios realizados en forma aislada y que por el momento no han prosperado.

En este sentido, cabe aclarar que actualmente está prohibida la utilización de estos residuos en la fabricación de ladrillos u otros materiales considerando la naturaleza artesanal de este tipo de actividades y de los hornos que se utilizan en estos procesos. Tal como se mencionó anteriormente, las condiciones que se dan en estos hornos pueden promover el pasaje de cromo (III) a cromo (VI). La posibilidad de implementación de esta técnica de aprovechamiento de la viruta de cromo requiere de una mayor investigación con el fin de desarrollar una tecnología segura y sostenible desde el punto de vista ambiental.

Debido a que estos residuos son resistentes a la degradación, propiedad conferida en el curtido, estos no pueden ser destinados a procesos de tratamiento biológico para su estabilización o aprovechamiento de la materia orgánica.

Cualquiera de las tecnologías de revalorización de este tipo de residuos implicaría altos costos de inversión, por lo que las escalas de producción deberían ser lo suficientemente grandes como para que estas técnicas sean viables. Por lo tanto, la implementación de alguna de ellas debería ser evaluada de forma sectorial.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de recortes con cromo en base a los cueros curtidados	kg/ton cueros curtidados kg/cueros curtidados
Cantidad generada de residuos de virutas con cromo en base a los cueros curtidados	kg/ton cueros curtidados kg/cueros curtidados

Recortes y virutas de cuero curtido con taninos

Caracterización y tasa de generación

Al igual que en el curtido al cromo, los recortes y virutas se generan en las operaciones de eliminación de imperfecciones en el cuero curtido y en la regulación del espesor.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Cuando se realiza curtido vegetal, dado que los residuos de recortes y virutas son libres de cromo, estos deben ser manejados por separado para evitar su contaminación y pueden ser revalorizados mediante la fabricación de gelatinas y otros productos, o utilizados como fertilizantes y mejoradores de suelo.

Además, al no contener cromo, estos pueden ser destinados a valorización energética en instalaciones que deben contar con la autorización de la DINAMA (Artículo 25, Dec. 182/13).

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de recortes libres de cromo en base a los cueros curtidados	kg/ton cueros curtidados kg/cueros curtidados
Cantidad generada de residuos de virutas libres de cromo en base a los cueros curtidados	kg/ton cueros curtidados kg/cueros curtidados

Tortas de cromo

Caracterización y tasa de generación

Como ya ha sido mencionado, los lodos o tortas de cromo son generados en los sistemas de tratamiento de los efluentes provenientes del proceso de curtido por precipitación del cromo en medio básico, de forma de posibilitar su reutilización en el curtido de un nuevo lote de pieles mediante redisolución. Estos se componen de hidróxido de cromo, pudiendo presentar distintos niveles de materiales grasos, materia orgánica, pelusas y restos de otros contaminantes, dependiendo de cómo se realiza la precipitación y de las operaciones previas de clarificación del efluente. La tasa de generación de estos residuos depende de las condiciones de curtido y del agotamiento del baño alcanzado.

Una vez precipitado, el sólido puede ser separado y deshidratado, mediante la utilización de filtros prensas, tornillos o decantadores centrífugos, pudiendo alcanzar una humedad entre 60 y 70 %, y un contenido de cromo de aproximadamente 10 % expresado como Cr_2O_3 en el licor resultante luego de su redisolución. En caso de que el sólido precipitado sea separado por simple separación, el contenido de cromo alcanzado en el licor es menor.



Torta de cromo. Foto: DINAMA

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

El almacenamiento transitorio en planta debe realizarse bajo techo y en piso impermeabilizado, en bolsones u otros tipos de contenedores cerrados.

Dado que este residuo puede ser considerado como un insumo para el propio proceso de curtido, no se admite otra alternativa de tratamiento o disposición que ser reprocesado por disolución en medio ácido, ya sea de forma interna o por terceros, para su reutilización. Cabe mencionar que la redisolución no debe realizarse pasado un tiempo excesivamente prolongado luego de la precipitación, ya que las impurezas de materia orgánica del sólido hacen que disminuya su solubilidad con el tiempo.

A su vez, la torta de cromo puede contener otro tipo de residuos que no son solubles, los cuales deben ser separados luego del proceso de redisolución. Estos residuos separados deben estar abarcados dentro del sistema de gestión de residuos, es decir, deben ser caracterizados, cuantificados, manejados de forma adecuada y contar con un destino final apropiado de acuerdo a sus características.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de tortas de cromo en base a los cueros curtidos	kg/ton cueros curtidos kg/cueros curtidos
Concentración de cromo en el licor reconstituido luego de la redisolución de la torta de cromo	%

Grasa con percloroetileno

Caracterización y tasa de generación

El percloroetileno es un solvente utilizado en el desengrase de cueros ovinos, luego del cual este es destilado en un circuito cerrado y reutilizado en el proceso, permaneciendo un residuo de grasa con ciertas cantidades de percloroetileno. Además, dado que el desengrase se realiza posterior al curtido, el residuo de grasa con percloroetileno también posee cromo. La tasa de generación de este residuo se encuentra aproximadamente entre 2,5 y 4,2 kg/ton de pieles.

Estrategias de minimización

Las estrategias de minimización apuntan al ajuste y control de las condiciones de destilación, procurando optimizar la recuperación del percloroetileno para su reutilización en el proceso de desengrase.

Por otro lado, es posible minimizar el contenido de cromo en los residuos de grasa con percloroetileno si se realiza un primer desengrase previo al curtido. Sin embargo, esta alternativa requiere de ensayos, ya que depende del producto final que se desee elaborar.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Debido a la elevada peligrosidad del percloroetileno, tanto para el medio ambiente como para la salud de los trabajadores y la población en general, las prácticas de manejo del residuo de grasa con percloroetileno requiere de los más estrictos controles de forma de evitar derrames y fugas de vapores. Este debe ser recolectado en tarrinas metálicas cerradas y adecuadamente identificadas. Las zonas de almacenamiento deben estar señalizadas, contar con una adecuada ventilación, permitir la correcta circulación de los operarios y contar con pisos estancos e impermeabilizados no conectados con la red de drenaje.

En la actualidad no existen alternativas para el tratamiento o disposición final de este residuo, por lo que este debe permanecer almacenado en planta bajo las condiciones mencionadas. Sin embargo, de acuerdo a la normativa actual (Decreto 182/13), a priori no se permite el almacenamiento de residuos por más de un año. Han habido experiencias exitosas a nivel local de exportación de este residuo; pero debe tenerse en cuenta el alto costo económico, y que se requiere contar con un stock para el lote de exportación.

Dado que el percloroetileno es un compuesto organoclorado, las técnicas de tratamiento térmico requieren de condiciones estrictamente controladas, debido a la elevada probabilidad de generación de dioxinas y furanos durante la combustión.

También existen experiencias que apuntan a la separación del percloroetileno mediante destilación a vacío con vapor vivo, separando el agua y el percloroetileno por diferencia de densidad. Dado que parte del cromo permanece en la fase acuosa, esta puede ser devuelta a las curtiembres para su reutilización en el proceso de curtido. A su vez, la grasa destilada, la cual posee aproximadamente unas 1.900 ppm de cromo, puede ser tratada con ácido sulfúrico y sales amoniacales para la eliminación de cromo, tras lo cual la grasa obtiene valor de mercado y puede ser comercializada.

Otra posibilidad radica en la sustitución del percloroetileno como agente desengrasante por otros productos de menor peligrosidad, aunque los productos desarrollados hasta el momento no han sido satisfactorios desde un punto de vista económico.

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de residuos de grasa con percloroetileno en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles procesadas kg/pieles procesadas
Contenido de percloroetileno en el residuo	%
Contenido de cromo en el residuo	mg/kg

Lodos de la planta de tratamiento de efluentes

Caracterización y tasa de generación

Los lodos de tratamiento son generados en las distintas unidades de la planta de tratamiento de efluentes, existiendo dos tipos distintos según como estos sean generados. En primer lugar se encuentran los lodos primarios generados a través de procesos fisicoquímicos de separación de sólidos suspendidos de los efluentes. Estos se componen principalmente de materia orgánica suspendida, materiales grasos, materiales inertes presentes en las pieles frescas, etc., y son separados mediante filtros u otro tipo de unidades de clarificación del efluente. Por otro lado, se encuentran los lodos secundarios producto del tratamiento biológico de los efluentes, ya sea de forma aerobia como anaerobia. Estos consisten en la biomasa producto de la degradación de la materia orgánica en los efluentes, la cual se extrae de las unidades de tratamiento mediante purgas o limpiezas periódicas.

La cantidad y características de los residuos generados dependen de las unidades que componen el sistema de tratamiento y su eficiencia, así como de las medidas aplicadas en los procesos productivos y las exigencias respecto al vertido de efluentes.

Los lodos generados deben ser deshidratados mediante el uso de centrifugas, filtros prensa, lechos de secado, etc., luego de lo cual es posible alcanzar un nivel más alto que 30 % de sólidos. Estos pueden ser almacenados transitoriamente en volquetas tapadas para su posterior transporte hacia su destino final. Si el tiempo de estadía de los lodos en planta es demasiado prolongado, puede ser necesario el agregado de cal de forma de evitar la generación de olores molestos y la atracción de moscas u otros vectores.



Decantadores centrífugos para deshidratación de sólidos. Foto: Proyecto FREPLATA.



Lodos deshidratados de la planta de tratamiento de efluentes. Foto: DINAMA.

Estrategias de minimización

Las técnicas de minimización apuntan a optimizar las operaciones de separación de residuos sólidos durante el proceso. De esta manera, no solo se facilita su revalorización, sino que disminuyen los costos de operación en la planta de tratamiento de efluentes.

Medidas de PML en el manejo, tratamiento y disposición de los residuos

Si bien en la actualidad la alternativa de gestión más empleada es la disposición en rellenos, las perspectivas a futuro pueden tornarse con mayores restricciones, ya que según establece el Dec 182/13, los residuos categoría I no pueden ingresar a rellenos sanitarios.

En cuanto a las técnicas de tratamiento y disposición de los lodos de tratamiento, si los niveles de cromo y otros contaminantes son adecuados, estos pueden ser destinados a compostaje o digestión anaerobia, especialmente los lodos generados en el tratamiento secundario de los efluentes. Para ello puede requerirse la mezcla con otros tipos de residuos para mejorar la degradación biológica de los lodos. De esta manera es posible obtener un sólido estabilizado que puede ser utilizado como mejorador de suelos.

Si bien aún es una tecnología poco estudiada para el tratamiento de este tipo de residuos, requiriendo de estudios en mayor profundidad, el tratamiento anaerobio puede ser un método atractivo para la estabilización de residuos de alto contenido orgánico, siendo a su vez energéticamente favorable debido a la producción de biogás con alto contenido de metano.

Para poder utilizar los lodos de tratamiento como mejoradores de suelo, estos deben ser de Categoría II, estar estabilizados y cumplir ciertas condiciones en proceso de definición por parte de la DINAMA respecto al contenido de materia orgánica, nutrientes, presencia de patógenos, tasas de aplicación y contenido de otros contaminantes. Esta alternativa podría ser precedida de tratamiento anaerobio o compostaje.

En principio, las alternativas de incineración de los lodos de tratamiento y su recuperación energética, es una posibilidad que debería ser evaluada desde un punto de vista técnico y económico. El elevado contenido de humedad de estos residuos requiere que estos sean previamente secados para asegurar una temperatura suficiente en el hogar para la degradación de los compuestos presentes y una combustión sostenible. Además, debido a la posible presencia de contaminantes en los lodos, se requiere un sistema estricto de control de las emisiones gaseosas. No existen experiencias locales para el aprovechamiento energético de estos residuos, por lo que se debería impulsar la investigación en este sentido y su análisis de factibilidad. La implementación de esta medida requiere de la autorización de la DINAMA (artículo 25, Dec 182/13)

Indicadores

Indicadores de seguimiento	Unidades
Cantidad generada de lodos de la planta de tratamiento en base a las pieles procesadas	kg/ton pieles procesadas kg/pieles procesadas
Contenido de cromo	mg/kg

Bibliografía

- Aloy, M., (1991). Centre Technique de Cuir, Lyon. La industria del cuero y el medio ambiente. Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Traducción Ing. Manuel J. Bello. Uruguay.
- Cantera, C.S., (1980). Efluentes de Curtiembre. Reutilización de Licores de Pelambre. Centro de Investigación de Tecnología del Cuero (CITEC). Argentina.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS), (2003). Guía técnica de producción más limpia para curtiembres. Cámara Nacional de Industrias. Bolivia.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS), (2005). Guía técnica general de producción más limpia. Cámara Nacional de Industrias. Bolivia.
- Centro Nacional de Producción Más Limpia. (2004) Manual ambiental sectorial. Proyecto de gestión ambiental en la industria de curtiembre de Colombia. Colombia.
- Centro Nacional de Tecnologías Limpas (CNTL/SENAI-RS), (2003a). Estado da arte tecnológico em processamento do couro: revisão bibliográfica no âmbito internacional. Porto Alegre, Brasil.
- Centro Nacional de Tecnologías Limpas (CNTL/SENAI-RS), (2003b). Produção mais limpa no processamento do couro vacum. Brasil.
- Collivignarelli, C. y Barducci, G., (1984). Waste recovery from the tannery industry. Waste Management & Research, vol. 2, nº 3, págs. 265-278.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), (2005). Curtumes. Series P+L. . Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. Brasil.
- Cristobal, S. (s/f.). Proyecto industria del cuero en el Uruguay (resumen). Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Montevideo.
- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, (2003). Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de curtidos. Ministerio de Medio Ambiente. España.
- European Commission, (2003). Integrated pollution prevention and control. Reference document on best Available techniques for the tanning of hides and skins. European IPPC Bureau.
- European Commission, (2011). Industrial emissions directive. Draft reference document on best available techniques for the tanning of hides and skins. Draft 2. European IPPC Bureau.
- Ghislieri, D., (2000). Las tecnologías limpias aplicadas a las curtiembres. Ambios, año 1, nº 2, págs. 14-17.
- LATU - Ministerio de Industria y Energía. (1982). El desengrase en seco de cueros ovinos con lana. Uruguay.
- Programa Federal de Producción Más Limpia, (2011). Guía de Producción Más Limpia para la Industria Curtidora. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Argentina.
- Suárez, R., Fernández, J.F. y Rincones, M.E., (2008). Recuperación del cromo proveniente del curtido de pieles. Ingeniería Química, cuarta época, nº 33, págs. 37-40. Asociación de Ingenieros Químicos del Uruguay.
- Trelles, G. y Rossi, G., (1997). Minimización de residuos industriales: metodología para el caso de las curtiembres. Ingeniería Química, tercera época, nº 12, págs. 27-38. Asociación de Ingenieros Químicos del Uruguay.
- United Nations Environment Programme, (1991). Guidance for treating, storing and disposing of tannery waste. Draft.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), (1991). Typical tannery effluent and residual sludge treatment. India.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), (1993). Introduction of cleaner leather production methods - Prospect and constraints. Kenya.
- US EPA, (1986). Guidance manual for leather tanning and finishing pretreatment standards. Industrial Technology Division.

Glosario

Ácido fórmico	HCOOH, ácido débil, utilizado en el piquelado.
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄ , ácido fuerte, utilizado en el piquelado y en tratamiento de efluentes.
Aminas	Compuestos orgánicos nitrogenados, utilizado en el pelambre.
Amoníaco	NH ₃ , gas incoloro, irritante, corrosivo y de olor penetrante, que se forma en la degradación proteica en el pelambre o a partir de sales de amonio en el desencalado.
Cal apagada	Hidróxido de calcio, Ca(OH) ₂ , utilizado en el pelambre.
Compuestos Orgánicos Volátiles	COV, término que agrupa todos los compuestos orgánicos gaseosos a temperatura ambiente.
Cromo	Cr, metal pesado que puede encontrarse bajo distintos estados de oxidación, utilizado en el curtido en forma de sales de sulfato de cromo (III), Cr(OH)SO ₄ .
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅ , cantidad de oxígeno necesaria para oxidar, durante 5 días a 20 °C, la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de efluente por los microorganismos del medio.
Demanda Química de Oxígeno	Cantidad de oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica presente en una muestra de efluente, que puede ser oxidada por un reactivo químico fuertemente oxidante.
Dosis Letal media	LD ₅₀ , cantidad de una sustancia que mata al 50 % de la población animal objeto de un ensayo.
Enzimas	Compuestos de naturaleza proteica que catalizan reacciones bioquímicas, utilizadas en el pelambre.
Ligantes	Sustancias derivadas del ácido acrílico utilizadas para unir cadenas moleculares.
Nitrógeno total	N _t , cantidad de nitrógeno contenida en una muestra de efluente.
Óxido de cromo	Cr ₂ O ₃ , sustancia química normalmente utilizada para expresar la oferta de cromo.
Sal común	Cloruro de sodio, NaCl, utilizado en la preservación de las pieles y en el piquelado.
Sólidos Suspendidos	Cantidad de sólidos no disueltos presentes en una muestra de efluente.
Sólidos Disueltos	Cantidad de sólidos disueltos presentes en una muestra de efluentes.
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄ , reactivo utilizado en el desencalado.
Sulfhidrato de sodio	NaHS, reactivo utilizado en el pelambre.
Sulfuro	S ²⁻ , ión de carácter fuertemente básico formado por disociación de las sales de sulfuros.
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S, gas tóxico y de fuerte olor a huevos podridos.
Sulfuro de sodio	Na ₂ S, reactivo utilizado en el pelambre.
Taninos	Reactivos de origen vegetal utilizados en el curtido.

Términos usados en curtiembres

Colágeno	Sustancia proteica fibrilar de la piel, que se transforma en cuero luego del curtido.
Cuero integral	Cuero entero no dividido.
Cuero semi-terminado	Cuero que ha sido secado, luego del curtido, recurtido y teñido, sin ningún otro proceso de terminación.
Cuero terminado	Cuero que ha sido sometido a todos los procesos que le otorgan color, brillo y otras propiedades específicas de acuerdo al producto final que se desea elaborar obtener.
Cuero wet-blue	Piel curtida con cromo, todavía en estado húmedo y de coloración azul, previa a las operaciones de post-curtido y terminación.
Cuero wet-white	Piel curtida con agentes curtientes libres de cromo, todavía en estado húmedo, previa a las operaciones de post-curtido y terminación.
Curtido	Proceso de transformación de la piel en cuero, en el que el agente curtiente (cromo, taninos) reacciona con el colágeno de la piel, otorgándole consistencia y evitando su descomposición.
Descarnado	Operación mecánica que separa el colágeno del tejido conectivo, grasa y carne subcutáneos de la piel. El predescarnado o descarnado en verde se denomina al descarnado que se realiza previo al pelambre.
Descarne	Capa interna de la piel resultante del dividido.
Desencalado	Operación por la cual se elimina la cal de la piel encalada, mediante adición de sulfato de amonio.
Desengrasado	Operación de remoción de grasas de la piel mediante la utilización de detergentes o solventes.
Dividido	Operación de separación de capas de la piel.
Engrasado	Operación en la que se añaden grasas naturales o sintéticas para darle mayor suavidad al cuero.
Flor	Capa externa de la piel resultante del dividido.
Fulón	Recipiente cilíndrico de madera que rota sobre su eje por acción de un motor y en el que se desarrollan distintas operaciones del procesamiento de cueros.
Hinchamiento	Incremento del espesor de una piel debido a la absorción de agua por acción de un ácido o álcali.
Lijado	Eliminación mecánica de rugosidades e imperfecciones de la superficie del cuero.
Pelambre	Operación en la que se elimina el pelo y sus raíces, y parte de la grasa de la piel.
Penetración	Capacidad de un producto químico en ingresar a la estructura de colágeno de la piel.
Piquelado	Operación en la que se reduce el pH y se detiene el hinchamiento de la piel mediante la acción de ácidos antes del curtido. Es posible culminar parcialmente el proceso en esta etapa si se desea conservar y almacenar temporalmente los cueros, pudiendo incluso ser comercializados en este estado, para ser luego curtidos.
Purgado	Operación de degradación enzimática de la proteína no colágena.
Recurtido	Curtido complementario para mejorar las características finales del cuero.
Remojo	Operación para limpiar y rehidratar la piel.
Salado	Operación de adición de sal a las pieles para su conservación.
Secado	Operación de eliminación de la humedad del cuero.
Teñido	Operación para darle color al cuero.
Turgencia	Propiedad física del cuero que mide su elasticidad en forma inversamente proporcional.

