

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**INFLUENCIA DE LA MINIMIZACION EN LA
INDUSTRIA DE CUERO - ZONA INDUSTRIAL DE LIMA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO SANITARIO

**WALTER LYNDON
PERALES BAZALAR**

**LIZ GLADYS
MORALES BLANCAS**

**Lima - Perú
1992**

DEDICADO A :

Mis Padres,
Mis Hermanos

Mis Padres,
Mis Hermanos

y

Fortunato ^ Paulina, mis abuelitos
fuerza motivadora en mi desarrollo
personal y profesional

NUESTRA GRATITUD A :

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), por permitirnos participar en el Proyecto de Minimización de Residuos Peligrosos en la Industria de Cuero y brindarnos las facilidades para la ejecución de la Tesis.

La Curtiembre Hugo Ibañez S.A., por permitirnos el acceso a la información y a las instalaciones de la planta de producción industrial de cuero, para el desarrollo del trabajo de investigación a escala piloto.

RECONOCIMIENTO

Por su generoso apoyo y colaboración en este trabajo a:

Ings. Luis Malnati Fano y Ricardo Rojas V.; por su valioso aporte en la asesoría del presente trabajo.

Ing. Alicia Chang Wong por su asesoría y asistencia técnica, y constante aliento en el desarrollo y culminación del estudio.

Ing. Henry Salas, Consultor del CEPIS por brindarnos su experiencia y constante estímulo.

Quims. María Rincones y Max Zárate Profesionales Jóvenes del CEPIS por sus conocimientos y asesoría brindados.

Ings. Wanda M. Risso y Clara Inés Rojas, Profesionales Jóvenes del CEPIS por su contribución en la información y discusión de aspectos técnicos.

Las familias de cada uno de los autores por su estímulo y preocupación, sin los cuales no hubiera sido posible esta tarea.

CONTENIDO

	Relación de Tablas	iii
	Relación de Gráficos	vi
I	RESUMEN	1
II	CONSIDERACIONES GENERALES	3
	2.1 Introducción	3
	2.2 Objetivos	6
	2.3 Alcance	6
	2.4 Antecedentes	7
III	INDUSTRIA DE CUERO	13
	3.1 Descripción del proceso	14
	3.2 Desechos de curtiembre	30
	3.3 Problemas ambientales generados por los efluentes de la industria de cuero	44
	3.4 Tratamientos aplicados a la industria de cuero	54
IV	MINIMIZACION	65
	4.1 Definición	66
	4.2 Reducción en la fuente	67
	4.3 Reciclaje	74
	4.4 Tratamiento	79
	4.5 Minimización en la Industria de cuero	80
V	APLICACION DE LA MINIMIZACION A ESCALA PILOTO EN LA INDUSTRIA DE CUERO.	91
	5.1 Caracterización de los efluentes de la Industria	94
	5.2 Aplicación a Escala Piloto	109

5.2.1	Pruebas realizadas:	
	A) Pruebas de Reuso en el proceso de Pelambre	109
	B) Pruebas de Reuso en el proceso de Curtido	116
5.2.2.	Resultados e interpretación	121
5.3.	Consideraciones para el diseño de las unidades de recuperación.	147
VI	EVALUACION DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LAS PRINCI- PALES INDUSTRIAS DE CUERO EN LIMA - ZONA INDUSTRIAL.	171
6.1.	Evaluación Industrial.	171
6.1.1.	Inventario. Ubicación.	172
6.1.2.	Encuesta industrial.	174
6.1.3.	Caracterización de Efluentes	175
6.2.	Resultados e Interpretación.	177
VII	INFLUENCIA DE LA MINIMIZACION EN LA INDUSTRIA DE CUERO ZONA INDUSTRIAL DE LIMA.	199
7.1.	Reducción de la carga contaminante.	199
7.2.	Análisis de Costo-Beneficio.	203
VIII	CONCLUSIONES.	210
IX	RECOMENDACIONES.	215
X	BIBLIOGRAFIA.	217
XI	ANEXOS.	220

RELACION DE TABLAS

Número	Descripción	Página
3.1	Relación de la generación de residuos sólidos durante el proceso productivo.	35
3.2	Cuantificación de residuos sólidos por proceso.	35
3.3	Tabla comparativo de los patrones de emisión nacionales e internacionales.	38
3.4	Características generales de efluentes de curtiembre.	39
3.5	Distribución de algunos parámetros contaminantes según los procesos.	42
3.5	Características de efluentes de curtiembre por operación o proceso.	43
3.7	Valores indicativos de la calidad del aire en el lugar de trabajo, obtenidos por medición en curtiembres de diferentes, tecnologías de producción y variedad de pieles.	45
3.8	Valores límites de cromo en lodos provenientes de curtiembre para disposición en suelo, en diferentes países.	48
3.9	Principales insumos químicos utilizados en el proceso productivo de curtiembres, clasificados por etapa.	53
3.10	Concentración de gas sulfhídrico en el aire y su efecto sobre la salud.	54
3.11	Eficiencia del Tratamiento de Aguas Residuales de curtiembres.	55
5.1	Pruebas realizadas a escala piloto en las diferentes fases del estudio.	92
5.2	Caracterización del efluente por operación o proceso (concentraciones en mg/L).	98
5.3	Carga de los efluentes de pelambre y curtido (kg/día)	101
5.4	Población equivalente para valores de DQO.	101
5.5	Distribución de algunos parámetros contaminantes según los procesos en (mg/L).	102
5.6	Distribución de algunos parámetros contaminantes según los procesos en kg/Tn piel.	103

5.7	Distribución de algunos parámetros contaminantes según los procesos en porcentaje (%).	104
5.8	Características del Efluente Global y Carga que representan.	107
5.9	Etapa de Ribera.	111
5.10	Proceso de pelambre.	111
5.11	Productos químicos en el proceso de curtido.	117
5.12	Proceso de curtido.	119
5.13	Caracterización de las descargas en los Reusos (Proceso de pelambre).	126
5.14	Contribución de carga de los parámetros en el efluente recirculado en la etapa de pelambre.	127
5.15	Pesos y porcentajes de reactivos agregados (Pelambre).	131
5.16	Sulfuro de sodio en el proceso recirculado.	132
5.17	Volumen de agua, cal, soda caústica, Bumectan en el proceso recirculado.	133
5.18	Porcentaje de ahorro en insumos químicos.	134
5.19	Características del líquido residual recirculado.	138
5.20	Contribución de carga de los parámetros del efluente recirculado de la etapa de curtido.	139
5.21	Pesos y porcentajes de reactivos agregados (Curtido).	143
5.22	Consumo de reactivos químicos en el proceso recirculado (Curtido).	144
5.23	Porcentaje de ahorro en productos químicos (Curtido).	145
5.24	Número de reusos en la experiencia.	146
6.1	3231 Curtiembres y talleres de acabado.	175
6.2	Caracterización de los efluentes de las industrias de cuero en la zona industrial de Lima.	178
6.3	Volumen de desecho promedio y factores de carga provenientes de cantidades de producción en masa.	181
6.4	Factores de carga de los parámetros analizados en las industrias de cuero. Zona industrial de Lima.	183

6.5	Resumen de las características principales de las industrias de cuero. Zona industrial de Lima.	188
6.6	Evaluación rápida de fuentes de contaminación de agua.	189
6.7	Comparación del efluente final de curtiembres con desagües domésticos y legislación vigente.	197
6.8	Comparación de estándares de calidad de descarga de efluentes de curtiembre en sistemas de alcantarillado entre diferentes países.	198
7.1	Carga de algunos parámetros en los efluentes de curtiembres.	200
7.2	Porcentaje de reducción aplicando reuso-tratamiento primario.	203
7.3	Costo para la producción de cueros - Pelambre y curtido sin reuso.	205
7.4	Costo para la producción de cueros - Pelambre y curtido con reuso.	206
7.5	Ahorro en consumo de agua para los procesos de Pelambre y curtido.	206
7.6	Costo de agua e insumos químicos para 24,000 pieles caprino mediano. Proceso de pelambre.	207
7.7	Costo de agua e insumos químicos para 24,000 pieles caprino mediano. Proceso de curtido.	207
7.8	Costos de pelambre y curtido para 24,000 pieles. Resumen (Costos EUA\$).	208
7.9	Presupuesto para la implementación del sistema de Recuperación.	208

RELACION DE GRAFICOS

Número	Descripción	Página
3.1	Corte esquemático de una piel vacuna	17
3.2	Defectos de la piel en bruto.	20
3.3	Diagrama de operaciones en una curtiembre.	29
3.4	Porcentaje de volumen de residuos generados por procesos (m ³).	36
3.5	Porcentaje de producción de residuos sólidos por procesos (kg).	36
3.6	Factores esenciales del proceso de lodos activados.	60
3.7	Flujograma simplificado de tratamiento de aguas residuales de curtiembres.	64
4.1	Concepto de Minimización de residuos (Según Banco Mundial).	69
4.2	Técnicas de Minimización de residuos (Según Banco Mundial).	70
4.3	Programa de Minimización de Residuos (Según EPA).	83
4.4	Esquema del programa de minimización en la industria de cuero. Reuso de los baños de pelambre y curtido.	90
5.1	Consumo de agua en el proceso productivo.	99
5.2	Porcentaje de contribución de volumen de descarga (Ribera y Curtido).	99
5.3	Variación de pH en etapas de Ribera y Curtido.	100
5.4	Distribución de algunos parámetros contaminantes según los procesos.	105
5.5	Determinación del caudal promedio.	108
5.6	Variación de cargas. Reuso en el proceso de Pelambre.	128
5.7	Variación de cargas. Reuso en el proceso de curtido.	140
5.8	Esquema de recuperación y reuso de los baños de pelambre.	156

5.9	Esquema de recuperación y reuso de los baños de Pelambre. Alternativa tamiz-tanque.	158
5.10	Disposición final de lodos.	160
5.11	Esquema de recuperación y reuso de los baños de curtido.	164
6.1	Variación de parámetros en industrias encuestadas Zona industrial de Lima.	184
6.2	Evaluación rápida de fuentes de contaminación de agua. Industrias encuestadas.	190

CAPITULO I

RESUMEN

RESUMEN

La presente tesis, es el producto de una experiencia realizada a escala piloto en una industria de cuero, Curtiembre Hugo Ibañez S.A., ubicada en la zona industrial de Lima, cuya finalidad fue estudiar la influencia de las estrategias de minimización, aplicadas en una industria altamente agresiva como lo es una industria de cuero, para reducir las cargas contaminantes generados por éstas.

Esta experiencia consistió de las siguientes etapas:

1. Conocimiento del proceso productivo de la industria.
2. Caracterización de los efluentes por proceso de las etapas de ribera y curtido.
3. Caracterización del efluente global de la industria.
Selección de la metodología para la determinación analítica de sulfuro y cromo.
5. Pruebas a escala piloto para la evaluación de los reusos de baños de pelambre y curtido.
6. Diseño de las unidades de recuperación y reuso de los baños de pelambre y curtido a escala industrial.

Para una mejor interpretación y dar un mayor alcance a los resultados obtenidos en esta experiencia a escala piloto, se realizó una encuesta industrial, que comprendió en una visita personal a las instalaciones de las plantas seleccionadas y ubicadas en la zona industrial de Lima, con un cuestionario para ser respondido por la persona encargada de la producción.

La investigación concluye que al aplicar un programa de minimización en este tipo de industrias u otras, se logra un doble beneficio, económico y social. Económico, porque se obtiene un ahorro de insumos químicos en los procesos materia de este estudio : en Pelambre el ahorro es del 32%; y del 20.8% para el proceso de Curtido. Otro beneficio económico, es el ahorro en consumo de agua, que en este tipo de industrias es utilizado en grandes volúmenes, lográndose un ahorro aproximado del 40%. Social, al verificar una reducción de la carga contaminante de los efluentes generados: 75% de reducción en carga orgánica (DBO_5) y en concentración de sulfuro (S^{-2}); 90% de reducción en DQO y concentración de cromo (Cr^{+3}), y también por una optimización en el uso del agua de consumo humano utilizados por estas industrias.

Estos resultados, muestran pues que es posible aplicar un programa de minimización, específicamente en este tipo de industria, pero es necesario que esta experiencia sea realizada en otras curtiembres y abarcar a las demás actividades productivas como las dedicadas a producción de productos químicos, galvanoplastia, textil, etc.

Finalmente es anhelo de los autores, que el presente trabajo desarrollado, sea un aporte más al desarrollo de la Ingeniería Sanitaria en nuestro país, al desarrollo concertado y equilibrado de nuestras industrias sin perjuicio del medio ambiente y también a incentivar en la nueva generación de profesionales en el campo ambiental a desarrollar proyectos de investigación y de nuevas tecnologías apropiadas a nuestra realidad, persiguiendo alcanzar el fin de nuestra profesión: El desarrollo armónico del ser humano.

CAPITULO II
CONSIDERACIONES GENERALES

II. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 INTRODUCCION

La Industria Curtidora se manifiesta como una de las más agresivas para los recursos hídricos por los efluentes que produce, sin dejar de lado el consumo de agua que necesita para sus procesos.

En términos generales, el efluente de curtiembre está caracterizado por una elevada concentración de componentes orgánicos e inorgánicos y sólidos en suspensión; presenta además color y olor desagradable. Entre las sustancias inorgánicas contaminantes los sulfuros y las sales de cromo trivalente siempre reciben especial atención debido a que su presencia dificultan o interfieren en los tratamientos biológicos de purificación del efluente.

El lanzamiento de efluentes crudos de curtiembre sobre cuerpos de agua superficiales produce un serio y rápido deterioro de la calidad física y biológica del agua. Básicamente se afecta la vida acuática, mueren peces por disminución del oxígeno disuelto y el agua se convierte en no apta para el consumo. Por otra parte si su uso es indispensable, los costos de tratamiento se tornan muy altos.

En el caso de las aguas subterráneas, su contaminación es más problemática y persiste a lo largo del tiempo, porque su autodepuración es muy lenta por no presentar corrientes como el caso de las aguas superficiales que les confieren una adecuada aeración y transporte. Esto se agrava cuando se presenta como la única fuente de aprovisionamiento de agua para una población.

Cuando los efluentes son lanzados a una red de alcantarillado provocan incrustaciones de carbonato de calcio y gran deposición de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros y sulfatos pueden también acelerar el deterioro de materiales de concreto o cemento.

El grado contaminante del efluente de una curtiembre depende de la materia prima que se procese (piel vacuna, ovino, caprino, etc.) y del tipo de cuero elaborado. En el Perú, es una industria que tiene poco grado de desarrollo, y en la que generalmente se vienen aplicando procesos que no han sufrido variación en muchos años.

Ante un control poco efectivo de dichas descargas, por falta de una legislación adecuada y/o de algún ente del gobierno que los aplique, se hace necesario afrontar el problema de la contaminación aplicando alternativas que lleven a un manejo adecuado de las descargas contaminantes, y que vean en ellos un impulso al desarrollo de su sector, como lo es, aplicando estrategias de minimización de residuos.

En el Capítulo III y IV se presentan los aspectos teóricos que dan base a los objetivos que busca mostrar esta tesis. El Capítulo III trata en detalle todo lo que respecta a la industria de cuero materia prima, procesos, características de los efluentes y problemas ecológicos generados por éstos, y finalmente, los tratamientos convencionales para este tipo de efluentes. El Capítulo IV, nos introduce al conocimiento básico de la Minimización y de sus componentes : reducción en la fuente, reciclaje y tratamiento. Complementando este capítulo, se incluye también la aplicación de la Minimización en este tipo de Industrias.

El Capítulo V describe detalladamente la experiencia a escala piloto realizada en las instalaciones de la planta industrial de la curtiembre en estudio, empezando por una caracterización y conocimiento de los procesos, continuando luego con el desarrollo de las pruebas de reuso, para finalizar en un análisis de los resultados obtenidos más el diseño de las unidades para la recuperación y reuso de los baños de pelambre y curtido.

El Capítulo VI es dedicado a la evaluación realizada a 14 industrias curtidoras localizadas en la zona industrial de Lima, a través de encuestas efectuadas a cada una de ellas. Asimismo se realizó un estudio de las descargas de los efluentes de éstas industrias a los colectores existentes en dicha zona y su descarga final al cuerpo receptor. Para este estudio se recurrió a la información existente en la Oficina de Catastro de Redes de la Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL).

En el Capítulo VII, basados en los resultados del Capítulo V (Pruebas de Reuso) y Capítulo VI (Evaluación de la zona industrial de Lima), se analiza los beneficios que implica la aplicación de un programa de minimización a través del reuso de los baños de pelambre y curtido, cuantificándose la reducción de la contaminación causada por las descargas de éstos efluentes al sistema de recolección de desagües en la zona y al cuerpo receptor final. También se cuantifica el beneficio económico determinando el porcentaje de reducción en insumos químicos logrados en éstas pruebas de reuso y su influencia en el costo del producto final.

Finalmente en el Capítulo VIII se presentan las conclusiones del estudio, y en el Capítulo IX las recomendaciones para la aplicación de un programa de minimización de residuos industriales en una industria cualquiera.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVOS GENERALES

Proteger los recursos hídricos de la contaminación causada por efluentes industriales, a través de una reducción efectiva y económica de las cargas contaminantes, aplicando un Programa de Minimización de residuos industriales.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Reducir la carga contaminante de los efluentes de la industria de cuero, atacando el problema desde la fuente generadora, mediante el reuso de los baños de pelambre y curtido, minimizando la concentración de los efluentes tóxicos como sulfuro y cromo.
- b) Reducir el consumo de agua utilizada en gran volumen en la operaciones de ribera y curtido; cuantificando el volumen y el costo de agua ahorrada.
- c) Verificar si existe un ahorro efectivo de productos químicos, y si este ahorro más la disminución del consumo de agua influyen en una reducción del costo de producción de los cueros.

2.3 ALCANCE

Proponer a las industrias generadoras -caso específico de las industrias de cuero- adoptar la metodología de minimización como estrategia para la reducción y control de los efluentes generados por éstas y además por los beneficios que trae como consecuencia:

1. Beneficio económico a las industrias generadoras, a través de una reducción en los costos de producción, específicamente en ahorro de

insumos químicos.

2. Reducción de la carga contaminante de sus efluentes descargados al cuerpo receptor.

2.4 ANTECEDENTES

Lo que a continuación se presenta, muestra en forma resumida los avances que a lo largo de estas últimas décadas se ha venido logrando respecto a las propuestas de alternativas contra la contaminación ambiental.

En minimización, término que fue conceptualizado y utilizado como tal a partir de los años 80, la bibliografía abunda en experiencias realizadas inicialmente por los mismos generadores en el afán de buscar la manera de afrontar las legislaciones, exigentes y sancionatorias, de los entes de gobierno por contrarrestar los efectos adversos de los residuos generados por aquellos.

En América Latina, específicamente en Argentina, dichas experiencias en la industria de cuero datan de la década de los 70, en el que el concepto de minimización va surgiendo de las diferentes terminologías empleadas como reducción, proceso sin efluentes, reutilización, reciclaje, tecnologías que reducen, etc.

2.4.1 MINIMIZACION^A

A medida que va avanzando el desarrollo tecnológico en el manejo de residuos peligrosos, se han implementado leyes que prohíben la descarga de contaminantes tóxicos o peligrosos al ambiente, donde el manejo de residuos peligrosos ha adquirido un costo significativo para la industria, caso de los países desarrollados. Este factor, además del hecho que la

industria cada vez se ve más obligada a conservar los recursos naturales y la energía, está fomentando la minimización de residuos industriales.

La minimización de residuos se logra a través de la optimización de los procesos industriales y del reciclaje de los residuos. El reciclaje se puede realizar dentro de la misma planta industrial como fuera de él, dependiendo de la utilidad que se le pueda dar a los mismos residuos.

Desde la década del 70, se observa el desarrollo de la tecnología de minimización de residuos industriales. En América Latina se evalúan las técnicas de reuso de los efluentes de la industria de curtiembre, particularmente en Argentina, donde esta rama industrial tiene gran importancia.

Ya en la década de los 80, se desarrolla y se difunde aún más las técnicas de minimización. En los países industrializados se observa que la industria química invierte recursos significativos en optimizar procesos y reciclar insumos. El incentivo principal en estos casos son los reglamentos, cada vez más estrictos y por lo tanto hacen más costosa la disposición de residuos peligrosos. También influye el hecho que la industria recibe la responsabilidad de los residuos "desde la cima hasta la tumba". Es por esto que la industria está dispuesta a realizar inversiones significativas que retribuyan económicamente, bien sea a corto o mediano plazo.

Otros sectores industriales donde se observa una alta frecuencia de experiencias en minimización son las industrias de galvanoplastia, textil y reciclaje de solventes.

En el caso de reciclaje de residuos, éste se realiza directamente o con una purificación intermedia. Ejemplo del primero es el reuso de los licores de cromo en las curtiembres con un simple tamizado intermedio. Por otro lado, también se propone la recuperación de metales pesados de los baños gastados del acabado de metales, a través de la precipitación y separación por medio de filtro-prensa del metal.

Los residuos orgánicos que no pueden ser reutilizados como materia prima, pueden en muchos casos ser empleados como combustible para la recuperación de la energía. En el caso de aceites y ciertos solventes, cuya regeneración resulta demasiado costosa.

En todos los casos de minimización, la selección final se realizará con base a un análisis de costo/beneficio mediante el cual, si existe una legislación de control de residuos, se inducirá también el costo para cumplir en esta legislación.

2.4.2 EXPERIENCIAS REALIZADAS APLICANDO UNA FILOSOFIA DE MINIMIZACION DE RESIDUOS CURTIEMBRES EN AMERICA LATINA Y OTROS PAISES. 2,3,4,5,6,7,8

Cantera, C.S. et al, en trabajos realizados para el Centro Argentino de Referencia en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, vienen desarrollando desde 1976 estudios e investigaciones relacionados a la reducción de la contaminación de los efluentes generados por curtiembres. En un inicio dichas investigaciones se basaron en realizar experiencias aplicando nuevos procesos de elaboración de cueros, experimentando con otros productos menos contaminantes reemplazando a los originales. Luego, las experiencias se basaron en la recuperación y reutiliza-

ción de los baños de pelambre y curtido. Se plantean y prueban técnicas de recuperación tanto de sulfuro y cromo, así como el reuso directo de éstos, previa purificación intermedia. Se obtienen resultados positivos a nivel piloto y en aplicaciones a escala industrial.

Gómez et al (1980) desarrollaron experiencias a escala de laboratorio y piloto con resultados altamente positivos. Para el pelambre se desarrollaron métodos de separación de sólidos, hasta lograr el sistema más eficaz. Para el curtido, se siguieron dos técnicas : la primera, consistió en la separación del cromo por precipitación con hidróxido de sodio, el precipitado se separa por filtración y se redisuelve con ácido sulfúrico, obteniendo de esa manera una solución en condiciones de ser reutilizada. La segunda técnica consistió en el reuso directo de los baños de cromo, previa filtración y ajuste de la concentración a los niveles de operación. El promedio de ahorro de solución de sulfuro de sodio es del 54%, se obtiene una reducción del 70% en el consumo de agua, una reducción del 75% en el efluente de esa sección y más de 90% en la concentración de sulfuro de sodio en el efluente (de 2.7 g/l a 0.2 g/l). El ahorro en el consumo de productos químicos para el curtido es del orden de 27%, reducción de 80% en el consumo de agua, de 75% del efluente de esa sección y del orden de 65% de la concentración de cromo como Cr^{+3} en el efluente (de 3.5 g/l a 1.3 g/l).

CETESB (1980) caracterizó cualitativa y cuantitativamente los residuos generados por las curtiembres en el estado de São Paulo. Propone algunas técnicas empleadas para el aprovechamiento de los

productos químicos utilizados y de los residuos que contienen alto valor proteico. Para el caso de los baños de pelambre, la recuperación de sulfuro puede ser realizada mediante procesos de filtración infiltración y por precipitación con adición de ácido sulfúrico. En este caso, sugiere que el almacenamiento se realice en un tanque con agitación para liberar H_2S gaseoso, el cual se puede recuperar utilizando una columna de adsorción con circulación de hidróxido de sodio. Este método permite una recuperación del 90% del sulfuro presente en la descarga del baño. Para el caso de recuperación de cromo, se puede efectuar mediante una separación previa de los sólidos gruesos, seguida de una precipitación con carbonato de sodio. Luego el precipitado de hidróxido de cromo puede separarse por filtración y redisolverse con ácido sulfúrico.

Caicedo y Vargas (1982) realizaron un estudio de aproximación a una solución integral en Villapinzón, en el departamento de Cundinamarca, Colombia, donde se proponen estudios orientados fundamentalmente a la modificación interna de los procesos de producción como son

- a) Técnicas de recirculación de baños agotados.
- b) Optimización del consumo de productos químicos.
- c) Consumo racional de agua.
- d) Control efectivo de las variables del proceso.

Collivignarelli y Barducci (1984) mencionaron, experiencias desarrolladas para la industria de curtiembre italiana. La recuperación del sulfuro de sodio se puede llevar a cabo mediante sedimentación, centrifugación y ultrafiltración. En este caso,

consideran que la última permite una recuperación del 80% de Na_2SO_4 . En este sentido, se construyó una planta centralizada en S. Croce Valdanno (tuscany) que permitió un ahorro del 50% en costos. Asimismo, recuperan energía en la digestión anaerobia de los lodos generados en el tratamiento del efluente restante y obtienen un lodo digerido libre de cromo que puede ser utilizado como acondicionador de suelos. Además producen gelatinas y pegamentos a partir de los restos de carnaza.

Chiu (1987) presenta un estudio de caso de una pequeña industria de cueros en Hong Kong, donde el costo de tratamiento de sus efluentes trajo como consecuencia el mejoramiento de los procesos productivos. El resultado final ha sido que la industria ha invertido en nueva maquinaria automatizada de producción y mejor calidad. El costo de tratamiento de efluentes ha sido absorbido en forma efectiva y sólo representa un mínimo porcentaje del costo total.

Como se aprecia, la experiencia de minimización en la industria de cuero, específicamente en lo que se refiere a la recuperación y reuso de los baños de pelambre y curtido, se han venido realizando desde hace varios años con resultados alentadores, que han influenciado en otros países, caso del nuestro, por realizar investigaciones aplicadas a nuestra realidad.

CAPITULO III
INDUSTRIA DE CUERO

III. INDUSTRIA DE CUERO

LA INDUSTRIA DE CUERO

El curtido de las pieles es conocido desde los más remotos tiempos. Consiste en la transformación de las pieles de animales en cuero, es decir transforma de una materia putrescible como son las pieles extraídas de los animales, en otra más durable y resistente. Las pieles de ganado vacuno son usadas para cueros pesados, tales como para la confección de correas, monturas, suelas y otros. Las pieles de oveja, cabra y otros para usarse como cueros suaves en la fabricación de calzados, abrigos, bolsas, etc.

Actualmente las diferentes experiencias de varios investigadores nos demuestra que la piel es fácilmente oxidable y el curtido de las pieles es un proceso físico-químico, el cual se verifica en dos fases distintas. En la primera se produce el fenómeno físico de absorción y penetración de la materia curtiente en los intersticios de la piel, gracias a la acción capilar y a la ósmosis; después la materia curtiente se combina lentamente con las sustancias constitutivas de la piel, formando complejos como productos de condensación, realizándose de esta manera, el proceso de transformación de la piel en cuero (Eugenio Hoinacki,1989).

Las materias curtientes, pueden ser de tres clases, los que a su vez pueden ser utilizados de diferentes maneras para obtener las variedades de cueros, éstas son:

- a) Minerales, el alumbre de aluminio, alumbre de cromo
- b) Vegetales, el quebracho, el castaño, el nogal, la tara, etc.
- c) Animales, que están constituidos por los aceites, de los cuales los más empleados son los de lobo, foca, ballena, hígado de bacalao, etc.

3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO*

3.1.1 MATERIA PRIMA

La piel es un tejido externo, resistente y elástico, que envuelve al cuerpo de los animales y que realiza muchas funciones fisiológicas de gran importancia. Una de las principales funciones es la de regular y mantener constante la temperatura del cuerpo que cubre.

E. Hoinacki, explica que La función de termoregulación es efectuada por medio de las glándulas sebáceas y sudoríparas. Con el aumento de temperatura entran en funcionamiento, favorecido por la evaporación de agua y la pérdida de calor. Con la disminución de temperatura las glándulas sebáceas pueden cubrir una piel con óleo, reduciendo de esta manera la pérdida de calor.

Funcionando como un filtro de calor, evita la destrucción de los tejidos subyacentes por la acción de lo rayos solares. Además la piel posee terminaciones nerviosas, responsables de la recepción de estímulos que provocan diferentes tipos de sensaciones (calor, frío, etc), así como la protección de bacterias y agentes exteriores¹.

A) **Constitución de la Piel^{9,10,11,12}**

La estructura histiológica de la piel de los animales, utilizados para este fin industrial, es similar para todas las especies. Se distinguen 3 capas: Epidermis, Dermis o Corium y Tejido subcutáneo.

La epidermis y el pelo son eliminados por procesos químicos o enzimáticos previos a la curtición (salvo en la fabricación de peletería). Para la fabricación del cuero se emplea únicamente el corium. El tejido subcutáneo se elimina por procedimientos mecánicos

(descarnado).

La epidermis, está constituida de una capa córnea, porción rica en azufre y queratina compacta.

La dermis, el tejido fundamental del corium está formado de colágeno, tejido entrelazado de fibras ramificadas en todas las direcciones, no tienen principio ni fin y están enlazadas en todas las direcciones. En el corium se distinguen dos capas:

1. La capa capilar, que limita con la epidermis, aquella tiene como límite natural un tejido de fibras entrelazadas especialmente finas y apretadas que dan lugar a la *flor*, dando lugar así su final natural (acabado).
2. La capa reticular. La frontera entre ambas capas está situada hacia el final de los bulbos pilosos. Las glándulas sudoríparas están también alojadas en esta zona. La unión insuficiente de las fibras en esta zona "frontera" puede ser la causa de la llamada "soltura de flor". La capa capilar determina el aspecto del cuero acabado, sin embargo, la capa reticular es el soporte de las propiedades mecánicas.

La hipodermis o capa subcutánea, es un tejido celular subcutáneo, no es considerada de manera estricta como constituyente de la piel. Es más un medio de unión de ésta con los tejidos y órganos que cubre. Cuando la piel es removida de la carnaza, parte del tejido areolar permanece ligado a ella, juntamente con cantidades variables de tejido adiposo, conectivo, vasos sanguíneos, nervios, músculos.

Todos estos tejidos combinados constituyen la carnaza, en la terminología de curtiembres. Esta es removida previamente al curtido en la operación denominada "Descarne". Ver Grafico Nº 3.1.

La piel animal está compuesta de agua, albúminas, grasas y minerales. Contiene aproximadamente 50% de carbono (C), 25% de oxígeno (O), 7% de hidrógeno (H), 17.8% de nitrógeno (N), y 0.2% de componentes minerales en el residuo seco. La epidermis y el pelo están formados por la albúmina queratina. El corium propiamente dicho contiene aproximadamente 99% de colágeno (una albúmina) y aproximadamente 1% de elastina (referido sobre peso seco).

B) Estructura de las Pieles Utilizadas Industrialmente^{9,10,11}

Las pieles son constituídas por tres capas; una epidérmica, una carnaza dérmica y una capa hipodérmica. Cada tipo de piel presenta ciertas particularidades; la piel en bruto como producto comercial se diferencia en :

Pieles de animales grandes : Vaca, buey, caballo, porcino, búfalo, etc.

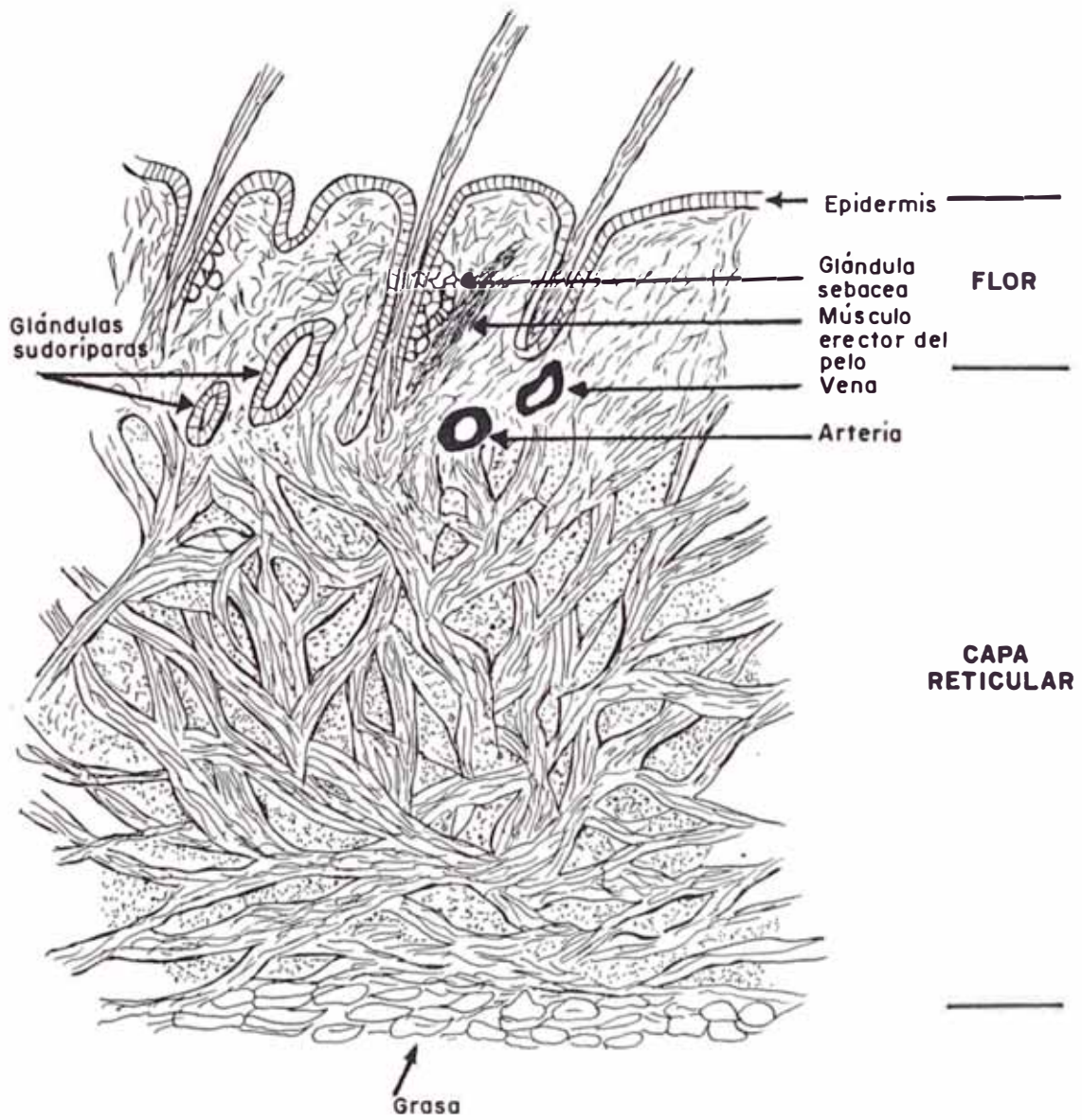
Pieles de animales pequeños Ternera, oveja, cabra, cordero, conejo, etc.

Pieles de reptil Serpientes, cocodrilos, lagartos, etc.

Las pieles de peces y aves apenas se obtienen en número muy inferior.

1. Piel vacuna

Este tipo de piel es en general empleado en la producción de



Corte esquemático de una piel vacuna

Grafico N° 3.1

cueros pesados. Las fibras colágenas forman la parte más importante de toda la estructura, constituye 80% de la espesura total de la piel. La epidermis representa 0.5% a 1.0% del espesor total; ésta penetra en la dermis en muchos puntos, formando los folículos donde crecen los pelos. La dermis se divide en dos capas distintas: una capa denominada flor y una capa reticular. Algunas propiedades del cuero acabado son dadas por el estado de la flor, ejemplo : la apariencia así como la capa reticular dá la cualidades físicas. Las cualidades del cuero dependen de ambas características.

2. Piel de oveja

En la piel de oveja la capa termostática es mucho más espesa que en las otras pieles. El espesor de la capa termostática llega a constituir una mitad del espesor total de la piel y contiene un gran número de glándulas sebáceas y sudoríparas. El número de estas glándulas es tal que llega a deformar el folículo piloso. En general este tipo de piel tiene una gran porción de tejido adiposo situado en las capas termostáticas y reticular. Debido a este hecho podrá desprenderse con mayor facilidad estas dos capas constituyentes de la dermis. En este tipo de piel las fibras colágenas de la capa reticular se distribuyen horizontalmente. Además la compactación de las fibras colágenas no es tan buena como en el caso de las pieles de becerro.

3. Piel de cabra

La piel de cabra presenta una estructura intermedia entre una piel de becerro y una piel de oveja. La capa termostática ocupa la mitad del espesor de la piel, el entrelazado de las fibras de

colágeno es mucho mejor que el de las pieles de oveja. El número de glándulas es mucho menor que el encontrado en las pieles de oveja; el músculo erector de pelo en estas pieles es bien desarrollado. En general las fibras colágenas de la capa reticular se distribuyen horizontalmente. Estas pieles presentan un músculo estriado, ligado a la capa inferior de la dermis; su función es movimentar la piel, posibilitando al animal eliminar ciertos agentes irritantes.

C) Defectos de la piel¹

Los defectos en las pieles pueden tener diferentes orígenes, algunos son producidos durante la vida del animal y otros son causados durante el desollado y conservación. Ver grafico Nº 3.2.

1. **En el animal vivo.**— Daños mecánicos por marcas de fuego, pinchos, alambre de púas, almohazas, utensilios de labranza y roce mecánico. Daños por enfermedad tal y como verrugas, úlceras, enfermedades de la piel y hongos, parásitos; daños por excremento y orina; daños por parásitos tal y como el varro¹, garrapata, ácaros y pulgas.

2. **Defectos producidos** por desollado y cuchilladas de matarife, flor reventada, defectos por escaldado.

¹ Varro: Se trata de las larvas de una mosca (Hípoderma Boris y lineata). Vive como parásito debajo de la piel del ganado vacuno y puede hacer agujeros a través de la piel hasta 10 mm. Necesita estos agujeros para respirar a través de ellos y escapar po allí antes de pasar al estado de larvas.

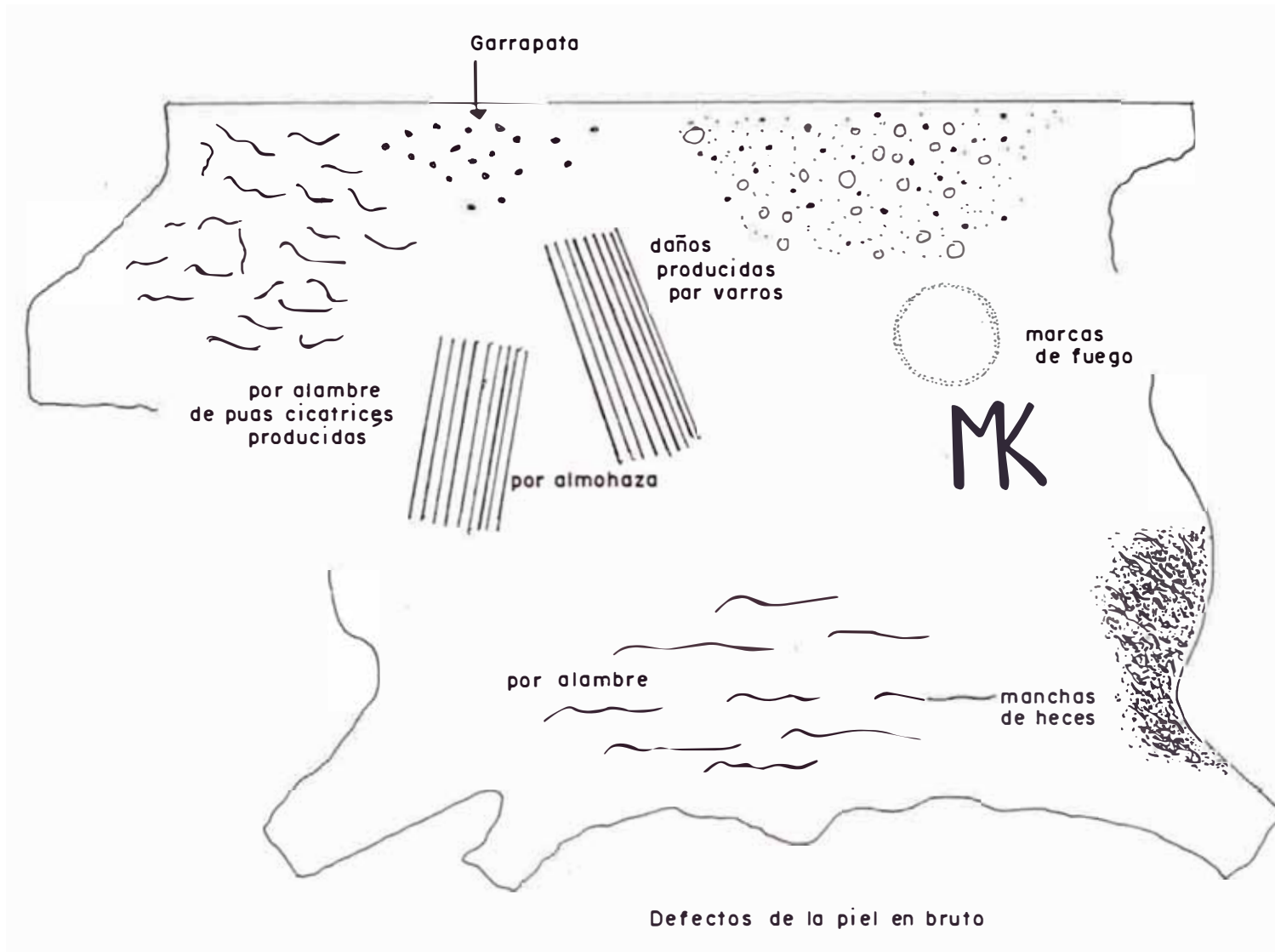


Grafico N° 3.2

3. Defectos producidos por conservación. Putrefacción, piel venosa, manchas de sal, manchas de sangre y hierro, defectos de secado.

D) **Conservación de las pieles^{9,10}**

Si la piel fresca no se transforma inmediatamente, debe ser conservada. La conservación es necesaria para evitar su destrucción y putrefacción.

Son conocidos como agentes de conservación:

1. Salado (Aprox. 30% de Sal sobre peso de la piel)
2. Secado (Al aire, de ser posible, a la sombra)
3. Salado-Secado (Combinación 1 y 2)
4. Fresco-Salado (En salmueras de Concentración de 24 oBe - 25 °Be)

Se da preferencia al cuero salado ya que normalmente da menos problemas en ulteriores procesos de elaboración (adsorción de agua más rápida en el remojo). En muchos casos se prefieren también las pieles con secado-salado a las pieles saladas ya que un secado no correcto puede quemar algunas zonas o puede provocar un aglutinamiento de las zonas externas por efectuar el secado rápidamente.

Las pieles conservadas en salmueras, deben tener una concentración de 24 oBe - 25 °Be y un tiempo de permanencia de la materia prima en la misma de 24 horas, una vez completado el tiempo requerido, las pieles son removidas de la salmuera, dejándose escurrir el exceso de líquido. Este procedimiento es más completo y perfecto, resultando una cura más uniforme (Pieles frescas saladas).

Los contenidos de agua, referidos al peso de piel, materia prima utilizada, son los siguientes

Piel fresca	Aproximadamente	60 % - 70 %
Piel salada	Aproximadamente	30 % 45 %
Piel salada seca	Aproximadamente	20 % - 35 %
Piel seca	Aproximadamente	10 % 25 %

3.1.2 PROCESO INDUSTRIAL^{13,14,15,16}

El proceso de manufactura que se describe a continuación está fundamentado en la producción de los cuatro tipos de cueros más comunes : bovino, ovino, caprino y porcino. El proceso del cuero se realiza en tres etapas: ribera, curtido, acabado. En el gráfico N° 3.3. se presenta un flujograma simplificado del proceso industrial del cuero.

A) RIBERA

Estas operaciones son comunes en la mayoría de las pieles independientemente del proceso de curtido o del tipo de producto. Las operaciones de ribera son : lavado y remojo, pre-descarne (eventual), encalado y depilado, descarnado y desengrasado, división, encalado.

1. Lavado y remojo

Es el primer proceso en húmedo que es sometida la materia prima. El objetivo de este proceso es retirar la sal y restablecer el contenido de humedad y textura natural de la piel, además de remover, mediante el uso de detergentes, las impurezas y el estiércol adheridos. Se debe tener en cuenta las características de la materia prima para el remojo. El remojo de las pieles frescas es propiamente un lavado para retirar la sangre. Para las pieles frescas saladas, el remojo es un lavado más prolongado por

la penetración en los poros de la piel de sal (ClNa), con bastante agua enriquecido con bactericidas, detergentes y desinfectantes realizados en tambores giratorios (fulones). El remojo de los secos salados es más meticuloso y prolongado para lograr en la piel la soltura y elasticidad necesaria para las siguientes operaciones. Para los secos el remojo consiste en hacer que reabsorba el 65% de agua que contenía en vida el animal utilizando una solución con un pH entre 7 y 8 que se realizan en fulones. Esta operación dura de 1-6 horas, pudiendo llegar hasta 24 horas en curtiembres pequeñas.

2. Encalado y depilado

Después del remojo las pieles son preparadas para el proceso de encalado (tratamiento con cal) y depilado. Esta operación tiene por objetivo desprender la epidermis, soltar los pelos y ciertas fibras de la piel, saponificar las grasas naturales y entumecer las fibras para facilitar el efecto de curtido. Los agentes depilantes generalmente usados por su acción rápida y económica son el Sulfuro de sodio (Na_2S), la cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y la soda cáustica que es la que produce la eliminación del pelo e hinchamiento de la piel. La cantidad de estos productos químicos varía de 1% a 4% de sulfuro de sodio con respecto al peso de cuero y de 1% a 10% de cal. Este proceso se realiza en tambores giratorios cuyo periodo varía de 17 a 20 horas.

3. Descarnado

Esta operación tiene por objeto quitar la carne, tejido adiposo, subcutáneo, musculares y el sebo adherente en la parte interna de la piel, para permitir una penetración más fácil de los

productos curtientes. Esta operación se realiza por máquinas especiales que se regulan de acuerdo al espesor de la piel o manualmente en curtiembres pequeñas. Algunas curtiembres realizan un pre-descarne de la piel antes del remojo, viendo reducir la cantidad de productos auxiliares de agua y recuperación de las grasas naturales de las carnazas. Este residuo es usualmente vendido para fabricación de gelatinas y colas.

4. División

Este proceso es realizado en máquinas y consiste en dividir en dos partes la piel hinchada y depilada. Este proceso es realizado en curtiembres que procesan generalmente pieles de ganado bovino.

B) CURTIDO^{12,13,14,15,16}

Las operaciones del sector de curtido son: desencalado purga, piquelado y curtido.

1. Desencalado

Consiste primero en lavar las pieles con agua limpia potable para disminuir la alcalinidad, eliminar la cal y sulfuro que es perjudicial para el curtido. El propósito de este proceso es producir el deshinchamiento, peptizar las fibras y retirar los productos de la degradación de las proteínas. Los auxiliares químicos utilizados son el bisulfito de sodio (SO_3NaH) al 0.6% - 0.8%, para reducir el pH y las enzimas para acondicionar la materia proteica.

2. Purga

Este proceso tiene dos funciones principales que es la

eliminación del sulfato de amonio (la cal absorbida por la piel) y la hidrólisis de algunas proteínas. Además de bajar el pH de las pieles (de pH igual 12 a 8) ya que el proceso de curtición es ácida. Esta operación se realiza en agua a una temperatura de 40 °C, utilizándose para este fin enzimas pancreáticas en solución amoniacal (tripsina) como por ejemplo: Erupon, Encilón, Ozotan, etc.(nombres comerciales). Debido a la fermentación, algunas sustancias son removidas de la piel tornándola más flexible y porosa. El tiempo de operación varía de 2 a 5 horas y es realizada en tambores rotativos.

3. Piquelado

Este proceso es básicamente un pre-curtido que prepara las pieles para curtirlas llevando el pH de la piel a un valor próximo al líquido curtiente de manera que tengan una reacción completamente ácida. Generalmente para el piquelado se emplean soluciones de ácido sulfúrico y sal, conjuntamente con una pequeña cantidad de humectante y un bactericida. El piquelado tiene la propiedad de conservar a las pieles por un tiempo relativamente largo (de 2 a 8 semanas a más), sin que éstas se malogren. Esta operación no se realiza para curtido vegetal (al tanino).

4. Curtido de las pieles

El propósito de este proceso es la producción de un material durable y resistente a la degradación causada por mecanismos físicos o biológicos. El curtido se efectúa por reacción entre el colágeno de la piel y el agente de curtido. Una vez que la piel es lavada y preparada sin epidermis, carne y tejido adiposo, está pronta a ser curtida. Queda la dermis constituida por colágeno y

pequeña porción de lastina. Existen diversos métodos de curtición. Las principales y más usadas son: curtición vegetal y curtición mineral.

4.1 Curtición vegetal.

Consiste en someter la piel a un tratamiento con sustancias que contengan ácido tánico durante un largo periodo de contacto. Se inicia con soluciones bajas y se termina con soluciones fuertes para lograr que la curtición no sólo sea superficial. El proceso consiste en colocar las pieles en tanques durante dos meses, luego se pasa seguidamente a un segundo tanque, donde permanece por más de 3 a 4 meses, para finalmente pasar a un tercero durante 4 a 5 meses; dependiendo del cuero puede usar 4 a 5 tanques.

Para un proceso más acelerado, se usan botaes giratorios, con los cuales el proceso de curtición se reduce a un periodo de 15 a 20 días para cueros gruesos y de 7 a 10 días para cueros finos.

Las sustancias empleadas para este proceso de curtición vegetal son: el quebracho, el zunasque, acacia negra y nuez de nogal. La curtición vegetal aumenta el espesor de la piel razón por la cual es usado principalmente en suelas.

4.2 Curtición mineral:

El más importante es el curtido al cromo. Es usado para las pieles livianas especialmente para la confección de calzado, carteras, ropas, etc. Presenta como principal ventaja la reducción del tiempo de curtición por un día menos, después de producir un cuero de mayor resistencia al calor y al desgaste. Son utilizados,

sales de cromo, manganeso, fierro y aluminio, siendo los cromados los más utilizados. El tratamiento es hecho en botaes cilíndricos giratorios en un periodo de 5 a 6 horas con una concentración que varía de 1.5% a 8% de Cr_2O_3 .

C) ACABADO^{10,14,15,16}

Finalizada la curtición, el cuero es sometido a diversos procesos, tales como:

1. Prensado.

Con el fin de extraer la humedad y nivelar el espesor de los cueros, se realiza a máquina y sobre caballetes.

2. Rebajado

Los cueros son raspados y rebajados en máquinas propias. Tal procedimiento tiene como finalidad obtener un espesor necesario para que el mismo pueda ser industrializado.

3. Neutralización

Antes de comenzar la recurtición con curtientes orgánicos naturales o sintéticos hay que neutralizar el cuero curtido al cromo para posibilitar a los recurtientes y colorantes una penetración regular en el corte del cuero y evitar sobrecargar la flor y con ello evitar sus consecuencias negativas (poro basto, tensión en la flor). Al mismo tiempo la neutralización debe compensar las diferencias del pH entre pieles. El baño de neutralización es hecho con agua, formiato de calcio, carbonato o bicarbonato de calcio.

4. Recurtido

El curtido al tanino, produce un cuero más duro y más fácil de ser compactado. Por ese motivo muchas veces, el cuero curtido al cromo denominado "wet blue", recibe un segundo curtido al cromo o al tanino vegetal o sintético.

Esta segunda curtición es hecha al cuero "wet blue" denominándose curtición combinada y es cuando se realiza después el rebajado, a este proceso se denomina recurtido. Estos procesos son utilizados en la producción de cueros, dependiendo del tipo del producto final que se desea obtener.

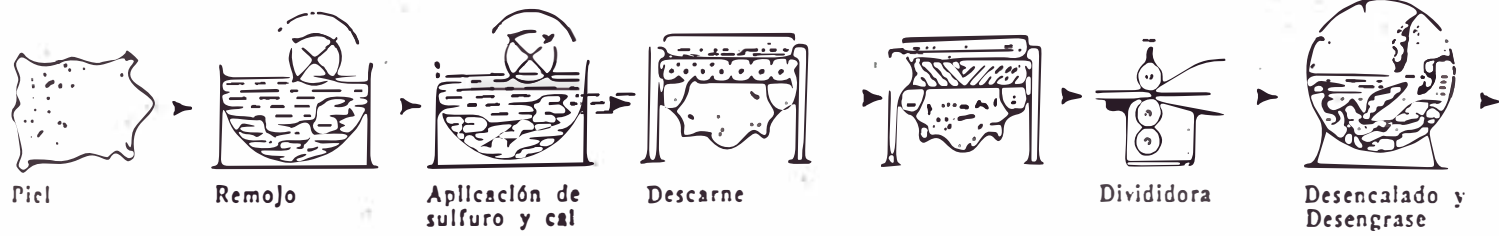
El proceso es particularmente el mismo del curtido. Algunas industrias hacen apenas el acabo del cuero, utilizando como materia prima o cuero curtido al cromo, "wet blue", adquirido de otras curtiembres.

5. Teñido y Engrase

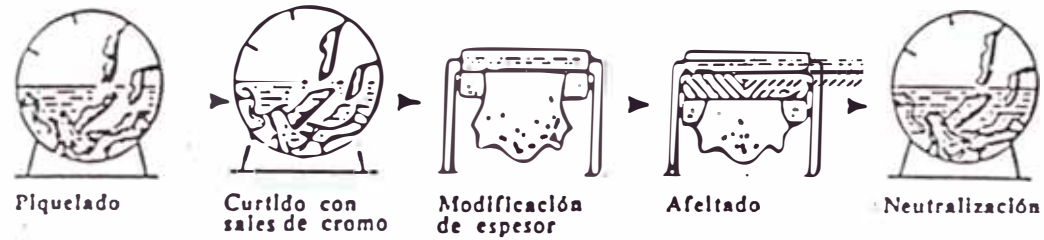
Esto es un proceso especial utilizado para cueros livianos. El teñido es realizado después de la neutralización en un baño que contiene agua a 60 °C, colorantes (naturales, artificiales o sintéticos) y el ácido fórmico, que son descartados después de cada operación. La cantidad de pigmento que se emplea ha de estar en relación con el peso de los cueros, así como el tono de color que se desea obtener. Después de 15 minutos que ha estado girando con el tinte se le adiciona por el eje del botal, una determinada cantidad de aceite sulfurado, se hace rotar 30 minutos y luego los cueros se retiran apilándose de tal forma que se sequen.

DIAGRAMA DE OPERACIONES EN UNA CURTIEMBRE

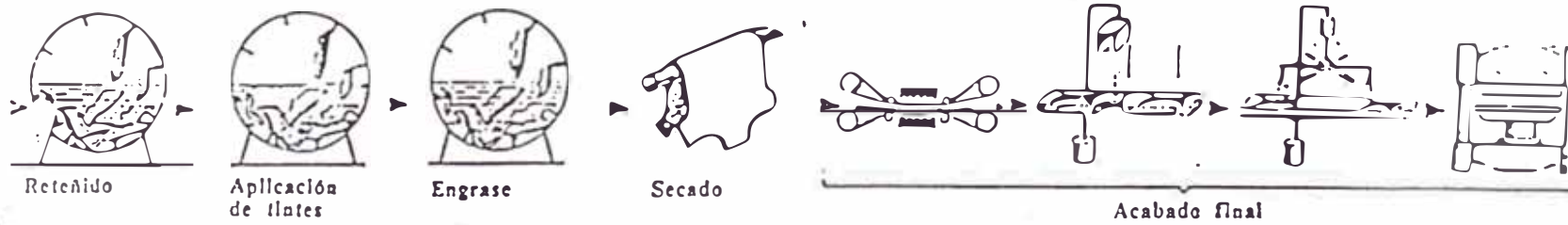
Pelambre



Curtido



Acabado



fuentes: tegewa frankfurt, 1989

GRAFICO N 3.3

6. Blanqueamientos

Es un proceso especial utilizado para los cueros curtidos, son tratados sucesivamente con una solución de soda cáustica u otro álcali, luego con una solución débil de ácido sulfúrico y finalmente con agua.

7. Finizaje

Luego de que los cueros han sido teñidos, éstos sufren una serie de procesos mecánicos antes de ser pintados. Todas ellas tienden a dar al cuero una flexibilidad y suavidad que le son característicos. Para el finizaje de los cueros, se usan pinturas al agua, a base de celulosas , de caseína y a base de aceites.

8. Secado

Es realizado después del teñido, los cueros son secados mediante el uso de estufas a 45°C o a temperatura ambiente.

Tales son el resumen de los procesos generales que sufre una piel para su transformación en cuero y cuyo estudio detallado es materia de cursos de especialización, pero que para fines de esta tesis no es necesario tenerlas presente.

3.2 DESECHOS DE CURTIEMBRE^{12,14}

La industria de cuero se caracteriza por el gran volumen de descarga de sus efluentes líquidos y de residuos sólidos generados en los diferentes procesos o etapas de producción. En la mayoría de estas industrias, no existe una disposición adecuada de dichos residuos causando por ello problemas de contaminación por los componentes tóxicos, en especial sulfuro y cromo, que tales desechos contienen en altas concentraciones.

Generalmente los efluentes líquidos son descargados directamente al alcantarillado municipal, sólo con un pre-tratamiento para la remoción de sólidos sedimentables.

En lo que se refiere a residuos sólidos, como carnaza, pelos, viruta, lodos, etc. mayormente esta industria contrata a terceros para que dispongan de sus residuos sin importarles el tipo de disposición que se les dé.

Los residuos de la industria de curtidos se componen de residuos sólidos curtidos y no curtidos, de agua residuales que incluyen los lodos que separan, así como de emanaciones gaseosas⁹.

3.2.1 Residuos sólidos^{9,10}

Compuestos por trozos de piel sin curtir, pelo, trozos de piel apelmbrada, no curtida y sin pelo (igual carnaza), así como rebajaduras de cromo y vegetal, residuo obtenido después del proceso de rebajado de las pieles ya curtidas; trozos de serraje y cuero, con frecuencia también contiene pelo y cerdas así como diferentes lodos (antes de predepurado).

Los residuos no curtidos, se transforman en colas y gelatinas y en parte también aprovechan residuos de cuerpos de animales. El pelo y las cerdas se emplean en la fabricación de filtros y cepillos.

Frecuentemente es problemático la eliminación de lodos de las aguas residuales antes de proceder al predepurado, ello debido al alto contenido de agua de aproximadamente 70 a 80%. Generalmente es necesario predeshidratar mediante filtrado, centrifugado o calentado antes, de disponer los residuos.

A) Características de los residuos sólidos

Dependiendo del proceso usado en la curtición, sea cromo o tanino, los residuos de una curtiembre se caracterizan, principalmente por la elevada cantidad de sólidos.

1. Recepción

Los residuos generados en este proceso son recortes de piel de aquellas partes que no podrán ser curtidas, como la cola, patas, etc. El almacenamiento de estos residuos son en cilindros plásticos con un volumen promedio de 160 L y luego son arrojados a los botaderos y rellenos municipales.

2. Descarnado

Este proceso genera residuos, producto de la separación del tejido cerroso y de sebo adherentes a la parte interna de la piel. Esta separación se realiza por medio de una máquina que está compuesta por dos rodillos, una de jebe y otra de metal corrugado que al rotar remueve la parte indeseable llamada también "carnaza". Estos residuos presentan un aspecto gelatinoso, los cuales son almacenados en un recipiente que los recolecta y se llevan en cilindros plásticos de 160 L para su disposición final a los botaderos municipales o su venta a las fábricas de cola y goma.

3. Rebajado de pieles

Este proceso se realiza después del curtido de las pieles y se realiza en dos tipos de cuero: seco y húmedo.

El rebajado en seco se lleva a cabo después que el cuero es teñido. Estos residuos tienen la forma de virutas de madera fina.

Hay presencia de retazos de cuero en menor proporción. Estos residuos son almacenados en cilindros metálicos de 240 L de volumen para su disposición final. Otra característica es la presencia de cromo (no ha sido cuantificado) ya que esta operación es inmediata al proceso de curtido.

4. Lijado y cabreteado

Tanto el lijado como el cabreteado son operaciones de acabado, cuyo objetivo es darle sedosidad al cuero. El primero, es para cueros normales y el segundo, para cueros gamuza. Los residuos que se producen son partículas de polvo que son almacenados en bolsa de tela de volumen no determinado.

5. Recortado final

El recortado es la última operación por el cual se recortan las partes dañadas, los filos del cuero, para darle una mejor presentación. Los residuos son retazos de cueros, que son almacenados en cilindros de 124 L de volumen para su disposición final en los botaderos o rellenos municipales.

B) Cuantificación de los residuos sólidos

El objetivo de la cuantificación es determinar la cantidad de residuos sólidos que la industria genera, en volumen y peso, además de relacionarlo por cuero producido y también de llegar a una relación con el número de operarios.

Toda esta información se encuentra resumida en las tablas Nº 3.1 y 3.2. De los resultados de la tabla Nº 3.1 se obtiene como resultado.

$$**Peso de residuo / piel = 0.6 Kg / piel**$$

Es decir que por cada lote de producción, que en promedio es 1200 cueros, se generan 720 kg de residuos sólidos. Si tomamos en cuenta que diariamente se procesa un lote, se tiene una producción diaria de residuos de :

$$\text{Producción de residuos} = 720 \text{ kg / día}$$

De la misma tabla Nº 3.2 se generan los gráficos Nº 3.4 y 3.5, en los que se pueden apreciar claramente el porcentaje de producción en volumen y de peso de residuos por operación, observamos que la operación de mayor cantidad de residuos es la de recepción seguido del descarnado y rebajado, existe la posibilidad del reciclaje, la cual no es realizada por la industria. Lo mismo que en las demás operaciones.

3.2.2. Residuos líquidos^{9,16,17,18}

Las aguas residuales de las curtiembres tienen composición muy compleja que varían según sea el programa de fabricación de la industria y la materia prima empleada. El residuo líquido igualado de una curtiembre, incluyendo los lavados tiene un alto contenido de sólidos (de 6,000 a 8,000 ppm.) de los que aproximadamente la mitad (3,000 ppm) son ClNa. contiene alrededor de 900 ppm de D.B.O, 1600 ppm de dureza total, 120 ppm de sulfuro, 1000 ppm de proteínas y de 30 a 70 ppm de cromo. Es de gran importancia para el Ingeniero Sanitario el alto contenido de D.B.O, dureza, sulfuro, cromo y lodos. Se producen, aproximadamente, 8 L de estos vertidos por kg de piel recibida por la curtiembre. Masselli y Colaboradores afirman también que por cada 1000 kg de pieles húmedas y saladas hay una carga de D.B.O de 76 kg, 52 % de la cual se vierte con los residuos de apelarbrar, 20 % en los líquidos de remojo y el 13 % en los residuos de descalcificado y macerado. Las proteínas y otras materias extraídas de las pieles se estima que producen de un 50% a 70% de la carga de D.B.O y los productos químicos empleados en el proceso de un 30% a 50%. Por lo demás el agua

TABLA N° 3.1
RELACION DE LA GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS
DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO

Operación	kg Residuo Piel	kg Residuo kg piel*	% del Total de Residuos
Recorte en recepción	0.28	0.238	46.7
Descarnado	0.12	0.100	20.0
Rebajado	0.12	0.100	20.0
Lijado/Cabreteado	0.02	0.017	3.3
Recorte en acabado	0.06	0.050	10.0
TOTAL	0.60	0.500	100.0

(* Se considera un peso promedio por piel de 1.2 kg

TABLA N° 3.2
CUANTIFICACION DE RESIDUOS SOLIDOS POR PROCESO

Operación	Total Peso kg	Total Volumen m ³	Total #Pielas	Producción de Residuos Sólidos		Densidad Promedio kg/m ³
				%Peso	%Vol	
1) Recepción	15412.0	33.60	54529	63.00	55.00	458.69
2) Descarnado	4218.1	5.60	35700	17.00	9.00	753.23
3) Rebajado	4085.0	14.20	34000	17.00	23.00	286.06
4) Recortado	603.0	6.31	9830	2.00	10.00	95.64
5) Lijado	86.0	0.64		0.40	1.00	139.63
6) Cabreteado	115.0	0.64	7000	0.50	1.00	179.69
TOTAL	24519.9	61.1	141059.0			

Nota : Asumiendo como peso promedio por piel/cuero : 1.2 kg de todas las clases de pieles y cueros que son trabajadas en la industria.

PORCENTAJE DE VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS POR PROCESOS (m3)

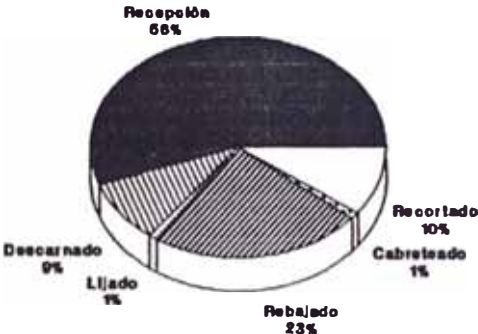


GRAFICO 3.4

PORCENTAJE DE PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS POR PROCESOS (kg)

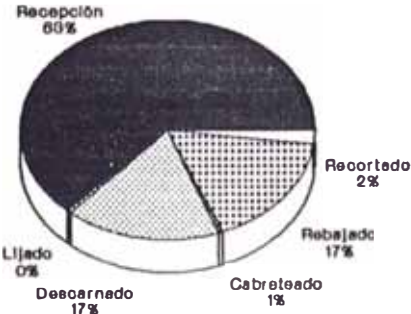


GRAFICO Nº 3.5

residual contiene cantidades grandes de materiales orgánicos en suspensión que se producen al mezclar las aguas de los diferentes procesos parciales. El mayor volumen que producen las aguas de vertido de una curtiembre es en la etapa de ribera.

En una fábrica de cuero al cromo se calcula que el 80 % a 90% del agua residual sale de ribera. En el caso de un fábrica de cuero vegetal el 70 % - 80 % del agua de vertido procede de la ribera. Los porcentajes varían según sea el programa de fabricación así como el tipo de cuero a obtener. Debido a las disposiciones legales de las Entidades responsables, que varían en los diferentes países las aguas, deben ser pre-depuradas las aguas antes de introducirlas en los colectores públicos o alcantarillado, ríos, lagos, mar, de manera tal que no haya que temer un daño del equilibrio ecológico. Siempre y cuando las aguas sean cedidas a depuradoras públicas deben eliminarse previamente aquellas sustancias que puedan alterar la buena marcha de la instalación (Ver tabla No. 3.3).

A) Características de los residuos líquidos

Desde el punto de vista de la contaminación, los procesos que más contribuyan a la carga orgánica e inorgánica del efluente total son el remojo, el pelambre y el curtido. La naturaleza del efluente de una curtiembre puede observarse en la tabla Nº 3.4, en la cual se representa, a través de algunos parámetros indicativos, la carga polutante de un efluente tipo. De la tabla Nº 3.4 surge que el efluente de curtiembre está caracterizado por una contaminación mixta.

Contaminación por materiales en suspensión, por ejemplo: pelos parcialmente degradados, cal no disuelta, compuestos químicos insolubles (hidróxidos metálicos), etc.

TABLA N° 3.3

TABLA COMPARATIVA DE LOS PATRONES DE EMISION NACIONAL E INTERNACIONAL

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	SULFATO (mg/l)	Cr+3 (mg/l)	A&G (mg/l)	FENOLES (mg/l)	pH	Cr Total (mg/l)	Hg (mg/l)	CLORUROS (mg/l)	DUREZA (CaCO3)
CEETESB(SP)	Reducción 80% 60,0					100,0	0,5	5,0 a 9,0	5,0	0,01		200
COMANA(BR)				1,0	2,0	50,0	0,5	5,0 a 9,0		0,01		
HOLANDA	20,0		80,0		2,0			6,5 a 8,5	0,05			
ESPAÑA	10,0						0,001		0,05			
INDIA	30,0	250,0	100,0	2,0	2,0	10,0	1,0	5,5 a 9,0	1,0	1,0		
POLONIA	12,0	100,0	50,0	0,2	0,5	30,0	0,05	6,0 a 9,0	1,0	0,01	400	
ALEMANIA	20,0 a 25,0	200 a 250		2,0	2,0		0,5	6,5 a 8,5	1,0			
JAPON	120,0	120,0	150,0			30,0	5,0	5,0 a 8,6	2,0	0,005		
SUIZA	20,0	100,0	20,0	0,1	2,0	20,0	0,05	6,5 a 8,5		0,01		
ITALIA	250,0	500,0	40,0	2,0	4,0	30,0		5,5 a 9,5	4,0	0,01		
FRANCIA	40 a 200		30 a 100	1,0			0,5	5,5 a 9,5	1,0	0,0		
INGLATERRA	20 a 130		30 a 100		2,0 a 5,0			6,0 a 9,0			400	
AFRICA DEL SUR	10,0	75,0	25,0	1,0		2,5	0,1	5,5 a 9,5	0,5	0,02		
DINAMARCA	15,0		30,0	2,0	2,0 a 5,0			6,5 a 8,5	0,2			
HUNGRIA		50 a 150		0,01 a 5,0		0 a 50		5,5 a 10				
EUA	40,0		60,0					6,0 a 9,0	1,0			
ARGENTINA	50,0			1,0	2,0		0,5	5,5 a 10	0,5	0,005		
PERU	1000,0		0,5			100,0		5,0 a 8,5				
URUGUAY				10,0		100,0		5,5 a 10		0,005		
COLOMBIA	Reducción 80%	Reducción 50%					0,2	5,5 a 9,0		0,02		
VENEZUELA	40,0	160,0	40,0	0,5		30,0		6,0 a 9,0				
AUSTRALIA	40,0		60,0			200,0		6,0 a 9,0	0,3	0,005		
GRECIA	40,0	125,0	30,0	1,0	2,0	10,0		6,0 a 9,0				

Fuente Revista de cuero, Setiembre-Octubre de 1991, pag. 41. SENAI, Brasil

TABLA N° 3.4
CARACTERISTICAS GENERALES DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE

PARAMETRO (mg/L)	CURTIDO AL CROMO	CURTIDO VEGETAL
DBO5	900	1,700
DQO	2,500	3,000
Sulfuro	160	160
Sulfato	700 - 2,000	2,000
Cloruro	2,500	2,500
Nitrógeno total	120	120
Extraíble en éter	200 - 350	200
Fósforo	1	1
Cromo+3	70 - 110	-
Sólidos totales	10,000	10,000
Sólidos suspendidos	2,500	1,500
Ceniza total	6,000	6,000
Ceniza en sólidos suspendidos	1,000	500
Sólidos sedimentables (2h)	100	50
pH	8 - 9	9

Fuentes:

UNEP/Industry and Environment office. Technical Guide to Reducing the Environmental Impact of Tannery Operations. Final Draft. 1990.

Cantera C. y Angelinetti. A. Tecnologías que reducen el consumo de insumos químicos y la carga contaminante de los efluentes de curtiembre. INII-Argentina. 1982.

Contaminación por componentes oxidables, por ejemplo: proteínas, materias grasas productos de degradación de proteínas, etc.

Contaminación por sustancias tóxicas, principalmente sulfuros y cromo trivalente.

Un efluente con tales características puede causar efectos adversos sobre los distintos cuerpos receptores (aguas superficiales, sistemas de tratamientos de líquidos domiciliarios, etc.) deteriorando las cualidades físicas, químicas y biológicas de los mismos.

B) Distribución de la carga orgánica e inorgánica

1. Sector de la Ribera

Los procesos de ribera (principalmente remojo y pelambre) son los responsables del 80% de la carga contaminante total expresada en términos del parámetro demanda biológica de oxígeno (DBO_5) debido esencialmente a la elevada polución orgánicas por la presencia de proteínas y sus productos de degradación. Especialmente cuando se emplea un sistema de pelambre destructor del pelo. Además contribuyen con el 60% de los sólidos suspendidos. Cuando se emplea un sistema de pelambre a base de sulfuro, el cual está muy generalizado en nuestra industria, se incorpora en el efluente final el sulfuro residual alcanzando concentraciones muy superiores a las permitidas por las autoridades sanitarias. Ver tabla Nº 3.3. El sulfuro y en especial el ácido sulfhídrico, es muy tóxico, pudiendo causar serios inconvenientes en los cuerpos receptores (por ejemplo en la vida acuática de los ríos, en los sistemas biológicos de purificación, etc.). Aquí debe señalarse y destacarse además las serias consecuencias sobre los operarios de la

curtiembre o de la planta de tratamiento que puedan tener lugar cuando por distintas causas se produce la formación de ácido sulfídrico en el ambiente de trabajo. Especialmente cuando se mezclan fracciones residuales alcalinas conteniendo sulfuro con líquidos ácidos.

2. Sector de Curtido

El efluente proveniente del proceso de curtido contiene menor cantidad de sustancias orgánicas disueltas y suspendidas que el sector anterior (Ver tabla Nº 3.5), pero contribuye con la presencia de cromo trivalente que alcanza en el efluente total concentraciones superiores a la permitida por la legislación sanitaria de varios países (Ver tabla Nº 3.3).

En general la toxicidad de las sales de cromo respecto a la vida acuática plantas, sistemas biológicos de purificación, etc., varía apreciablemente con el valor de pH y el estado de oxidación del mismo (Cr^{+3} o Cr^{+6}). Los efectos tóxicos generalmente informados se refieren a la forma hexavalente, mientras que los efectos del cromo trivalente presente en el efluente de curtido, no están claramente establecidos y son aún objeto de estudio. Ante esta incertidumbre, lo cierto es que el límite permisible para el Cr^{+3} en la descarga del efluente es muy estricto y es por lo tanto un componente al cual debe dedicarse especial atención.

3. Otros Sectores

Después del curtido. Ver Tabla Nº 3.6

TABLA N° 3.5

DISTRIBUCION DE ALGUNOS PARAMETROS CONTAMINANTES SEGUN LOS PROCESOS

Prámetros (*)	Efluente Total		PROCESOS				
	kg/Ton	(%)	Remojo	Pelambre	Desencal. Purga	Piquelado Curtido	Otros Procesos
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
DBO	98	100	10	70	3	2	15
Sólidos Suspendidos	140	100	5	55	---	---	40
Sulfuro (S-2)	8	100	---	100	---	---	---
Cromo (Cr+3)	6	100	---	---	---	100	---
Salinidad	300	100	60	---	8	25	7

(*) El valor en el efluente total está expresado en kg/Ton piel vacuna procesada

Fuente

Cantera, C y Angelinette, A. Tecnologías que reducen el consumo de insumos químicos y la carga contaminante de los efluentes de curtimiento. INTI-Argentina, 1982

TABLA N° 3.6

CARACTERISTICAS DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE POR OPERACION O PROCESO

Operación o Proceso	DBO			Cl (mg/L)	Proteínas (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos Volátiles (mg/L)
	(mg/L)	(kg/día)	% Total				
Remojo	2,200	584	20	20,000	19,000	30,000	3,600
Pelambre	15,500	1,668	54	18,000	22,900	70,000	10,000
Desencalado	6,000	399	13	10	4,300	15,000	0,000
Piquelado	2,900	193	6	47,000		79,000	7,200
Curtido al Cromo	6,500	193	6	26,000		93,000	13,000
Acabado	2,200	81	2	250		16,000	0,000

Fuente NEMEROW, M.L. Aguas Residuales Industriales, 1977.

3.3 PROBLEMAS AMBIENTALES GENERADOS POR LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA CUERO. 15, 18, 19, 20

Los desechos de la industria de cuero llevan en número de constituyentes, cantidades variables significativas, de acuerdo a la materia prima, proceso y producto final. Los materiales que pueden aparecer en los desechos de tenería, incluyen : pelo, pedazos de pieles, pedazos de carne, sangre, estiércol, suciedades, sales, sal común, proteínas solubles, sulfuros, aminos, almidones, aceites, grasas, agentes alisadores, ácidos minerales, tintes y solventes.

Los desechos, cuando se presentan, se pueden descargar en estado gaseoso, líquido o sólido. Los desechos líquidos son los de mayor significación. Sin embargo, los materiales gaseosos y sólidos son importantes en ciertas operaciones individuales y se deben considerar para su disposición.

Los parámetros más importantes para definir las características del desecho líquido, son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO⁵), nitrógeno total Kjeldahl (NTK) -amónico + orgánico- total de sólidos en suspensión, cromo, aceites y grasas, sulfuros, pH y organismos coliformes fecales.

3.3.1 Emisiones al aire

Materiales particulados y sulfuro de hidrógeno son las dos descargas gaseosas potenciales significativas. Las principales fuentes de sulfuro de hidrógeno provienen de las reacciones que desechan sulfuro de las operaciones de apelmbrado. La eliminación de nitrógeno de los desechos por despojos de amonio, cuando es requerido, crea otro problema potencial de contaminación. Las emisiones de los calderos de tenería pueden también ser otro origen de descargas gaseosas; mientras que las emisiones de cenizas

generalmente ocurren cuando se usa carbón como combustible. El dióxido de azufre se encuentra en los gases de chimenea de los calderos cuando se quema carbón con alto contenido de azufre o combustibles pesados. La tabla Nº 3.7 muestra valores indicativos de calidad del aire en el ambiente de trabajo de una curtiembre.

**TABLA Nº 3.7
VALORES INDICATIVOS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL LUGAR DE TRABAJO
OBTENIDOS POR MEDICION EN CURTIEMBRES DE DIFERENTES
TECNOLOGIAS DE PRODUCCION Y VARIEDAD DE PIELES**

PARAMETRO	VALOR RANGO
H ₂ S	0 - 15 ppm
NH ₃	0 - 18 ppm
SO ₂	0 - 15 ppm
Acido Fórmico	0 - 7 ppm
Polvo	0 - 8 mg/m ³
Tricloro etileno	0 - 78 ppm
Tolueno	0 - 25 ppm
Metilcetona	0 - 27 ppm
Isopropanol	0 - 185 ppm
Etilacetato	0 - 400 ppm

Fuente - UNEP/Industry and Environment Office (op. cit)

3.3.2 Contaminación de agua

En términos de desechos líquidos, ciertas operaciones son comunes a casi todas las tenerías. Estas incluyen: lavado y remojado, desengrasado (para pieles de oveja y de cerdo), apelebrado, remojado, piclaje, curtido (incluyendo blanqueado para algunos curtidos con vegetales), re-curtido, coloreado, engrasado y acabado.

No todas las curtiembres utilizan todas las operaciones indicadas. Así, los procesos de teñido y engrase no se incluyen, pues los desechos son normalmente de baja intensidad, aunque de volumen muy variable.

Los requerimientos de calidad para la descarga del efluente líquido

industrial que va a los alcantarillados municipales, pueden ser menos rigurosas que para aquellas descargas a cursos de agua. Sin embargo, la descarga de desechos y grado de pretratamiento, dependen del volumen e intensidad de los desechos, del grado de tratamiento municipal y de las regulaciones locales.

Los efectos de la contaminación a los cuerpos de agua causada por los efluentes de curtiembre en función de sus características principales muestra los siguientes:

Respecto a DBO y DQO : Disminuyen la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

Respecto a Ph : Generalmente presentan valores neutros.

Respecto a sulfuro : Riesgos de formación de gas sulfhídrico.

Respecto a amonio : Tóxico para los peces; es un nutriente que puede causar un desarrollo descontrolado de plantas acuáticas.

Respecto a nitrógeno -

Kjeldahi : Presencia total de nitrógeno, su presencia en altas concentraciones provoca el crecimiento acelerado de plantas acuáticas. Si hay nitratos, su presencia en agua potable es riesgoso para la salud.

Respecto a fosfato : No es tóxico ,pero también es nutriente para las plantas.

Respecto a cromo : Siendo un metal pesado persistente puede causar serios problemas a la salud humana, dependiendo de su concentración en el agua para abastecimiento público.

Respecto a color : Provenientes de los taninos y tintes, perjudica la

actividad fotosintética de las plantas acuáticas provocando su muerte.

Por tanto el lanzamiento de efluentes crudos de curtiembre sobre cuerpos de agua superficiales produce un serio y rápido deterioro de la calidad física, química y biológica del agua, cuyos efectos han sido ya mencionados, caracterizando su contaminación.

3.3.3 Desechos sólidos

Los desechos sólidos incluyen trozos de carne, retazos de piel, arena, lodos, grasas y desechos de la planta en general. Muchas plantas recuperan los trozos de carne y de piel cruda para la venta a otras industrias o las convierten en cola. El pelo recuperado se vende como subproducto.

3.3.4 Alteración en el uso del suelo

Los suelos que circundan las curtidurías se ven afectados en cuanto esta industria genera desechos sólidos y líquidos peligrosos que contienen cromo hexavalente, muy tóxico. La tabla Nº 3.8 muestra estándares de calidad de lodos conteniendo cromo que pueden disponerse en suelos, válidos para algunos países europeos y para Estados Unidos.

3.3.5 Alteración en la flora y fauna

Algunos de los contaminantes más importantes que elimina esta industria (DBO alta, sólidos en suspensión y grasas). Otros parámetros que se deben considerar son el nitrógeno total, el sulfuro de hidrógeno y el cromo.

TABLA N° 3.8

VALORES LIMITES DE CROMO EN LODOS PROVIENIENTES DE CURTIEMBRE PARA DISPOSICION EN SUELO, EN DIFERENTES PAISES

País	Modalidad de uso en el suelo							
	Concentración máxima permisible en el suelo (mg/kg)	Concentración máxima permisible en el lodo (mg/kg/lodo)	Límite sugerido de carga anual de cromo (mg/ha/año)	Carga máxima de recomendada del metal (kg/ha)	Carga máxima de sólidos en los lodos (Ton/ha)	Aplicación anual máxima de lodos (Ton/ha)	Periodo mínimo de aplicación (años)	pH mínimo del suelo
Francia	150	2000	6.00	360	---	3.00	---	6.0
Suecia	---	150	1.00	---	---	1.00	5	---
Alemania	100	1200	2.00	210	167	1.70	100	---
Suiza	---	1000	2.50	---	---	2.50	---	---
Holanda	100 (*)	500	1.00	100	200 (cultivos)	---	100	---
EE. Unidos	---	1000	20-120	100-600	1 (pastizal)	---	---	6.0
Bélgica	150	500	2.00	----	---	---	---	---
Inglaterra	600	----	----	1000	---	---	30	6.5 (**)

(*) Varía de acuerdo al contenido de arcilla, p.e. $50+(2\% \text{ arcilla})$ = Concentración máxima permisible de Cr+3

(**) Valor para terreno de cultivo, para pastizal el mínimo es 6.

Fuente UNEP/Industry and Environment Office (op. cit.)

3.3.6 Efectos del nitrógeno

El nitrógeno es un componente básico de los seres vivos. En los diferentes ecosistemas y procesos en los que se encuentra puede formar compuestos que son luego oxidados a nitratos por acción de las bacterias del suelo. Estos compuestos pueden ser acarreados por las aguas subterráneas. En las aguas de los ríos, el nitrógeno en forma de nitrato constituye un nutriente importante.

3.3.7 Efectos del sulfuro de hidrógeno

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos reporta este compuesto en la lista de sustancias extremadamente peligrosas. El ácido sulfhídrico causa un olor característico a huevo podrido en el agua.

Este compuesto se produce en la naturaleza bajo la acción de las sulfobacterias; las industrias vierten en la atmósfera un equivalente a 3×10^6 ton. de azufre/año. Su concentración normal en el aire es de unas 0.2 mg/m^3 . En la atmósfera se oxida casi siempre a dióxido de azufre (SO_2).

3.3.8 Efectos causados por el cromo

La literatura muestra evidencia que la toxicidad de las sales de cromo varia con su estado de oxidación. En tanto que los cromatos y bicromatos son irritantes para la piel pudiendo causar úlceras y por inhalación son cancerígenos, las de cromo trivalente no muestran toxicidad, por lo que su presencia en el agua potable no causa inquietud, incluso se sabe que actúan como factor de tolerancia de la glucosa ingerida por vía oral. Los estudios realizados por MacKenzie y publicados en American Medical Association (Arch.Ind.Health) evidencian que los efectos tóxicos del cromo hexavalente se manifiestan recién cuando las concentraciones del mismo en el agua de bebida sobrepasan las 25 ppm, ya que a esta dosis puede

producirse la acumulación en los tejidos.

Afortunadamente es muy difícil que se alcance este límite en el agua de bebida. Los estudios realizados por algunos investigadores sobre la fauna marina determinaron que cantidades del orden de 5 a 200 ppm pueden afectar las funciones biológicas de los peces.

Por ejemplo para el género *Daphnia* se encontró que 0.05 ppm producen alteraciones importantes en su crecimiento. Este dato se tuvo en cuenta para fijar el límite de 0.05 ppm para el agua potable dado por Drinking Water Standard 1978. Se ha comprobado que la presencia de 1 mg/l de cromo hexavalente (Cr+6) compromete el proceso de depuración biológica.

Si bien las sales de cromo trivalente son inocuas para la salud su presencia en aguas superficiales se sanciona por igual ya que paulatinamente se transforman por oxidación en sales de cromo hexavalente (Cr+6). En Buenos Aires Argentina por la empresa OSN todas estas consideraciones, se tuvieron en cuenta para que se fijara los límites aceptables para aguas residuales; dando como cifra tope para el Cromo trivalente (Cr+3) 2.0 mg/l y para cromo hexavalente 0.2 mg/l.

La toxicidad de las sales de cromo en la vida acuática varía ampliamente con las especies, temperatura, pH, valencia del cromo especialmente con la dureza. Los peces son relativamente tolerantes a las sales de cromo, pero los organismos y otras formas de vida acuática que sirvan para su alimento, son extremadamente sensibles. El cromo también inhibe el crecimiento de algas; para ciertas especies se señalan dosis alguicidas de un miligramo por litro y la mayoría no resiste concentraciones superiores a seis miligramos por litro, con la consiguiente disminución

de la capacidad de autodepuración de las aguas.

3.3.9 Impacto en suelos agrícolas y forestales

El óxido de azufre emanado durante el proceso de producción disminuye el pH de la superficie de los suelos, por lo que no servirán más que para ciertos tipos de cultivo y, en última instancia, quedarían inutilizados.

Además, los desechos sólidos tales como carne, retazos de piel, etc., producen una alta DBO, por lo que las aguas con materia en putrefacción no son aptas para el riego y se convierten en una potencial fuente patógena.

3.3.10 Toxicología con relación a los seres humanos

El riesgo para la salud por efecto de la actividad industrial de las curtiembres puede ser de 2 tipos: uno que se presenta al interior de la industria y otro por una inadecuada disposición de los residuos que genera fuera de la industria. La manipulación del cuero puede infectarlos de muermo (enfermedad del caballo transmisible al hombre) y de carbunco o fístula maligna.

El polvillo del cuero pulido puede provocar tos, disnea, antrax, dermatitis severa con ampollas en los labios.

En el agua de curtido existen sustancias como el ácido sulfúrico, bicarbonato de sodio, el cloruro de sodio, el sulfato crómico, el sulfato de sodio, etc., que pueden causar irritaciones oculares, dérmicas y del tracto respiratorio.

El cromo y sus varios estados de valencia son peligrosos para los seres humanos. Puede producir tumores pulmonares cuando es inhalado e induce a la hiper-sensibilización de la piel. Altas dosis de cromato tienen efectos corrosivos en el tracto intestinal y pueden causar la inflamación de los riñones.

El agua de recurtido tiene aceites de anilina, anilinas ácidas, bicarbonato de sodio, formiato de calcio y taninos sintéticos, los cuales pueden producir trastornos respiratorios, como disnea y cianosis, trastornos neurológicos, como cefalea, además de vértigo, entumecimiento y nerviosismo. La exposición por largo tiempo a algunas de estas sustancias puede desarrollar cáncer.

Los vapores de los solventes, como la ciclohexamona, pueden producir conjuntivitis e irritaciones en la piel y el tracto respiratorio, así como narcosis.

El agua de desencalado contiene ácido bórico, bisulfito de sodio y cloruro de amonio, los cuales son altamente corrosivos, pudiendo producir eritema, exfoliación alérgica en la piel y las mucosas.

La tabla Nº 3.9 presenta un listado de los principales productos químicos utilizados en las 3 etapas del proceso industrial. En la tabla Nº 3.10 se puede observar valores de la concentración de gas sulfhídrico en el aire y su efecto sobre la salud humana. El buen manejo de los insumos químicos al interior de la industria debería formar parte de un programa de control interno de los aspectos involucrados en la producción industrial.

TABLA N° 3.9
 PRINCIPALES INSUMOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO
 DE CURTIEMBRES, CLASIFICADOS POR ETAPA

ETAPA	INSUMO QUIMICO
RIBERA	Cal Carbonato de sodio Cloruro de sodio Hidróxido de sodio Pesticidas (preservantes) Sulfuro de sodio Tensoactivo
CURTIDO	Acido fórmico Acido sulfúrico Bicarbonato de sodio Bisulfito de sodio Cloruro de sodio Croapón, Enzilón (productos enzimáticos) Delgras (Desengrasantes) Formiato de Sodio Sintanos Solventes Sulfato de amonio (Desencalante) Sulfato de cromo (Diferente basicidad) Taningan OS Taninos Tensoactivos
ACABADO	Aceites Acetato de butilo Acetato de etilo Acetato isobutílico Acido fórmico Butanol Ciclohexano Curtientes Di-isobutilcetona Etilbenceno Etilenglicol Etilmercaptano Kerosene Monoclorobencina Metil, butil cetona Metil, etil cetona Tolueno Tri-cloroetileno Percloroetileno

FUENTE

NENEROW, N.L.
 UNEP/Industry and Enviromental Office

**TABLA Nº 3.10
CONCENTRACION DE GAS SULFHIDRICO EN EL AIRE Y SU EFECTO
SOBRE LA SALUD**

UMBRAL OLFATORIO	Aproximadamente 0.1 mg/L.
MENOS DE 10 mg/L	Sin señales de intoxicación.
100 - 150 mg/L	Irritación de los ojos y de las vías respiratorias.
200 - 300 mg/L	Grave intoxicación local de las mucosas con signos generales de intoxicación luego de 30 minutos.
300 - 700 mg/L	Intoxicación subaguda de las mucosas.
700 - 900 mg/L	Grave intoxicación: muerte después de 30 a 60 minutos.
1000 - 1500 mg/L	Desmayo y calambres, muerte después de pocos minutos.

Fuente : Cantera, C. y Angelinetti, A. "Tecnologías que reducen el consumo de insumos químicos y la carga contaminante de los efluentes de curtiembre".

3.4 TRATAMIENTO APLICADOS A LA INDUSTRIA DE CUERO^{13, 14, 15}

Como fue visto, los residuos y líquidos de las curtiembres pueden causar diversos inconvenientes al medio ambiente, requiriendo tratamiento en grado elevado para la reducción de la carga polutante. Los procesos aplicables a los curtidos pueden ser los siguientes :

Pre-tratamiento	rejillas y remoción de grasas.
Tratamiento fisico-químico	Oxidación de sulfuro. Igualación y homogenización. Coagulación y floculación y sedimentación primaria.
Tratamiento Secundario	Lagunas aeradas de Biológico mezcla completa. Lodos activados (convencional) y/o Lodos activados (aeración prolongada)

En el cuadro siguiente se presenta un cuadro condensado de la eficiencia de diversos tipos de tratamiento.

TABLA Nº 3.11

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES

Tipos de Tratam.	% de Reducción				
	DBO	SS	COLOR	CROMO	SULFURO
Rejas	5	5-10	0	0	0
Ecuilización	0	0	0	5-10	0
Decantación	25-62	69-96	5-10	5-30	5-20
Coagul. Quim.	41-70	70-97	6-90	50-80	14-50
Lag. Estab.	70	80	25	10-20	0
Filtro Biol.	65-80	85-90	15-70	25-75	75-100
Lodos Activ.	85-85	80-95	75	75	15-100

Ref: Baskaran, T.R.

Guidelines for the control of Industrial Waste, 7.Tannery Wastes-World Health Organization, WHO/WD/73.14.

3.4.1 Pre-Tratamiento

A) Rejas

Es común encontrar en las aguas residuales residuos sólidos como carnazas, grasas, pelos, pedazos de piel, provenientes de las operaciones de descarnado, división y rebajado del cuero, los cuales son retenidos a través de rejas. Las rejas pueden ser hechas por medio de barras con limpieza manual o mecánica y tamices estáticas, vibratorias o rotativas.

B) Remoción de grasas

En la remoción de grasas, la separación es realizada en tanques de retención donde el material flotante es retenido. La operación de remoción de grasas debe ser realizada solamente con las aguas del sector de ribera, antes de ser mezcladas con las demás aguas del proceso de curtición. Su remoción después de reducir una carga

orgánica de los efluentes, posibilita el aprovechamiento de este material.

3.4.2 Tratamiento físico y físico-químico

A) Oxidación de sulfuros

Para evitar el desprendimiento de H_2S , o sulfuro existente en los desechos de las operaciones de ribera, debe ser removido antes de ser mezclado con los demás efluentes. Para esta remoción las principales técnicas conocidas son:

Oxidación catalítica con el oxígeno del aire.

Separación de los sulfuros para su recuperación y reuso.

Oxidación química con peróxido de hidrógeno.

Carbonatación de los desechos;(CO_2 de las calderas puede ser usado).

Tratamiento químico: cloruro férrico, sulfato ferroso.

El tratamiento químico con sulfato ferroso es una técnica más antigua para remover sulfuros de las aguas residuales. La adición de este producto causa la precipitación de sulfuro de hierro e hidróxido ferroso. La precipitación del hidróxido también causa la disminución del pH, la cal libre se deposita sólo en forma de sulfato de calcio. La oxidación catalítica por el oxígeno del aire es el proceso actualmente más económico y el más utilizado, consistiendo en inyectar oxígeno en el baño residual, con equipo y condiciones operacionales adecuadas. La operación es acelerada con la utilización de un catalizador como el sulfato manganeso o de cobalto, siendo el primero el más empleado. Con el uso de un catalizador puede ser reducido la operación de 20 a 8 horas. El sulfuro de sodio presente es oxidado por

el oxígeno a tiosulfato y en menores cantidades de sulfatos. El tiosulfato a su vez, se descompone en azufre y sulfito. La oxidación química por peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) es el único proceso en donde obtiene oxidación completa e irreversible de los sulfuros, por ello es raramente utilizado debido al alto costo del producto.

B) Ecuilización y homogenización

La ecualización de los efluentes de las curtiembres es una operación aconsejable, teniendo en cuenta la intermitencia, el volumen y las concentraciones variables de los baños descartados. Ella permite regularizar el caudal y uniformizar la carga orgánica de las aguas residuales de la industria, teniéndose aptas para los tratamientos continuos y evitando sobrecargas en el sistema de tratamiento.

La homogenización de los efluentes ácidos y alcalinos, provocan neutralización y floculación de los sólidos presentes en estos efluentes y propicia la precipitación de hidróxido de cromo, cal, proteínas, colorantes, etc. El proceso debe ser realizado de manera que no permita sedimentación de los sólidos y fermentación anaeróbica en el tanque de homogenización, teniendo previsto mezcladores mecánicos, difusores o aereadores superficiales para optimizar la mezcla de los efluentes y los residuos.

C) Coagulación y floculación de materia orgánica

Después de la floculación provocada por la mezcla de los efluentes ácidos y alcalinos, pueden ser utilizados coagulantes con el objetivo de acelerar la coagulación de la materia orgánica en suspensión coloidal. En la operación de coagulación y floculación los principales coagulantes utilizados son: sulfato de aluminio, sulfato ferroso, CO_2 ,

polielectrolitos aniónicos.

D) Decantación primaria

Tiene por objetivo permitir la disposición de los sólidos en suspensión de los efluentes. La eficiencia de la sedimentación depende de varios parámetros siendo la tasa de carga superficial y el tiempo de retención los parámetros más importantes en el dimensionamiento de los decantadores, siendo expresados en m^3/m^2 , día y horas respectivamente. El aspecto físico de estas unidades también influyen en la eficiencia de remoción de los sólidos.

La decantación primaria debe de ser debidamente protegida y operada para poder remover hasta 96% de los sólidos sedimentados, hasta 62% de la DBO y hasta 80% de cromo existente en los efluentes. El lodo generado en este proceso es de difícil secado por medios naturales, como los lechos de secado, debiendo ser utilizado procesos mecánicos como son deshidratación, secado, tratamiento y disposición de estos lodos.

3.4.3 Tratamiento secundario o biológico

La depuración biológica de las aguas residuales engloba los diversos procesos que conducen a la disminución de la carga orgánica, gracias a la intervención de los microorganismos. Los procesos biológicos aeróbicos son los más utilizados fundamentalmente por ejemplo la remoción de la carga orgánica (compuestos de carbono) de los efluentes, si bien ciertos elementos inertes e inorgánicos también pueden ser oxidados o floculados y removidos.

El proceso se desarrolla por vía bioquímica en presencia de oxígeno, donde una colonia de microorganismos adecuadamente desarrollada degrada la materia orgánica del efluente transformándola en masa celular y productos metabólicos. Los componentes finales oxidados son: anhídrido carbónico, nitratos y sulfatos. Es el tratamiento mejor adaptado por las curtiembres, toda vez que la presencia de sólidos es fuente de olor repugnante, en el caso de fermentación en los procesos anaeróbicos, que no son recomendados para este tipo de efluente.

Existen muchos tipos de tratamiento biológicos por vía aerobia, de cuales se distinguen dos procesos principales:

Lodos activados.

Lagunas aereadas de mezcla completa o aerobia.

A) Lodos activados

El proceso de oxidación biológica conocido como lodos activa comprende la mezcla de agua residual (substrato, alimento con una m heterógena de microorganismos lodo activado), en condiciones aeróbicas. En forma idealizada el proceso está compuesto de cinco etapas esenciales las cuales están indicadas en el gráfico N^o 3.6. La primera etapa de contacto ocurre cuando el efluente del proceso (agua residual cruda o sedimentada) es mezclada con el lodo recirculado del sedimentador secundario. Esto ocurre en el tanque de aereación, en donde se mantiene la mezcla de agua residual y lodo que se llama "licor mezcla" aeróbico y en agitación por medio de la introducción de oxígeno, ya sea por difusión de aire comprimido o por aereación mecánica.

FACTORES ESENCIALES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

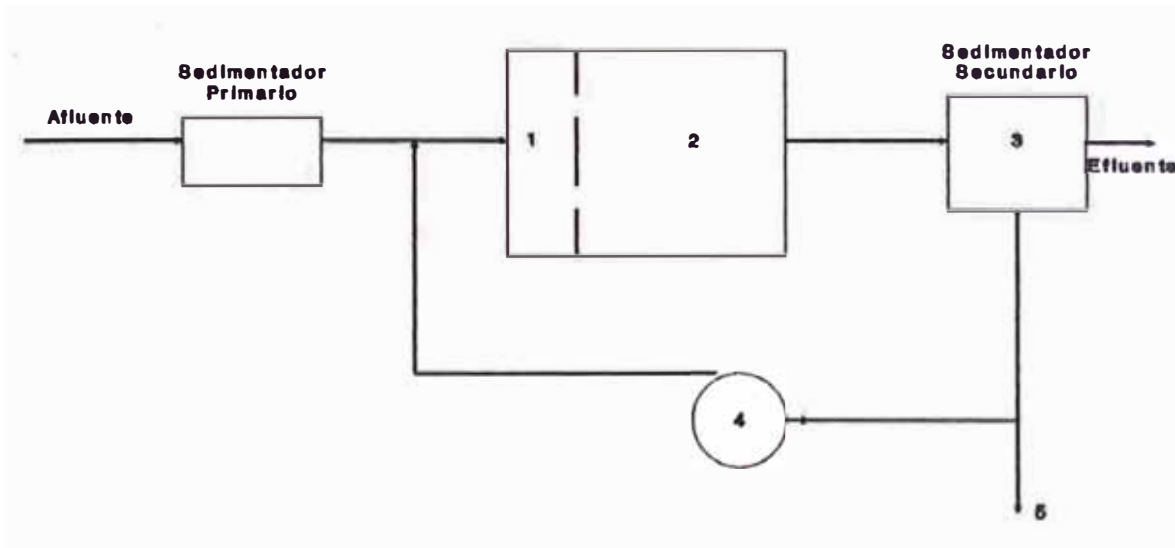


GRAFICO N° 3.6

- 1 Etapa de contacto, Adsorción o Floculación
Poner en contacto el agua residual (Comida) y el Lodo Activado (Microorganismos). Ocurre en forma simultánea.
- 2 Etapa de Aereación
Mantener Aeróbico y en suspensión (mezcla) El licor mezclado.
- 3 Etapa de separación
Remover el Lodo Activado de agua residual tratada.
- 4 Etapa de recirculación :
Hacer retornar el Lodo Activado al afluente del tanque de aereación.
- 5 Etapa de Disposición
Remover el exceso de Lodo Activado del sistema.

Durante estas dos primeras etapas los microorganismos del lodo sintetizan en nuevas células la materia orgánica que trae el agua residual, produciéndose así la biodegradación de los compuestos solubles y coloidales. Además de síntesis se produce alguna destrucción de la biomasa por respiración endógena que resulta luego de que los microorganismos han absorbido los compuestos orgánicos más fácilmente asimilables y comienzan a poner en solución su materia asimilada por ruptura de las células. La cantidad relativa de síntesis y respiración endógena depende del tipo de proceso y del tamaño relativo de estas dos primeras etapas. La siguiente etapa de clarificación consiste en separar el lodo del licor tratado para descargar el líquido clarificado como efluente del proceso. El subflujo del tanque de sedimentación es retornado al tanque de aereación en una cuarta etapa de recirculación y el exceso de sólidos producidos es retirado del sistema en una quinta etapa de disposición.

En cuanto al número de procesos unitarios de tratamiento se encuentra que hay tres, de los cuales dos son esencialmente necesarios éstos son la aereación y sedimentación secundaria. La sedimentación primaria se incluye actualmente en el esquema de tratamiento convencional, aunque no es imprescindible, y en variaciones del proceso como las de aereación prolongada y zanjas de oxidación no se considera su inclusión.

B) Lagunas aereadas de mezcla completa o anaerobias

Las lagunas aereadas son de forma general, tanque con taludes de tierra, con profundidades que varían entre 2m a 5m provistos de equipos de aereación. El desague crudo después de pre-tratamiento (rejillas) y decantación primaria es introducido en la laguna por uno o

dos lados y descargado por el lado opuesto después de permanecer en ella un período necesario para biodegradarse. La población microbiana es semejante al proceso de los lodos activados, Pudiéndose decir que las lagunas aereadas corresponden a unidades de lodos activados pero sin descarga de lodos.

La oxigenación generalmente es realizada con auxilio de aereadores superficiales o equipo inyector de aire comprimido. La agitación deberá ser suficiente para mantener la masa biológica en suspensión, de manera que se evite su decantación en cualquier área de la laguna. Las materias en suspensión se presentan en excelentes condiciones de decantación habiendo necesidad de ser prevenida con una decantación secundaria, tratamiento y disposición final adecuada del lodo descartado.

C) ASENTAMIENTO, DESHIDRATACION, SECADO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DEL LODO

1. ASENTAMIENTO (Sedimentación y remoción de lodos)

Es utilizado con el objetivo de reducir el volumen de lodos, concentrando la materia seca y consecuentemente disminuyendo su volumen de dos a tres veces, facilitando su transporte, tratamiento y disposición final. La operación consiste en almacenar el lodo en un decantador adecuado, con un tiempo de retención más largo. La remoción de los lodos espesos que presentan forma líquida viscosa es realizado con auxilio de bombas o registros de nivel.

2. DESHIDRATACION

La deshidratación puede ser realizada según varios procesos:
Procesos naturales : donde existen área y clima adecuados,

lechos de secado.

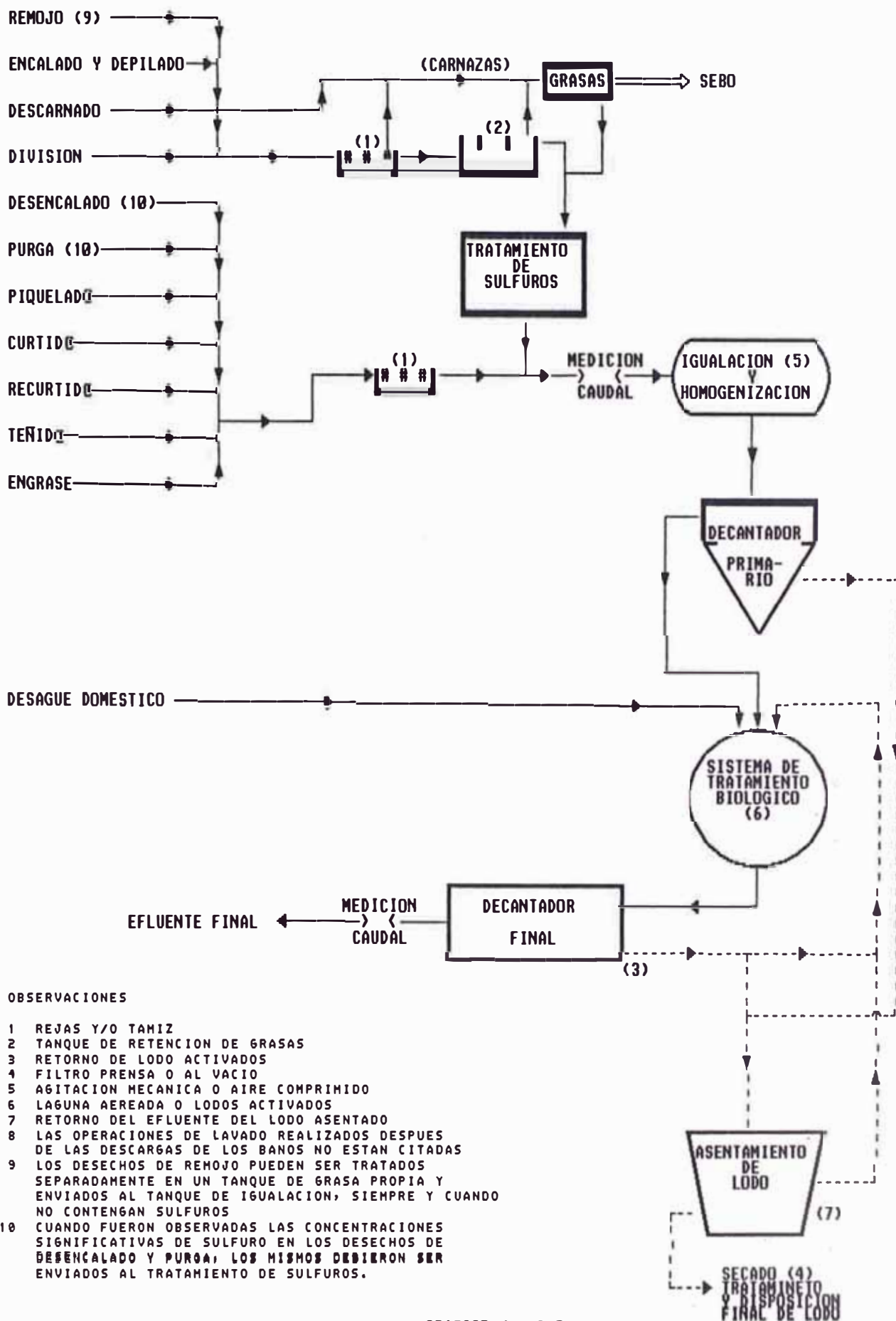
Proceso mecánicos Filtros prensa, filtros al vacío y
centrífugas.

3. TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL

Es necesario hacer una caracterización y clasificación del lodo, siguiendo las normas técnicas existentes, antes de optar por su tratamiento y disposición final. Una vez que el lodo puede presentar características tóxicas, este lodo con contenido de cromo y mercurio ofrece riesgos a las aguas subterráneas y superficiales, por tanto no debe ser utilizado como fertilizante.

El gráfico Nº 3.7 presenta un flujograma simplificado con tratamiento primario y secundario para aguas residuales de curtiembre.

FLUJOGRAMA SIMPLIFICADO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES



OBSERVACIONES

- 1 REJAS Y/O TAMIZ
- 2 TANQUE DE RETENCION DE GRASAS
- 3 RETORNO DE LODO ACTIVADOS
- 4 FILTRO PRENSA O AL VACIO
- 5 AGITACION MECANICA O AIRE COMPRIMIDO
- 6 LAGUNA AEREADEA O LODOS ACTIVADOS
- 7 RETORNO DEL EFLUENTE DEL LODO ASENTADO
- 8 LAS OPERACIONES DE LAVADO REALIZADOS DESPUES DE LAS DESCARGAS DE LOS BANOS NO ESTAN CITADAS
- 9 LOS DESECHOS DE REMOJO PUEDEN SER TRATADOS SEPARADAMENTE EN UN TANQUE DE GRASA PROPIA Y ENVIADOS AL TANQUE DE IGUALACION; SIEMPRE Y CUANDO NO CONTENGAN SULFUROS
- 10 CUANDO FUERON OBSERVADAS LAS CONCENTRACIONES SIGNIFICATIVAS DE SULFURO EN LOS DESECHOS DE DESENCALADO Y PURGA; LOS MISMOS DEBIERON SER ENVIADOS AL TRATAMIENTO DE SULFUROS.

GRAFICO No. 3.7

CAPITULO IV
MINIMIZACION

IV. MINIMIZACION^{22,23}

Este siglo se ha caracterizado por un gran desarrollo tecnológico e industrial en el que el gran ingenio humano no ha tenido limitación alguna, dando lugar a la aparición de grandes ingenios industriales en todo el orbe.

Pero este desarrollo no ha tenido en cuenta las consecuencias adversas. Se dió más importancia al aumento de un ingreso económico, pasando por alto el desequilibrio ecológico, que desde un inicio fue dando llamadas de alerta que no fueron atendidas.

La respuesta inicial, de los países más afectados (los industrializados), fue, aplicar una legislación fuerte, que obligó a los industriales a invertir grandes capitales por lograr disminuir los efectos contaminantes de sus descargas. Muchas de estas industrias optaron por trasladar aquellos procesos que originaban mayor contaminación hacia países que carecían de una legislación de protección, o en los cuales no eran tan exigentes. Este fue el caso de los países latinoamericanos, y quizás un ejemplo claro lo proporcionan las industrias de cuero, que establecieron en ellos los procesos de ribera y curtido, dos de las etapas más contaminantes en este tipo de industrias.

Aún así muchos de estos países, empezaron a imponer reglas cada vez más severas, obligando al sector industrial, buscar nuevas alternativas viables, de bajo costo, que no produzcan desaliento a la inversión industrial ante leyes cada ves más exigentes tanto en países industrializados como los no industrializados.

La minimización surge como una nueva filosofía, como una nueva estrategia para el manejo de residuos calificados como peligrosos. Esta nueva filosofía, está siendo cada vez más difundida, por el doble beneficio que se logra:

Un beneficio económico al sector industrial, por una minimización basada en una optimización de procesos, recuperación y reuso de productos que guardan características similares al producto original; y el reciclaje de aquellos residuos que pueden dar origen a otros productos que tienen un valor económico.

Un beneficio social, al lograr disminuir la contaminación por los desechos de residuos y logrando mantener así un equilibrio ecológico por una efectiva protección ambiental.

4.1 DEFINICION^{22,23}

No hay hasta el momento una definición exacta que pueda abarcar todos los aspectos involucrados en la minimización de residuos peligrosos.

La minimización, calificada como estrategia o filosofía, es en concepto, toda actividad que reduce el volumen y/o la toxicidad de cualquier residuo peligroso.

Este concepto involucra pues, el desarrollo de tecnologías, optimización de procesos industriales, así como también, aspectos gerenciales de planificación, organización y economía.

Según el Banco Mundial se destacan tres componentes en la minimización de residuos :

- Reducción en la fuente.
- Reciclaje.
- Tratamiento.

Este concepto de minimización puede muy bien ilustrarse como se muestra en el gráfico Nº 4.1.

El marco conceptual de esta definición lo constituye las acciones tanto en la parte interna de la planta industrial como en los residuos que esta puede lanzar al ambiente.

Por su parte, para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la minimización de residuos, dentro del marco del proceso productivo, contempla actividades de reducción en la fuente y reciclaje. A diferencia del Banco Mundial, la EPA considera al tratamiento de residuos como una actividad aparte.

4.2 REDUCCION EN LA FUENTE^{22,23}

Constituye uno de los componentes más importante de la minimización. Comprende el conjunto de técnicas que lleven a una sustitución de productos y/o control de la fuente generadora de residuos.

Reducción en la fuente significa pues, afrontar el problema de la reducción de la carga contaminante desde el lugar de origen. Ello implica un conocimiento bastante amplio de los procesos industriales, es decir saber con certeza los fenómenos tanto físicos como químicos que se llevan a cabo en cada proceso, asimismo, de las secuencias operacionales en cada uno de ellos, y el tener un control constante de los productos obtenidos en calidad y cantidad, como de los residuos generados en aquellos.

Acompañando a lo anterior, están involucrados los programas, las políticas y organización de estrategias que tiene la industria generadora ante los cambios debidos al desarrollo de nuevas tecnologías, aparición de nuevos productos y de sus efectos adversos o no al medio ambiente.

A continuación se presentan la técnicas de minimización, agrupados en dos rubros de acción, tal como lo podemos apreciar en el gráfico N° 4.2

A) CAMBIO DE PRODUCTOS O SUSTITUCION DE PRODUCTOS

Está asociado a los productos usados originariamente de manufactura y significa el reemplazo de un producto original con un producto diferente, que es destinado para un uso idéntico, o la alteración del producto original usado, da por resultado un decrecimiento o eliminación de la generación de residuos peligrosos.

En el caso específico de la industria de cuero, encontramos el uso de productos sintéticos, que no presentan en su formulación al sulfuro, que es utilizado generalmente para el proceso del pelambre.

Es difícil cuantificar el corriente estado o efectividad de estas técnicas de reducción de fuentes. Cada sustitución necesita ser evaluada sobre un caso o bases de específica aplicación. La viabilidad de un sustituto puede basarse sobre:

Si el sustituto puede funcionar adecuadamente como un reemplazante,
si el costo económico de un sustituto justifica su uso como un reemplazante,
si la fabricación y disposición de un sustituto reduce las consecuencias del mismo ambiente.

CONCEPTO DE MINIMIZACION DE RESIDUOS

(Segun Banco Mundial)



Fuente BATSTONE, R.. " THE DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTES "

GRAFICO Nro 4.1

si el beneficio costo/medio ambiente del sustituto es suficientemente atractivo.

factores socio-culturales, tales como las acciones gubernamentales (ej. gestiones políticas) para promover el sustituto.

B) CONTROL DE FUENTES

El control de fuentes significa la reducción o eliminación de la ejecución de residuos peligrosos dentro del proceso a través de la alteración del material de ingreso, alteración tecnológica o cambios de procedimientos (práctica de buena operación).

Detección del material del ingreso:

La efectividad de la alteración del material de ingreso como una técnica de reducción de fuentes generalmente difiere de acuerdo al tipo de proceso involucrado.

Modificaciones tecnológicas:

En ciertas instancias, las instituciones tecnológicas son efectivas en la minimización de desechos. Un producto puede estar algunas veces falsificado por dos o más procesos distintos.

Desafortunadamente, las modificaciones de las instalaciones existentes, pueden involucrar considerables investigaciones y desarrollo o inversión de capital, y puede requerir largos periodos de implementación. El cambio de tecnología está orientado hacia las modificaciones tanto en los procesos como en instalaciones y equipos que logran reducción de residuos, primordialmente en el lugar donde se generan.

El rango para estos cambios va desde un menor cambio que puede ser implementado en unos cuantos días y abajo costo, a la institución de procesos que involucra un gran costo de capital. Podemos mencionar los tipos de cambios que se pueden presentar:

a) Cambio en procesos productivos.

Las ineficientes reacciones químicas de un proceso son la mayor fuente del incremento de la generación de desechos. El mejoramiento de la eficiencia del proceso a través de catalizadores, diseño de reactores, y parámetros operacionales han sido probados para reducir significativamente la cantidad de desechos.

b) Modificación de equipos

Es otro modo de reducir la generación de desechos. Aquí se puede mencionar, el aporte de los avances tecnológicos, en el que aparecen nuevos equipos que tienen como fin el conseguir procesos limpios, es decir eliminar los residuos generados en forma más eficiente.

c) Automatización

El proceso de automatización que ayuda a optimizar el uso de productos, por medio de un ajuste automático de los parámetros del proceso. Tiende en muchos casos, a minimizar errores del operador, reducir la posibilidad de vertimientos y a impedir la producción de materiales sin especificación que pueden ser altamente tóxicos aún en un menor volumen de desecho.

d) Conservación del agua

Una optimización en el uso del agua, puede dar por resultado

una significativa reducción de desechos. El eficiente lavado de productos da por resultado la reducción de la generación de lodos, por minimización de cantidades de productos perdidos en el lavado de agua y la cantidad de desagüe que genera. Las modificaciones tecnológicas y desarrollo de tecnologías de baja producción de desechos es comúnmente el foco central de la minimización de desechos. Generalmente estos cambios son los más costo-efectivos cuando se implementan durante el planeamiento de la planta o periodo de diseño, o cuando la planta está reequipándose y reemplazando el equipo cesado. La readaptación de plantas que ya han sido diseñadas y/o contruidas, es a veces caro y difícil. Consecuentemente mientras las modificaciones tecnológicas pueden ser de efectividad limitada en relación a la de la generación y toxicidad de recursos existentes; pueden ser efectivos en limitar la futura generación de desecho.

Cambios de procedimientos:

Se refiere a las "buenas prácticas operativas", que involucran la alteración de procedimientos existentes, aspectos organizativos, o instituciones de un proceso de fabricación. El objeto está limitado innecesariamente a la generación de desechos atribuidos a la interacción humana (o la falta de ésta).

Ejemplos de " buenas prácticas operativas" son:

Capacitación de empleados.

Manejo de iniciativas.

Control de inventarios.

Segregación del flujo de desecho.

Mejotamiento en la manipulación de materiales.

Mejoramiento de horarios, flujos y falta de prevención y mantenimiento preventivo

Otros incluyen el horario de operaciones necesarias para limitar la frecuencia de equipos de limpieza y en consecuencia, disminuir la generación de desechos, la segregación de residuos peligrosos para minimizar el volumen de desechos contenidos.

La información que se tiene es insuficiente para cuantificar la común efectividad de las prácticas de reducción de volumen o toxicidad. En términos cuantitativos los datos indican que la industria en los países desarrollados ya han reducido considerablemente el volumen de sus desechos. Muchos de esos métodos de control de fuentes, sin embargo, han sido empleados para:

- 1) Reducir costos o mejorar la calidad del producto y, como resultado incrementar beneficios;
- 2) Responder a las reglamentaciones existentes sobre el medio ambiente.

Raramente han sido usadas estas prácticas solamente con propósitos de minimización de desechos. La información actual sugiere que la reducción de fuentes aparece como una alternativa factible y practicable.

4.3 RECICLAJE^{22,23}

Visto genéricamente, el "reciclaje" abarca las actividades de reuso y regeneración. La discusión en esta sección será sobre actividades de

reciclaje de residuos peligrosos por recuperación de materiales, así como también, por recuperación de energía. Las decisiones de un reciclador sobre cómo tratar un desecho está principalmente determinado por el carácter de desechos específicos o mezcla de desechos, donde debería tomar lugar el tratamiento (en el lugar o fuera de él), sin embargo es una función de las prácticas de manejo de los generadores que incluye :

Proximidad a las instalaciones de reciclado fuera del lugar.

Costos económicos, relacionando el transporte de desechos.

El volumen de desechos disponible para procesarlos.

Costos relacionados al almacenaje de desechos, en el lugar, comparando con los de fuera de él.

El reciclaje es caracterizado por tres grande prácticas

1. Uso directo o reuso de un desecho en un proceso.
2. Recuperación de un material secundario para un separado uso final, tal como la recuperación del metal de un lodo.
3. Remoción de impurezas de un desecho para obtener una relativamente pura sustancia reusable.

Recuperación de materiales

Aunque el reciclaje, es practicado a considerables grados por ciertas industrias, solo cerca del 4% de los residuos peligrosos generados en los Estados Unidos de N.A., fue reciclado en 1981, de los que 81% de éstos volumen se recicló en el lugar. Sin embargo el reciclaje fuera del lugar está aumentando con la aparición de recicladores comerciales y tranferencia directa de desechos de generadores a otros quienes reusan los desechos.

Los desechos reciclados son usados como realimentación en los procesos de producción o como sustituto de productos químicos comerciales.

Los factores que influyen en si una industria recicla sus desechos, incluye:

1. El tipo de proceso que genera desechos.
2. El volumen, composición y uniformidad de desechos.
3. Identificación del uso y reuso de los desechos.
4. Disponibilidad y precio de los materiales vírgenes relativos a los costos de reciclaje y almacenaje de desechos.

La toxicidad del desecho no parece ser el factor directo en el grado de reciclaje de un desecho generado, aunque como se vió anteriormente, el alto volumen de desechos que a veces son menos tóxicos, son más comunmente reciclados.

Generalmente los flujos que son reciclados en los más grandes volúmenes son diluídos con flujo de desechos conteniendo un constituyente que puede ser reusado en aplicación de gran escala por un generador. Por ejemplo en el sector de productos químicos y afines las soluciones ácidas y alcalinas usadas, son recicladas en la industria de equipos de transporte; los lodos del tratamiento de aguas residuales de los procesos de electroplatinado y baños de cromo son reciclados. Las soluciones de cromo pueden reusarse y recuperarse en las curtiembres. Estos flujos son de variada toxicidad y los datos no son concluyentes en cuanto a si la toxicidad juega un rol en el flujo que está siendo reciclado.

Los solventes tienden a recuperarse en más grandes cantidades que otros desechos. Esto es porque hay una tecnología existente para permitir la recuperación, y existe un mercado para el reciclado de solventes. La tecnología disponible (ejemplo: destilación) es relativamente barato para operar y poder obtener niveles de alta pureza (95% o más). En otros casos, sin embargo, los procesos de producción generan desechos que no son prácticos para recuperarlos desde que ellos no son útiles en la producción.

Recuperación de energía

Un exámen en los Estados Unidos en 1981, indicó que el reciclaje de materiales, recuperación y reuso parece ser más popular que la recuperación de combustible y energía. Hay dos razones por la que esto es así. Primero, algunos desechos que podrían reciclarse para recuperación de energía, pueden también ser regenerados o reusados una y otra vez. La recuperación de energía por el contrario elimina los afluentes. Sólo cuando el desecho está muy sucio (contaminado por el repetido reuso) hace que los generadores consideren la recuperación de energía como una opción.

Otras tecnologías de reciclado

Los desechos que tienen más altas concentraciones de constituyentes son usualmente relacionados para la recuperación y regeneración. Los datos sugieren que hay niveles a los que se debe llegar para que el desecho sea considerado elegible por el proceso de reciclado. Los solventes y no solventes halogenados deben estar en promedio, en el rango de 35% a 40% antes de que la recuperación y reuso sean prácticos. Para otros solventes, tales como los solventes no halogenados y corrosivos, los niveles son más bajos para las prácticas de recuperación y reuso. En cualquier caso, el nivel de concentración promedio para el material, siendo recuperado usando tecnologías de recuperación, es más alto que cualquier otra práctica de

manejo (tales como el tratamiento de desechos en el lugar, embalses superficiales, descarga de desechos, disposición en el terreno y tratamiento orgánicos).

Un número de otras características típicas son comunes a los flujos de desechos que son reciclados. Para ser viable teóricamente y económicamente el reciclaje, un flujo normalmente debe ser uniforme (esto es, no debe contener más de un contaminante). Otros factores que debe cumplir con el fin de que el reciclado sea exitoso incluye :

Debe existir un mercado para el material reciclado dentro de una distancia económicamente viable.

Los desechos reciclados deben reunir requerimientos de pureza para el proceso industrial.

Esto porque los desechos reciclados deben ser económicamente competitivos con los materiales vírgenes por los que son reemplazados, dado que los desechos deben ser procesados previo al reuso. El proceso de regeneración incluye separación química, física y electroquímica.

Mientras no se haya tan común el reciclado en el lugar, el reciclado comercial está llegando a ser crecientemente popular. Esto de hecho favorecido por algunas industrias.

El reciclado fuera de sitio, regularmente ocurre en plantas móviles, instalaciones de recuperación centralizadas u otras plantas comerciales de reciclaje. Un crecimiento de los servicios comerciales de reciclaje llamados "batch tolling" acepta residuos peligrosos de un generador sólo para el tratamiento y retorno del producto recuperado al mismo generador

para su reuso. El reciclador cobra un tributo al generador por recuperar el material regenerado. Algunos generadores actualmente han mancomunado sus recursos y ahora operan instalaciones centralizadas, de ese modo reducen su costo de capital y operativo.

Ciertos desechos que no son útiles a un generador, quizá es deseado por otra industria como material crudo. El intercambio de desechos es a veces útil en instalaciones que transfieren y reciclan esos desechos. Ellos sirven como cámara de compensación (registrando desechos que son aprovechables o deseables), también pueden actuar como agentes; ocasionalmente transportan de una a otra planta. La información que se dispone, sugiere que aproximadamente 20% a 30% de todas los desechos registrados por intercambio son eventualmente reciclados. Algunos de los desechos que son más frecuentemente reciclados incluye ácidos, álcalis, solventes, desechos metálicos y corrosivos.

4.4 TRATAMIENTO²²

El tratamiento como parte de la minimización de desechos, se define como cualquier actividad o serie de actividades que reduce el volumen y/o toxicidad de residuos peligrosos sin recuperación de material valioso que sea posteriormente empleado en la fabricación de un producto comercial. Ejemplo: un incinerador para la disposición de solventes clorados gastados con el pegador y neutralización de cloruro de hidrógeno de las tuberías de gas. La bibliografía refleja una extensa investigación y desarrollo de tecnologías de tratamiento de residuos peligrosos. Existen tres principales áreas de tratamiento: física, química y biológica.

Estos procesos tienen por objetivo reducir el volumen y/o toxicidad de los residuos. Algunos destruyen completamente los residuos o los convierten

en materiales inocuos, mientras que otros facilitan la disposición de los residuos los cuales deben, no obstante, ser dispuestos adecuadamente.

Actualmente en los países industrializados, dado que las restricciones son cada vez mayores para disponer los residuos, se está dando mucho énfasis al tratamiento de esos residuos peligrosos. En este sentido, se utiliza desde los métodos más simples como la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulación para inmovilizar contaminantes, y la utilización de polímeros que descomponen las sustancias tóxicas orgánicas.

Las tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos son muchas, y su elección se realiza dependiendo de muchos factores como son accesibilidad, estándares de seguridad y costos.

En lo que se refiere al desarrollo de tecnologías, se viene llevando a cabo mucha investigación en el área de tratamiento biológico. Se utilizan microorganismos que tienen capacidad de biodegradar compuestos organoclorados, como son el lindano, DDT, y 4,5,6-triclorofenol. Esta opción de tratamiento de compuestos organoclorados es más económica que las otras utilizadas, por ejemplo, la incineración. Sin embargo, es difícil mantener las colonias de microorganismos de forma que metabolicen los contaminantes, sin que los constituyentes tóxicos los afecten.

4.5 MINIMIZACION EN LA INDUSTRIA DE CUERO^{2,3,4,5,6,7,8,10,22,23}

De los datos mostrados en el capítulo anterior respecto a las características que presentan los efluentes generados en la industria de cuero, es evidente que los residuos de curtiembre deben ser tratados adecuadamente antes de su descarga a los cuerpos receptores.

El tratamiento debe estar orientado especialmente a eliminar la toxicidad debida a productos químicos específicos, tales como sulfuro y cromo, a reducir la DBO₅ y la cantidad de sólidos suspendidos. En principio surgen dos alternativas

1. Tratamiento total de los efluentes de la sección hasta hacerlos aptos para su volcado en los recursos. Esto implica que quedaría resuelto el problema de producción, no así el de consumo de agua, y además se necesitarían grandes inversiones sin ninguna posibilidad de ahorro.
2. Tratamiento por operación o por bloque de operaciones, cuyos efluentes tengan la misma naturaleza, analizando en cada caso la posibilidad de reusar los licores tratados que presenten características útiles en el proceso, tales como sustancias químicas no agotadas (caso sulfuro en los efluentes de pelambre y cromo en los de curtido) o que puedan utilizarse para lavados.

Este último punto de vista tiene ventajas considerables sobre el anterior :

- a) El reuso implica la disminución del consumo de reactivos.
- b) Se economiza agua por la reutilización de licores.
- c) El reuso parcial o total de las sustancias químicas disminuye su presencia en el efluente final.

Sintetizando lo expuesto llegamos a que, si fuera factible el reuso de líquidos en la industria curtidora, lograríamos disminuir la contaminación y deterioro de los recursos, disminuir el consumo de agua -recurso escaso-

con un tratamiento que si bien introduce modificaciones tecnológicas en el proceso (reuso), significa ahorro de insumos, permitiendo que en términos globales el tratamiento de efluentes no sea tan oneroso como en los tratamientos convencionales.

No sólo se debe lograr una mejora en la calidad del efluente del proceso sino también mantener la calidad del cuero obtenido. Este hecho es importante destacarlo ya que generalmente -no siempre- la tecnología que se propone impone condiciones de trabajo más rigurosas en relación a algunos parámetros de proceso, entre otros:

Naturaleza y cantidad de el o los reactivos principales.

Volumen de agua (asociado a la concentración de los distintos componentes)

Tiempo de procesamiento.

De manera que es necesario realizar un estudio cuidadoso para lograr los objetivos que se persiguen en la implementación de una nueva alternativa.

Considerando lo expuesto se propuso para desarrollar un programa de investigación, según el esquema propuesto por la EPA, tal como se puede apreciar en el gráfico N^o 4.3.

La aplicación y evaluación de este esquema parte de la premisa de que un generador mantendrá un programa de minimización si está convencido que los beneficios de tal programa se visualiza en una reducción de los costos. Los beneficios potenciales incluye mejoras económicas, cumplimiento con las normas vigentes, reducción de riesgo asociado con la generación de

PROGRAMA DE MINIMIZACION DE RESIDUOS
(Segun EPA)

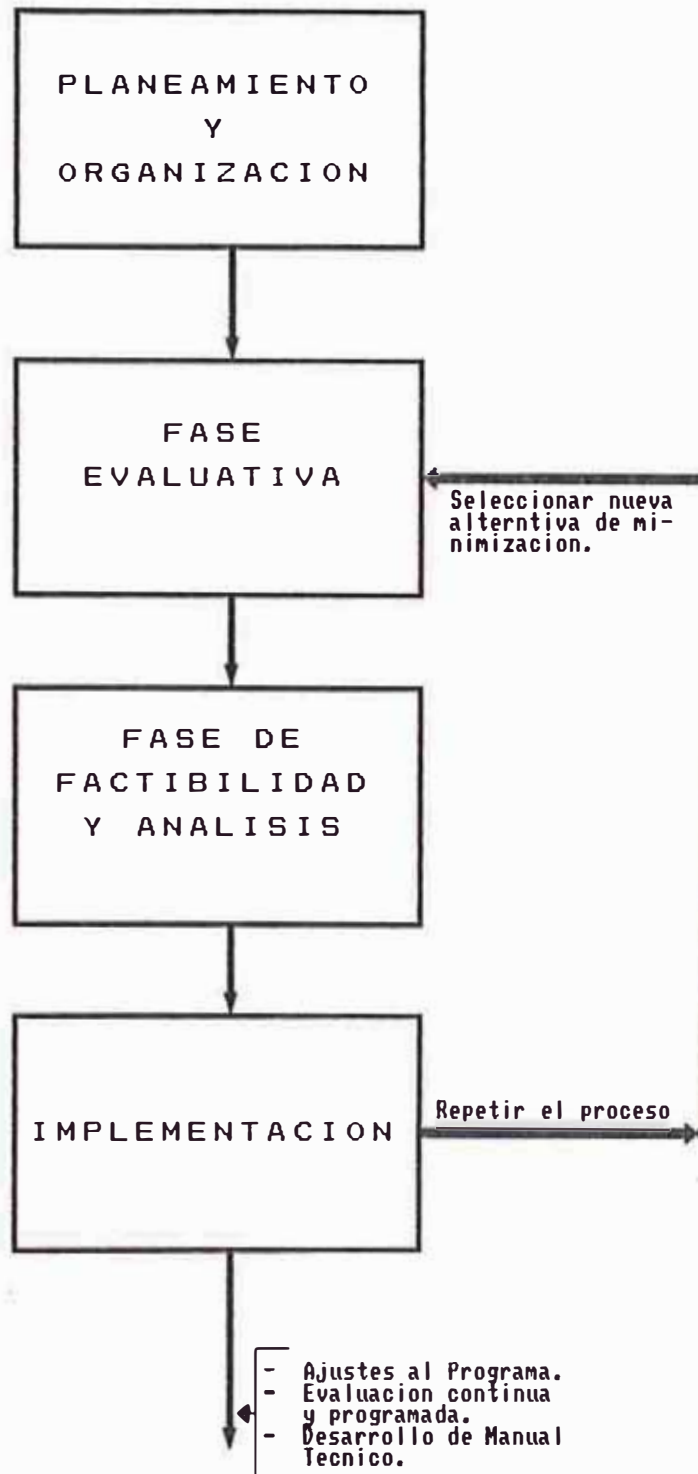


GRAFICO Nro 4.3

residuos, mejorar la imagen pública y reducir el impacto ambiental negativo que sus desechos produce.

Los objetivos de un programa de minimización de residuos es mejor llevado si también los encargados de controlar y ejecutar las operaciones y procesos industriales, también forman parte de una política aceptada y dirigida por el industrial.

PLANEAMIENTO Y ORGANIZACION

Esta etapa consiste :

1. Revisión bibliográfica de experiencias en otros países sobre aspectos legales, manejo de residuos industriales, organización y programas implementados.
2. Reconocimiento de la problemática de los efluentes en distintas curtiembres y evaluación de información previa seleccionada.
3. Elaboración de un programa de aplicación, fijándose las metas de reducción de la contaminación y del ahorro en insumos químicos.
4. Visitas a industrias previamente seleccionadas, en las cuales se hace una evaluación para la aplicación del programa, para finalmente seleccionar a la industria más factible de realizar las experiencias.

FASE EVALUATIVA

Esta etapa -realizada en cinco fases- comprende esencialmente las pruebas desarrolladas en las instalaciones de la planta industrial, y consiste de lo siguiente:

1. Conocimiento del proceso productivo de la industria, la caracterización de los efluentes por operación de las etapas de ribera y curtido.
2. Ensayos a escala laboratorio, así como el desarrollo de la metodología para determinaciones analíticas y recuperación de los baños de palambre como de curtido.
3. Desarrollo e investigación a escala piloto, con base a las conclusiones obtenidas en los ensayos a escala laboratorio.
4. Planteamiento de un programa de minimización consistente en el reuso a nivel industrial de las descargas en los procesos de pelambre y curtido, así como de las unidades de recuperación y tratamiento de los líquidos recuperados para el reuso.

FASE DE FACTIBILIDAD Y ANALISIS

Comprende :

1. Evaluación técnica, consistente en la cuantificación de los objetivos de la aplicación de un programa de minimización :
 - a) Disminución de la carga contaminante de los efluentes descargados al sistema de alcantarillado.
 - b) Ahorro en el consumo de agua.
 - c) Calidad de los productos finales, al aplicar dicho programa.

Evaluación económica, que consiste principalmente en una análisis de costo/beneficio.

IMPLEMENTACION

Esta etapa consiste en la evaluación del efluente global de la

curtiembre constituido por los efluentes mejorados de las operaciones de ribera y curtido, conjuntamente con los residuales líquidos del resto de los procesos. Esta etapa aún no ha sido evaluada, por lo que no será incluida en el desarrollo de esta tesis.

PLANTEAMIENTO DE LA RECUPERACION Y REUSO EN LOS PROCESOS DE PELAMBRE Y CURTIDO

Se plantea recuperar el líquido residual en una recirculación directa reajustando, antes de su utilización, el volumen inicial y concentración de los distintos reactivos que son empleados en el proceso, separándose los componentes insolubles por decantación si es necesario.

El líquido residual es más complejo que el inicial ya que contiene los productos de las reacción entre la piel y los reactivos químicos empleados. En relación a estos productos secundarios es necesario que la evolución de la concentración durante los ciclos no perturbe el proceso en estudio. De modo que en la recirculación es importante alcanzar un estado de equilibrio compatible con el proceso, en los componentes que forman el sistema para lograr uniformidad en los resultados.

En teoría y debido a que los distintos productos se distribuyen entre la piel y el líquido y el efecto de dilución que tiene lugar cuando se recompone al volumen inicial, todos los componentes de un líquido en recirculación alcanzarían luego de n ciclos (dependiendo n de la naturaleza de la sustancia y del proceso) un estado estacionario que permitiría hablar de una condición de uniformidad durante la reutilización.

En la práctica experimental de reutilización de líquidos residuales surge la pregunta de cuándo debe interrumpirse la recirculación. Teórica-

mente, no es necesario interrumpir el reuso, por el contrario, debe observarse una estabilización de los componentes del líquido que permite asumir un reuso continuo. No obstante, es la calidad de la piel depilada y del cuero elaborado que va a determinar la necesidad de interrumpir la recirculación.

PROPUESTA PARA LA RECUPERACION Y REUSO EN EL PROCESO DE PELAMBRE

Un esquema básico para el reciclaje es el siguiente (Ver Capítulo V, gráfico Nº 5.8): el baño residual proveniente del fulón, es separado y homogenizado en el tanque recolector, garantizando una alimentación regular al decantador. En el decantador que debe ser dimensionado para dos horas de tiempo de retención, ocurrirá la sedimentación de los residuos sólidos decantables, que luego son extraídos para su disposición final. La fase sobrenadante sigue a un tanque de almacenamiento, donde el licor debe ser analizado (para calcular la adición de cantidades nuevas de refuerzo) y bombeado a un fulón para su reutilización.

Algunas industrias prefieren una alternativa constituida de tamiz, tanque de almacenamiento y reuso. Este sistema también es viable técnicamente, pero es menos efectivo que el primero, ya que en la decantación hay una remoción de sólidos mayor que en el tamizado.

PROPUESTA PARA LA RECUPERACION Y REUSO EN EL PROCESO DE CURTIDO

Se debe dar especial atención a la disposición final del líquido de cromo, porque éste, en sus varios estados de valencia es peligroso para el hombre, la vida acuática y la vegetación.

La mayoría de los procesos de curtido al cromo convencionales, tienen la desventaja de no agotarse totalmente los baños residuales, ya que en

general el agotamiento del curtiente es del orden de 70% a 80%, imposibilitando así su descarga directa al alcantarillado. Así por ejemplo, considerando que en el proceso tradicional de curtido al cromo, se utiliza 2.5% de óxido de cromo (referido al peso de piel a curtir) y que el agotamiento del curtiente es del orden del 75%, la cantidad de óxido de cromo en el efluente de curtido para una curtiembre que procesa 1,000 pieles/día sería de 180 kg, lo que representa en el año 180,000 kg de sal básica de cromo (25% de Cr₂O₃).

Actualmente se observan distintas tendencias para reducir la concentración de cromo en el efluente, las que se mencionan a continuación:

- a) Nuevos curtientes a base de cromo que aumentan el agotamiento del mismo en el proceso de curtido.
- b) Reemplazo parcial o total del cromo por otros curtientes, por ejemplo a base de aluminio y aluminosilicatos alcalinos, entre otros.
- c) Nuevos procesos de pre-curtido para reducir la oferta de cromo durante el curtido, aumentando además el agotamiento.
- d) Recirculación directa de los líquidos residuales del curtido.
- e) Separación del cromo por precipitación y posterior utilización en el proceso de curtido.

La elección de una de estas alternativas por parte de un establecimiento depende de varios factores, entre los cuales pueden mencionarse: naturaleza del artículo elaborado, calidad del mismo; área disponible, si la curtiembre fabrica la sal curtiente; si se tienen que modificar los procesos de pos-curtición, equipamiento disponible en el sector de curtido, etc. Las soluciones de cromo se pueden regenerar y reusar por el ajuste de

la solución agotada, adicionando sales de cromo, ácido sulfúrico y cloruro de sodio para restaurar la concentración apropiada.

Uno de los principales problemas de los sistemas sencillos de reciclaje es la baja eficiencia y el drenaje irregular de la mayor parte de los fulones en uso. Generalmente se logra recuperar un 53% del líquido que es descargado de los fulones, y existe una pérdida del 43% que se produce al momento de sacar los cueros del fulón. Con una recogida más eficaz del licor pueden conseguirse mayores proporciones de reciclaje, recordando como se ha dicho anteriormente, la imposibilidad de reciclar el 100% del baño. Además, existe la necesidad de separar los baños residuales de curtimiento al cromo de los otros efluentes líquidos generados durante el procesamiento del cuero. La propuesta de recuperación y reuso en el proceso de curtido, consiste en lo siguiente

1. Separación del baño de curtido.
2. Tamizado del baño.
3. Análisis del baño, para determinar la cantidad necesaria para la regeneración del líquido a reusar.
4. Aplicación del baño residual, reforzando en un nuevo proceso de curtimiento.

Todo esto se puede apreciar claramente en el gráfico Nº 5.11 del Capítulo V.

Finalmente, el gráfico Nº 4.4, muestra un esquema general, propuesto en la recuperación y reuso en las etapas de ribera y curtido para su aplicación a escala industrial.

**ESQUEMA DEL PROGRAMA DE MINIMIZACION EN LA INDUSTRIA DE CUERO
REUSO DE LOS BANOS DE PELAMBRE Y CURTIDO**

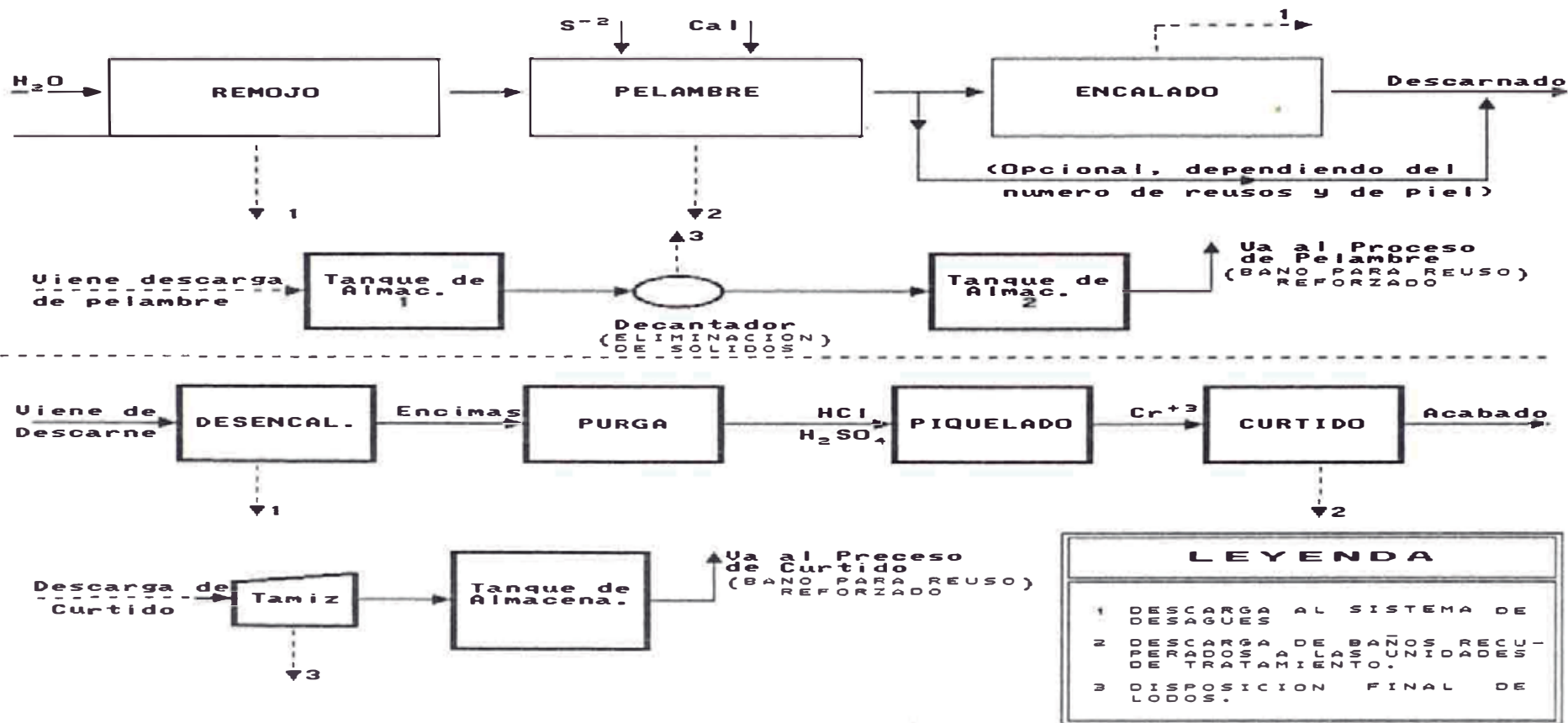


GRAFICO Nro 4.4

CAPITULO V

**APLICACION DE LA MINIMIZACION A ESCALA PILOTO
EN LA INDUSTRIA DE CUERO**

V. APLICACION DE LA MINIMIZACION A ESCALA PILOTO EN LA INDUSTRIA DE CUERO

Este capítulo trata sobre la parte práctica de la Tesis, la cual consistió en pruebas a escala piloto en las instalaciones de una industria dedicada a la producción de cueros de ganado chico: ovino y caprino.

Anterior a las pruebas se realizó una caracterización de los efluentes industriales en dos periodos diferentes: a) Caracterización por operación y procesos y b) caracterización del efluente final que es descargado al alcantarillado.

De esta caracterización se dieron las pautas para la realización de las pruebas de reuso. Se estableció que dentro de las secciones en que se divide el proceso, existen dos: ribera (eliminación de los pelos de la piel) y curtido, que presentan las características más agresivas tanto para los tratamientos convencionales como para los medios colectores.

Las concentraciones de sulfuro S^{-2} (etapa de ribera) y cromo Cr^{+3} (etapa de curtido) presentes en estas descargas justifican la posibilidad de recuperación y reuso, tal como ya se habían venido desarrollando en algunos países.

Las pruebas a escala piloto, se desarrollaron en 5 fases, con una duración total de 20 meses.

Fase I

Las actividades realizadas durante esta primera fase comprenden el conocimiento del proceso productivo de la industria, la caracterización de los efluentes por operación y proceso de las etapas de ribera y curtido, así como el desarrollo de la metodología de laboratorio para determinacio-

nes analíticas y recuperación de los baños tanto de pelambre como de curtido.

Fase II

Comprende la realización de pruebas de recuperación y reuso de los baños de pelambre y curtido a escala piloto, con 20 pieles, cuya finalidad era la puesta a punto de los procesos para simular las condiciones normales de un proceso a escala industrial.

No se realizaron las determinaciones de las concentraciones de sulfuro y cromo.

TABLA Nº 5.1
PRUEBAS REALIZADAS A ESCALA PILOTO EN LAS DIFERENTES FASES DEL ESTUDIO

a) Fase II (Setiembre - Febrero 1991)

Número de Pieles	Corrida Nº	Número de Reusos	Porcentaje de Ahorro
20	1	2	25
20	2	3	35
20	3	5	20

Nota :
 Corrida No 1 Reuso sin cambio de Proceso.
 Corrida No 2 Reuso con separación de baños Sulfuro - Cal.
 Corrida No 3 Reuso con Sulfuro - Soda.

b) Fase II (Setiembre - Febrero 1991)

Número de Pieles	Corrida Nº	Número de Reusos	Porcentaje de Ahorro
20	1	4	32

Fase III

Esta fase encierra la caracterización del efluente global de la industria, pruebas para diseño del sistema de recolección del total de efluentes generados así como la cuantificación de los residuos sólidos que la industria produce.

Fase IV

En esta fase se realizó las pruebas de recuperación de los baños de pelambre y curtido a escala piloto con 100 pieles. El objetivo fue seleccionar la alternativa más viable de ser aplicada con base al número de reusos obtenidos y porcentaje de ahorro obtenidos.

c) Fase IV (Mayo - Agosto 1991)

Número de Pielas	Corrida Nº	Número de Reusos	Porcentaje de Ahorro
100	1	4	25
100	2	1	25
100	3	2	25

Nota :
 Corrida No 1 Reuso sin cambio de proceso
 Corrida No 2 Reuso con separación de baños sulfuro - cal
 Corrida No 3 Reuso con sulfuro - soda cáustica.

d) Fase IV (Mayo - Agosto 1991)

Número de Pielas	Corrida Nº	Número de Reusos	Porcentaje de Ahorro
100	1	4	25
100	2	7	25

Fase V

En esta fase se realizaron las pruebas finales de reuso. Se hicieron pruebas a escala piloto con 100 pieles caprino mediano. Los objetivos

fueron: a) plantear el proceso de pelambre y curtido, en un programa de reuso de las descargas generadas en ellos; b) determinar el porcentaje de ahorro en insumos químicos, volumen de agua; y c) determinar el número óptimo de reusos. Además se da una propuesta del diseño de las unidades de recuperación y reuso para la aplicación a escala industrial. Los resultados en esta última fase será estudiado con detalle en este Capítulo.

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA^{12,25}

Se realizaron dos caracterizaciones de los efluentes industriales en dos periodos diferentes :

1. Caracterización de efluentes por operación o proceso al comenzar el estudio de caso (Fase I)
2. Caracterización del efluente final (Fase III).

Los parámetros que se determinaron, son los que la bibliografía indica como los más indicados para evaluar la contaminación causada por estos efluentes a los sistemas receptores ya sea: alcantarillado, planta de tratamiento, etc.).

Para el análisis de las muestras tomadas para este estudio, se han seguido los métodos estandard aprobados por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER ASSOCIATION y FEDERATION OF SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTES ASSOCIATION, los que a continuación son descritas:

pH

La concentración del ión hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales. Es un indicador del estado ácido o alcalino de un desecho además nos indica si el

desecho puede o no ser incluido con desagües normales, o si se requiere o no ser neutralizado. También puede indicarnos la posibilidad de combinar un desecho con otro a fin de obtener una neutralización mutua o lograr la precipitación.

SOLIDOS

Es la característica física más importante del agua residual, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. La utilización de éste parámetro en el análisis de desechos industriales para determinar si son necesarios y en su diseño de tanques de sedimentación primarios, en plantas que se empleen procesos biológicos, también para evaluar la eficiencia de éstas unidades.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin intervención de los organismos vivos. Esta medida es importante en estudios de corrientes de agua y aguas residuales industriales, también en el control de plantas de tratamiento de aguas residuales.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO_5). Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica. La estabilización completa de un desecho determinado puede exigir un periodo de incubación demasiado prolongado para propósitos prácticos. Por esta razón se ha aceptado como normal el periodo de 5 días, sin embargo, para ciertos desechos industriales, puede llegar a ser recomendable que se determine su

curva de oxidación. La información de DBO de desechos es una consideración importante en el diseño de las facilidades de tratamiento. Es un factor para escoger el método de tratamiento y se usa para determinar el tamaño de ciertas unidades.

NITROGENO

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas y, como tales, son conocidos como nutrientes o bioestimulantes. Vestigios de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico, pero el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea suficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual. La mayor parte del nitrógeno está originalmente presente en la forma de Nitrógeno orgánico (proteína) y Amoniac. Cuando progresa el tiempo, el Nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a Nitrógeno Amoniacal y más tarde, sus condiciones aeróbicas están presentes, la oxidación del Amoniac da Nitritos y Nitratos.

FOSFORO

El fósforo es también esencial para el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Debido a los crecimientos explosivos nocivos, que tienen lugar en las aguas superficiales, existe interés en la actualidad en controlar la cantidad de los compuestos de fósforo que entran en las aguas superficiales a través de los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales y de las corrientes naturales. Las formas más

frecuentes en que se encuentra el fósforo en soluciones acuosas son ortofosfatos, polifosfatos y fosfato orgánico.

ACEITES Y GRASAS

El contenido de grasa del agua residual puede motivar muchos problemas tanto en las alcantarillas como en las plantas de tratamiento. Si la grasa no se elimina antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en las aguas y crear películas y materias en flotación imperceptibles. Los límites de 0.10 g/l de contenido de grasa y la ausencia de capas de aceite indiscentes son dos ejemplos de normas establecidas por los organismos competentes en lo que se refiere al vertido de aguas residuales en aguas naturales. El término grasa se aplica a una variedad de sustancias orgánicas que se extraen de soluciones acuosas o suspensión por Exano. Hidrocarburos, esterres, aceites, grasas, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular son los materiales mayormente disueltos por Exano.

CLORUROS

Otro parámetro de calidad importante es la concentración de cloruros. Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en las aguas superficiales.

Puesto que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan los cloruros en cantidades significativas, las concentraciones de cloruro superiores a las normales pueden interpretarse como una señal de que la masa de agua se utiliza para el vertido de agua residuales. La infiltración de agua subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas es también una fuente potencial de cloruros y sulfatos.

5.1.1 Caracterización de efluentes por operación y proceso

La caracterización de los efluentes se realizó paralelamente al conocimiento del proceso productivo de la industria, tomándose las muestras en el mismo orificio de descarga de efluentes del fulón.

Con los resultados obtenidos puede constatar que los valores de concentración y cargas encontrados, ordenados en la tabla Nº 5.2, son mayores a los que la bibliografía indica como característica de este tipo de efluentes en una curtiembre, que procesa pieles de ganado vacuno.

TABLA Nº 5.2
CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE POR OPERACIÓN O PROCESO
(Concentraciones en mg/L)

OPERACIÓN	DQO	NK-T	PO ⁻³	ACEITES Y GRASAS	S.S.	S ⁻²
Hasta el pelambre	8,400	365	32.4	2,500	7,640	0
Pelambre	42,500	3,650	16.4	14,740	25,500	2,200
Hasta el Curtido	18,400	296	11.2	1,586	7,780	0
Curtido	8,400	300	11.3	132	6,100	0

Es importante mencionar que el aporte de las descargas de los procesos de pelambre y curtido (gráficos Nº 5.1 y 5.2), expresadas en kg/día de carga orgánica en términos de DQO, es equivalente al de una población de aproximadamente 220,000 habitantes. Estos últimos se encuentran ordenados en las tablas Nº 5.3 y 5.4.

Otra característica importante de rescatar, es la gran variación de pH en las diferentes etapas de producción del cuero, tal como se puede apreciar en el gráfico Nº 5.3.

CONSUMO DE AGUA EN EL PROCESO PRODUCTIVO

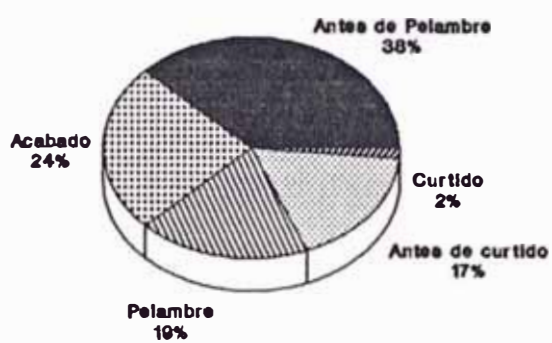


Gráfico N° 5.1

PORCENTAJE DE CONTRIBUCION DE VOLUMEN DE DESCARGA (RIBERA Y CURTIDO)

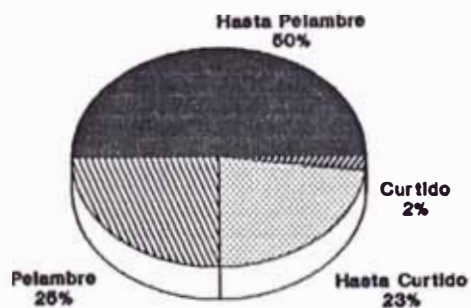


Gráfico N° 5.2

VARIACION DE PH EN ETAPAS DE RIBERA Y CURTIDO

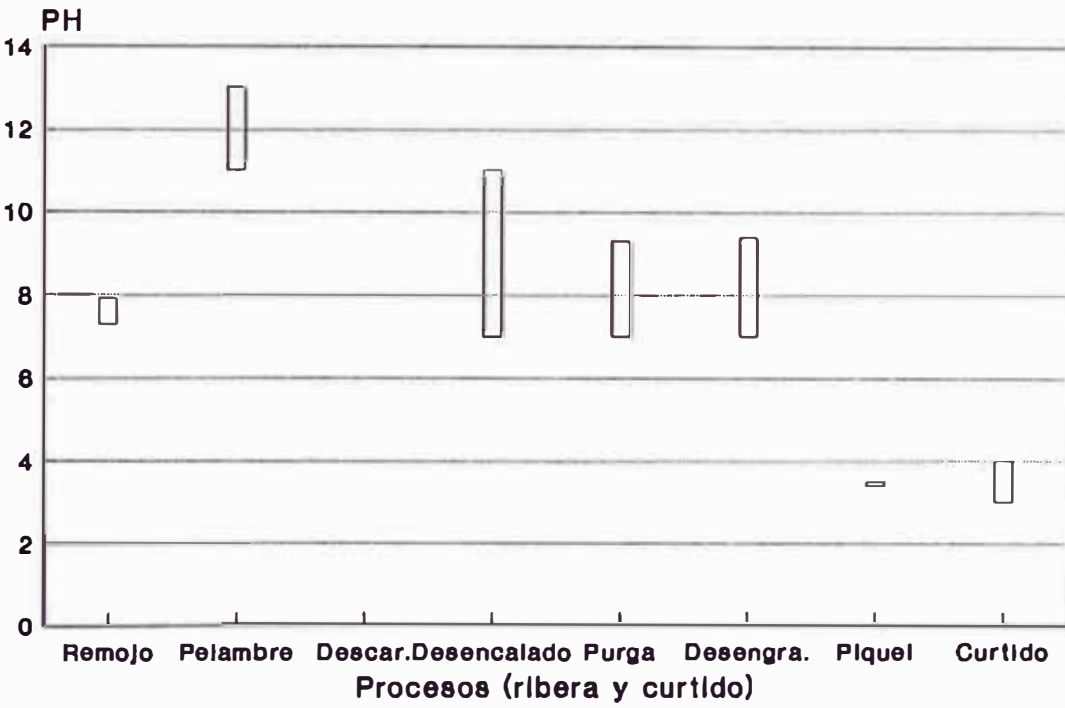


Gráfico N° 5.3

TABLA Nº 5.3
CARGA DE LOS EFLUENTES DE PELAMBRE Y CURTIDO
(En kg/día)

PROCESO	DQO	NK-T	PO ⁻³	ACEITES Y GRASAS	S.S.	S ⁻²	Cr ⁺³
Pelambre	18,500	1,600	7	6,400	11,000	950	0
Curtido	1,550	55	2	24	1,120	0	1,180

TABLA Nº 5.4
POBLACION EQUIVALENTE PARA VALORES DE DQO

EFLUENTE	DQO (kg/día)	POBLACION EQUIVALENTE (Hab)
Pelambre	18,400	205,500
Curtido	1,550	17,200
TOTAL	20,050	222,700

De las tablas Nº 5.5, 5.6 y 5.7 que nos muestran la distribución de la concentración en mg/l, de carga en kg/Tn piel y porcentual de algunos parámetros contaminantes según los procesos, podemos apreciar claramente que el proceso que en mayor porcentaje contribuye es el pelambre (Etapa de ribera). Asimismo de estas tablas se puede apreciar que tanto para pelambre como para curtido, las concentraciones descargadas de sulfuro y cromo, respectivamente, son equivalentes al 100% ya que sólo son utilizados en sus respectivos procesos. Razón por lo tanto, de realizar experiencias de reuso en estos. Para poder apreciar con claridad esta distribución, se muestran los gráficos Nº 5.4

Esta situación planteada en la industria donde se desarrolló el estudio de caso confirmó la urgente necesidad de trazar una estrategia de minimización, principalmente para los efluentes que provienen de los procesos de pelambre y curtido. Las concentraciones de sulfuro (S⁻²) y

TABLA N° 5.5

DISTRIBUCION DE ALGUNOS PARAMETROS CONTAMINANTES
SEGUN LOS PROCESOS
EN (mg/l)

Parámetros	P R O C E S O S			
	Remojo	Pelambre	Desencalado Purga	Piquelado Curtido
DQO	11352.01	38184.36	12172.00	10464.56
Sól. Disuel.	13.84	20.63	6.44	110.94
Sól. Susp.	3.76	13.63	7.25	5.84
Sól. Totales	17.60	34.26	13.69	116.77
N-Kjeldahl	385.60	2390.24	320.00	246.00
Fosfatos	31.30	16.18	5.35	12.66
Acet. Grasas	3407.99	9780.13	1389.05	315.02
Sulfuro (S-2)		1541.95		
Cromo (Cr+3)				6.57

TABLA N° 5.6

DISTRIBUCION DE ALGUNOS PARAMETROS CONTAMINANTES
SEGUN LOS PROCESOS
EN (kg/Tn p)

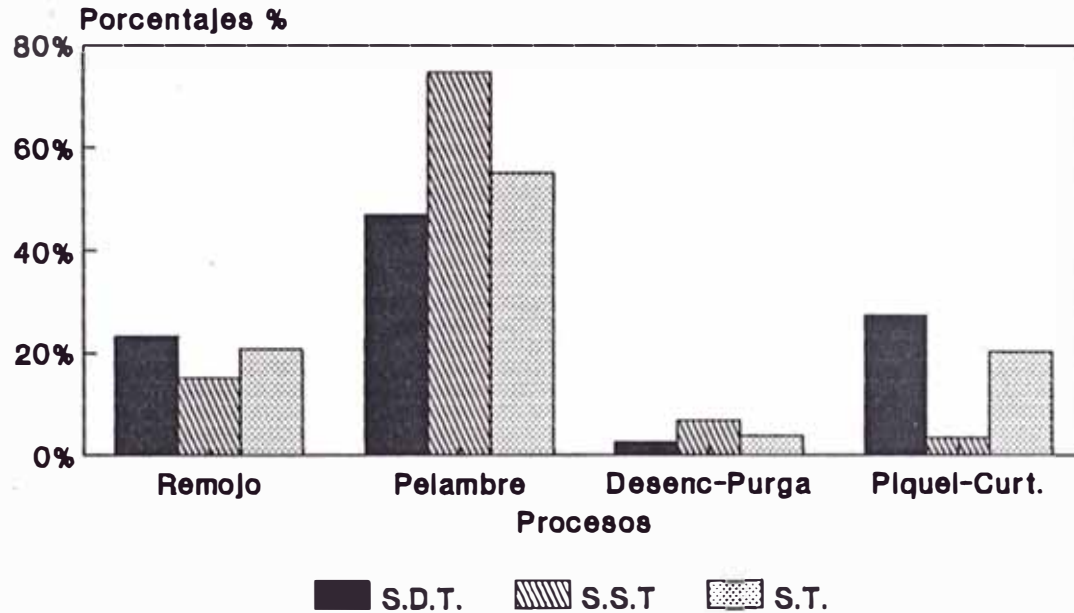
Parámetros	P R O C E S O S			
	Remojo	Pelambre	Desencalado Purga	Piquelado Curtido
DQO	77534.20	352250.75	19233.03	10464.56
Sól. Disuel.	94.53	190.35	10.17	110.94
Sól. Susp.	25.60	125.70	11.46	5.04
Sól. Totales	120.21	316.05	21.63	116.77
N-Kjeldahl	2634.20	22050.00	506.07	246.00
Fosfatos	213.00	149.30	0.45	12.66
Aceit. Grasas	23276.60	90295.50	2195.97	315.02
Sulfuro (S-2)		14224.49		
Cromo (Cr+3)				6.57

TABLA N° 5.7

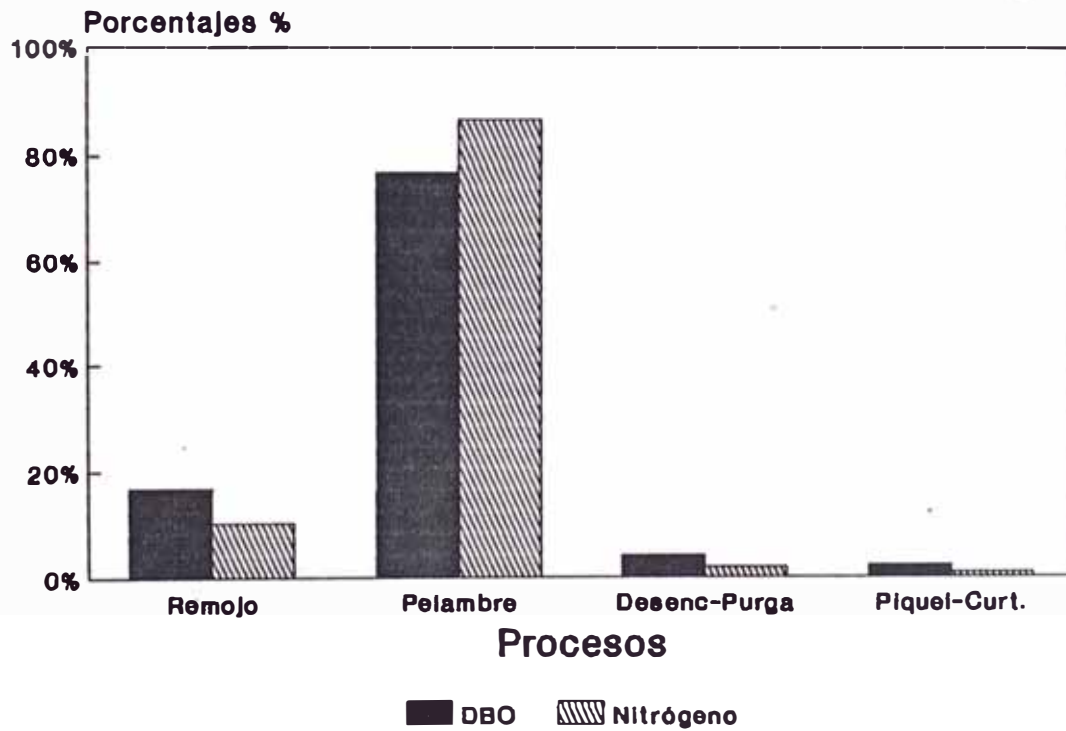
DISTRIBUCION DE ALGUNOS PARAMETROS CONTAMINANTES
SEGUN LOS PROCESOS
EN (%)

Parámetros	P R O C E S O S			
	Remojo	Pelambre	Desencalado Purga	Piquelado Curtido
DQO	16.87%	76.66%	4.19%	2.28%
Sól. Disuel.	23.28%	46.89%	2.50%	27.33%
Sól. Susp.	15.22%	74.52%	6.79%	3.46%
Sól. Totales	28.92%	55.00%	3.76%	20.32%
N-Kjeldahl	18.36%	86.68%	1.99%	0.97%
Fosfatos	55.65%	38.86%	2.20%	3.29%
Acet. Grasas	20.85%	77.78%	1.89%	0.27%
Sulfuro (S-2)		100 %		
Cromo (Cr+3)				100 %

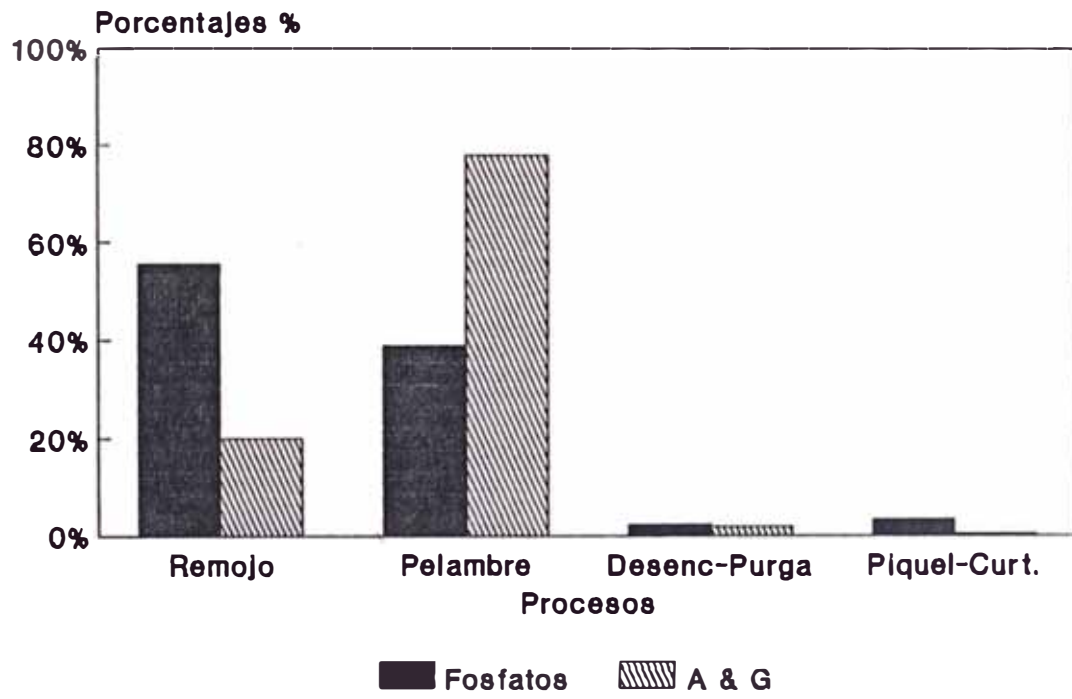
Gráfico N° 5.4
Distribución de algunos parámetros
contaminantes según los procesos



a) Distribución de sólidos



b) Distribución de la DBO y Nitrógeno



c) Distribución de Fosfatos y Aceites y Grasas

chromo (Cr^{+3}) presentes en estas descargas justifican la posibilidad de recuperación y reuso, tal como ya se ha venido desarrollando en algunos países del mundo.

5.1.2 Caracterización del efluente global

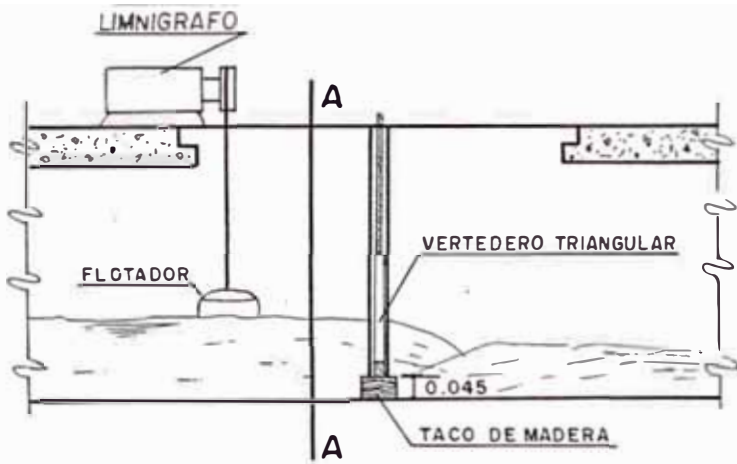
La caracterización del efluente global de la industria fue programada y realizada durante la Fase III. La toma de muestras se realizó al final del canal recolector de efluentes, lugar donde se instaló un vertedero triangular de 90° y un limnigrafo para la medición de caudal²⁴. Durante ocho horas al día en un periodo de tres semanas se tomaron muestras horarias y, con la variación horaria de caudal, se obtuvo la muestra compuesta diaria representativa del efluente global. El caudal promedio que se obtuvo para esta industrias fue de 5.0 l/s, equivalente a 432 m³/día. Ver gráfico 5.5

Los valores obtenidos durante esta caracterización y que se muestran en la tabla Nº 5.8, no son los esperados después de haberse caracterizado los efluentes por operación y proceso de las etapas de ribera y curtido.

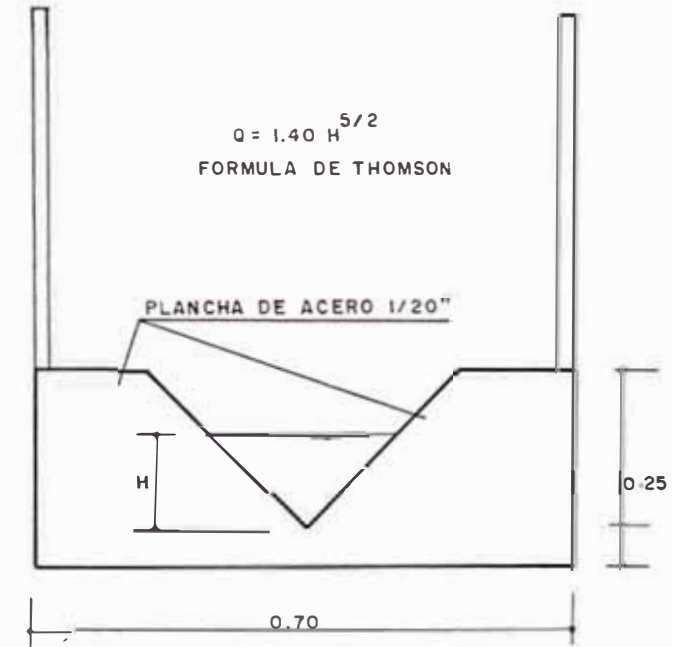
**TABLA 5.8
CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE GLOBAL Y CARGA QUE REPRESENTAN**

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN (mg/L)	CARGA (kg/día)
DQO	5,750	2,806
Nitrógeno Kjeldahl total	886	432
PO ⁻³	44	22
Aceites y grasa	2	1
Sólidos suspendidos	2,300	1,120
S ⁻²	88	43

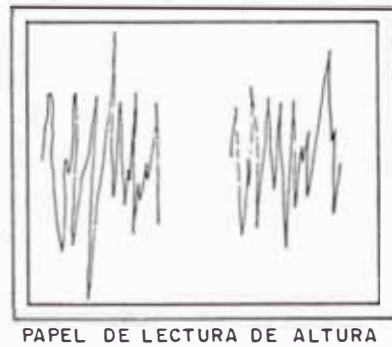
Los factores que a continuación se citan, justifican en cierto grado dichas variaciones



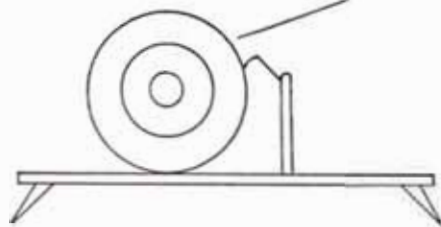
ESQUEMA Nº 1



VERTEDERO TRIANGULAR 90°
CORTE A-A



PAPEL DE LECTURA DE ALTURA



LIMNIGRAFO

ESQUEMA Nº 2

DETERMINACION DEL CAUDAL PROMEDIO
Gráfico Nº 5.5

- a. La intermitencia de las descargas, que en el período de toma de muestra coincidió con la temporada de baja producción en la industria.
- b. El canal recolector de efluentes sufre constantes atoros que no permiten un flujo normal de las descargas y provocan una disminución en el caudal. Este canal requiere de limpieza permanente por la gran tendencia a acumularse sólidos en el fondo del mismo.

5.2 APLICACION A ESCALA PILOTO

5.2.1 PRUEBAS REALIZADAS

Con el fin de aclarar algunos términos empleados, definiremos cada uno de ellos

Ciclo : Es el proceso de pelambre o curtido en sí.

Corrida : Es el total de ciclos obtenidos en un reuso continuo de los baños recuperados en cada ciclo.

A) PRUEBAS DE REUSO EN EL PROCESO DE PELAMBRE

De las Fases II y IV, se puede decir que sí es factible el reuso de los baños de pelambre. La experiencia de las pruebas anteriores, nos lleva a concluir con dos propuestas que serán evaluadas en este capítulo:

1. La alternativa más viable de ser aplicada para el reuso de los baños de pelambre es la alternativa Nº 1 que corresponde al reuso directo de estos baños sin introducir modificación alguna al proceso normal de pelambre seguido por la curtiembre.
2. El agregado de los otros productos que acompañan al sulfuro de sodio, está en proporción a la cantidad de refuerzo en sulfuro que se agregue al baño recuperado.

Con estas pruebas a escala piloto (100 pieles), se busca:

- a) Verificar los resultados obtenidos en las fases anteriores del estudio de caso.(II y IV)
- b) Lograr en los reusos, productos de calidad similar a los obtenidos normalmente por la curtiembre.
- c) Cuantificar el ahorro de productos químicos y volumen de agua en las pruebas de reuso.
- d) Determinar el número óptimo de reusos.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DE PELAMBRE^{1º}

La industria de cuero, se caracteriza por trabajar en sus procesos a base de recetas, las que varían a criterio del profesional o técnico que esté a cargo. Dichas variaciones influyen en el aspecto físico del producto que se obtiene, como textura, grosor, sedocidad, pero no en sí al proceso del depilado de las pieles. Durante el desarrollo de toda la experiencia, se realizaron varios cambios en la receta, para el proceso de pelambre, las que también se tuvieron que realizar en las pruebas, previa coordinación con los responsables del CEPIS y de la curtiembre. El siguiente proceso que a continuación se describe, corresponde a la utilizada en las dos últimas corridas de esta fase.

El proceso de pelambre, está destinado a la eliminación de los pelos de la piel. Este proceso forma parte de la etapa de ribera, la que comprende además, los procesos de lavado y remojo. La tabla Nº 5.9 presenta los porcentajes de productos químicos y de agua, requeridos en la etapa de ribera, mientras que la tabla Nº 5.10 describe la secuencia operacional en el proceso de pelambre.

**TABLA Nº 5.9
ETAPA DE RIBERA**

DESCRIPCION	PRODUCTOS QUIMICOS	%
1. Lavado. — Elimina la sal y otros tipos de impurezas que las pieles traen del camal.	Agua fría	1800.00
2. Remojo. — Pre-remojo y remojo en sí. La piel adquiere su humedad y textura natural.	Agua fría	400.00
	Bumectan	0.50
	Carbonato de Sodio	0.30
	Fungicida	0.03
3. Pelambre. — Remover las pieles del sistema epidérmico y preparar las pieles para las operaciones posteriores.	Agua fría	350.00
	Sulfuro de Na	4.00
	Bumectan	0.60
	Cal	4.00
	Soda Cáustica	0.70

Los porcentajes están referidos al peso de piel salada.

**TABLA Nº 5.10
PROCESO DE PELAMBRE**

DESCRIPCION	TIEMPO ACUMULADO
Después de los procesos de lavado y remojo las pieles son enjuagadas con agua fría para proseguir con el proceso de pelambre. Se agrega al botal la cantidad requerida de agua fría, bumectan y la mitad de sulfuro de sodio. Se deja rotar el botal 30 min.	0
Se agrega la otra mitad de sulfuro de sodio y se agita por espacio de 30 min.	30min
Se añade luego la cal en la cantidad requerida. Se agita por rotación 30 min. para luego dejar en reposo por 2 hr.	1hr
Se agrega soda cáustica diluido en agua en la relación de : 10 L de agua / kg de NaOH	3hr 30min
Luego de agregar la solución se deja en rotación por 30 min. y luego en reposo 1 hr. Al final de la hora se agita 10 min., y así alternadamente hasta el día siguiente.	
Fin del proceso y recuperación del baño.	20hr

DESCRIPCION DEL PROCESO DE REUSO DE LOS BAÑOS DE PELAMBRE

La posibilidad de reuso de los baños de pelambre se basa en las concentraciones de sulfuro presentes en las descargas de estos baños. Es decir, que basta reforzar estas descargas, añadiendo una cantidad de producto para llegar a la concentración requerida de sulfuro, consiguiéndose de esta manera las condiciones de un proceso normal.

Debe contemplarse además, que en el proceso se añaden otros productos que ayudan a la acción del sulfuro sobre la piel, como son la cal y soda cáustica. Estos productos se encuentran también presentes en las descargas, las cuales deben incrementarse ajustando durante los sucesivos reusos, ya que su presencia en exceso o defecto, influye en el proceso, caso de la cal que inhibe la acción del sulfuro cuando se encuentra en concentraciones mayores a éste.

Materia Prima

La materia prima utilizada en esta fase, fueron pieles caprino mediano, que corresponde al mayor volumen de producción en la curtiembre. Estas pieles provienen de los camales, generalmente de la zona norte del país y de la sierra central. Son tratados con baños de sal para evitar su destrucción y putrefacción, recibiendo la denominación de "pieles frescas saladas".

Las pruebas de reuso, se realizaron con 100 pieles caprino mediano, las que variaron en peso, como peso de "piel fresca salada" de 92 a 112.2 kg, con un promedio de 1.04 kg/piel.

Pruebas de reuso

Las pruebas de reuso, se llevaron a cabo en las instalaciones de la

misma curtiembre, en un fulón de dimensiones adecuadas para la cantidad de pieles mencionada anteriormente. Se realizaron cuatro corridas de reuso.

El ciclo inicial en cada corrida corresponde al de un proceso normal industrial (tabla N^o 5.10). En los siguientes ciclos, correspondientes a los reusos, se procedía a la determinación de la concentración de sulfuro (S^{-2}) en los baños recuperados, para luego, agregar en el reuso la cantidad de refuerzo necesario de productos químicos.

La recuperación de los baños se realizó en forma manual, almacenándolos en cilindros plásticos de 135 L. Previo al reuso se removieron los sólidos, tamizando los baños en una malla de 1mm.

El procedimiento para la determinación de las cantidades de productos químicos a añadir fue

SULFURO

La concentración de sulfuro en el baño recuperado, era determinado por retrovaloración iodométrica con solución tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$ 0.0025 N). El método analítico seguido fue el siguiente²⁵

1. Se realizaba una dilución 1/100 de una muestra previamente tamizada de los baños de pelambre recuperados.
2. En un erlenmeyer, se egrega 10 ml de KI/I 0.025 N más 2 ml. de HCL 6 M. Se agita.
3. Se toma 10 ml. de la dilución. Con la punta de la pipeta sumergida en la solución anterior, agitando el erlenmeyer se va agregando lentamente la dilución.
4. Se titula con $Na_2S_2O_3$ 0.0025 N hasta que la muestra tome un color

amarillento. Se agrega el almidón y se titula hasta detectar la variación de color.

5. La de terminación de la concentración de S^{-2} es como sigue²³:

$$[S^{-2}] = \frac{[KI/I] \times V_1 - [Na_2S_2O_3] \times V_2}{V_m \times 1000} \times 16000 \times f_D$$

donde

$[S^{-2}]$ = Concentración de Sulfuro en g/L

$[KI/I]$ = Concentración de la solución KI/I 0.020 N

$[Na_2S_2O_3]$ = Concentración de la solución Tiosulfato de Sodio 0.025 N

V_1 y V_2 = Volumen de solución

= Factor de dilución

= Volumen de muestra.

La cantidad de sulfuro de sodio presente en el baño

$$\text{Peso de } Na_2S_R = \frac{[S^{-2}] \times V_R}{1000}$$

donde :

V_R = Volumen de baño recuperado.

El peso de sulfuro de sodio está expresado en kg.

Finalmente la cantidad de sulfuro de sodio de refuerzo y el porcentaje de ahorro, se calcula

$$\text{Peso de } Na_2S_{(agregado)} = W_{Na_2S(1)} - W_{Na_2S(2)}$$

$$\text{Porcentaje de ahorro (\%)} = \frac{W_{Na_2S(2)}}{W_{Na_2S(1)}} \times 100$$

donde:

$W_{Na_2S(1)}$ = Peso de sulfuro de sodio requerido al 4 %. En kg.

$W_{Na_2S(2)}$ = Peso de sulfuro de sodio en el baño. En kg.

CAL, BUMECTAN Y SODA CAUSTICA

Las cantidades de Cal, Bumectan y Soda Cáustica están en proporción a la cantidad de sulfuro agregado

$$\text{Peso de Bumectan} = \frac{W_{Na_2S(\text{agregado})}}{W_{Na_2S(1)}} \times (0.6\%) \times W_{PFS}$$

$$\text{Peso de Cal} = \frac{W_{Na_2S(\text{agregado})}}{W_{Na_2S(1)}} \times (4\%) \times W_{PFS}$$

$$\text{Peso de NaOH} = \frac{W_{Na_2S(\text{agregado})}}{W_{Na_2S(1)}} \times (0.7\%) \times W_{PFS}$$

W_{PFS} = Peso de piel fresco salado.

$W_{Na_2S(1)}$ = Peso de sulfuro de sodio requerido al 4 %..

Todos los pesos están expresados en kg.

Inicialmente, para el caso de la soda cáustica, la cantidad a agregar se calculaba en función al volumen de agua o de enjuague que se debía añadir para completar el volumen requerido de baño, que representa el 350% del peso de piel fresca salada. No se obtuvieron los resultados esperados, optándose por aplicar el procedimiento seguido para los otros productos, como lo muestra la fórmula anterior.

VOLUMEN DE AGUA

El volumen de agua a añadir, es la diferencia entre el volumen de agua requerido en un proceso sin reuso y el volumen de baño recuperado, lo que

expresado matemáticamente

$$\text{Volumen de agua} = V_{AR} - V_{BR}$$

donde

V_{AR} = Volumen de agua requerida para un proceso sin reuso, que es el 350% del peso de piel fresca salada ($3.5 \times W_{PFB}$).

V_{BR} = Volumen de baño de pelambre recuperado y tamizado en malla de 1mm.

En las dos primeras corridas de reuso, se estuvo añadiendo baño de enjuague, en vez de agua limpia. Este baño de enjuague, es el que se recuperaba, agregando un volumen de agua a las pieles después de descargado y recuperado el baño de pelambre. Se tuvo problemas de pH, con valores mayores al máximo admisible de 13.

Se optó por añadir agua limpia, lográndose mantener el pH en un rango de 12 a 13, que es el más recomendable.

B) PRUEBAS DE REUSO EN EL PROCESO DE CURTIDO

En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos de reutilizar el baño de curtido a escala piloto con 100 pieles caprino mediano como en las fases anteriores.

Con estas pruebas de reuso directo de los baños de curtido previo tamizado a escala semi-industrial, se buscó

1. Verificación de las pruebas de reuso directo de etapas anteriores.
2. Lograr un curtido de cuero de la misma calidad que la industria produce con procesos normales ya estandarizados.

3. Cuantificar el ahorro de productos químicos.
4. Determinar el número óptimo de reusos.

DESCRIPCION DEL PROCESO ACTUAL DE CURTIDO¹⁰

El proceso de curtido al cromo de las pieles que se realiza en la industria, comprende los procesos de descarnado, purga (tratamiento enzimático), piquelado (preparación del cuero al curtido) y cromado.

La tabla Nº 5.11 presenta todos los productos químicos utilizados en el proceso de curtido normal que están en relación al peso de "piel tripa" (piel después del proceso de pelambre y descarnado).

**TABLA Nº 5.11
PRODUCTOS QUIMICOS EN EL PROCESO DE CURTIDO**

PRODUCTO	% DE PESO PIEL TRIPA
Sal de cromo (Cuirextan)	8.0
Taningan OS	0.6
Bicarbonato de sodio	1.4
Volumen de piquel	70.0

DESCRIPCION DEL PROCESO DE REUSO DEL BAÑO DE CURTIDO

En esta fase de pruebas de reuso del baño de curtido no se realizó ningún cambio de proceso, manteniéndose el procedimiento normal de la industria descrita en la tabla Nº 5.12.

Materia Prima

Se desarrolló esta experiencia adoptando las mismas condiciones de trabajo de la industria, en lo que se refiere a la materia prima. Se utilizaron pieles de ganado caprino mediano provenientes de los procesos

previos al curtido, hasta el piquelado. Piel lavada y preparada sin epidermis, carne y tejido adiposo, quedando solo la epidermis constituida por colágeno y pequeña porción de lastina.

No se realizó ningún tipo de selección. Todas las pieles utilizadas son provenientes de las pruebas de reuso de pelambre.

Se mantuvo constante el número de pieles tripa, en 100, con un peso promedio por piel de 1.15 kg. Solo el primer ciclo de esta última fase se utilizó un número de 270 pieles caprino chico. Esto no afecta a la evaluación ya que el objetivo es recuperar el baño de un proceso normal de curtido.

Pruebas de Reuso

En esta última fase definitiva de pruebas, se realizaron 15 ciclos de reuso (16 ciclos contando con el baño inicial, donde 1 ciclo = 1 proceso de curtido), descrito en la tabla Nº 5.12.

Se inició con un proceso normal, manteniendo las relaciones originales de los productos químicos agregados. Se recuperó el baño y se almacenó en cilindros plásticos, con sus respectivas tapas, de 135 L de capacidad.

A partir del primer reuso, los baños recuperados eran previamente tamizados con malla de tela tipo gasa, con el objetivo de remover sólidos que puedan interferir en el proceso. A continuación se vertían al fulón con las pieles. El volumen del baño requerido para curtir era completado con baños de piquel (solo en el caso que era necesario). Los porcentajes en peso de los productos químicos a agregar en los ciclos de reuso están en

función al porcentajes de refuerzo en cromo que se agregue al baño recuperado.

**TABLA Nº 5.12
PROCESO DE CURTIDO**

OPERACIÓN	TIEMPO ACUMULADO
<p>Después del proceso de pelambre, las pieles son preparadas para ser curtidas a través de los procesos de desenchalado, purga y piquelado</p> <p>Preparadas las pieles, al baño de piquelado se agrega la sal de cromo (Cuirextan), la cual se realiza en dos etapas :</p> <p style="padding-left: 40px;">Total de Sal de Cromo = 8 kg/100 kg p.tripa</p>	0 h
<p>Primera etapa : Se agrega la 1/3 del total de sal de cromo y se deja rotar 1 hora</p>	1 h
<p>Segunda etapa : Se agrega los 2/3 restantes de sal de cromo y se deja rotar por espacio de 2 horas.</p>	3 h
<p>Se agrega el tensoactivo Taningan OS en la relación : 0.6 kg/100 kg p. tripa</p> <p>y se hace rotar 1 hora.</p>	4 h
<p>Diluido el bicarbonato de sodio en agua :</p> <p style="padding-left: 40px;">0.1 kg Bic. Sod./1 L agua</p> <p>Se agrega poco a poco en el lapso de 1h 30min. Luego se deja rotar 3h 30 min.</p>	9 h
<p>Se da por terminado el proceso de curtido y se realizan los controles respectivos de pH, la cual de encontrarse entre 3.8-4.0.</p> <p>Luego la prueba de "hervido" para comprobar si hubo buen curtido.</p>	10 h
<p>Fin del proceso. Se recupera el baño para su posterior reuso.</p>	

Como se mencionó anteriormente, se llevaron pruebas de reuso directo donde la concentración de sal de cromo, (cuyo nombre comercial es Cuirextan) requerida al 8% en peso "piel tripa" es alcanzada mediante el refuerzo del baño recuperado en un proceso anterior.

A continuación se listan las características fundamentales obtenidas en la puesta a punto de la técnica de curtido en esta última fase.

Determinación de Sal de Cromo (Cuirextan) :

En el baño recuperado se determinó, empleando una técnica colorimétrica, que respondió bien a posibles interferencias que podían presentarse por presencia principalmente de ácido fórmico.

Por tanto la cantidad de sal de cromo (Cr_2O_3) presente en el baño será:

$$Cr_2O_3 = \frac{Lectura \times V_R \times 1.46 \times f_D}{0.25^{(a)} \times 1000}$$

donde :

Cr_2O_3 = kg sal de cromo en el baño recuperado.

Lectura = Lectura de Cr^{+3} en el comparador.

V_R = Volumen de baño recuperado.

(a)0.25 = % de pureza de Cr_2O_3 en la sal comercial.

f_D = Factor de dilución.

Finalmente la cantidad de sal de cromo (Cuirextan) de refuerzo y el % de ahorro, se calcula :

$$Peso \ de \ Cr_2O_3 \ (agregar) = W_{Cr_2O_3(1)} - W_{Cr_2O_3(2)}$$

$$Porcentaje \ ahorro \ (\%) = \frac{W_{Cr_2O_3(2)}}{W_{Cr_2O_3(1)}} \times 100$$

donde :

$W_{Cr_2O_3(1)}$ = Peso de sal de cromo requerido al 8% en peso de "piel, tripa".

$W_{Cr_2O_3(2)}$ = Peso de sal de cromo presente en el baño recuperado.

Asimismo las cantidades de Tainingan OS y bicarbonato de sodio están en función a la cantidad de sal de cromo agregado

$$\text{Peso de Tainingan OS} = \frac{W_{\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{agregado})}}{W_{\text{Cr}_2\text{O}_3(1)}} \times (0.6\%) \times W_{P.T.}$$

$$\text{Peso de Bicarbonato de Sodio} = \frac{W_{\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{agregado})}}{W_{\text{Cr}_2\text{O}_3(1)}} \times (1.4\%) \times W_{P.T.}$$

donde :

$W_{\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{agregado})}$ = Peso de cromo a agregar en cada ciclo de reuso.
= Peso de "Piel tripa".

Al final de cada proceso se recuperaba el baño y las pieles seguían el proceso normal de acabado.

5.2.2 RESULTADOS E INTERPRETACION

A) RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE REUSO EN EL PROCESO DE PELAMBRE

PRESENTACION DE RESULTADOS

CARACTERIZACION

Durante el desarrollo de las pruebas, se estuvo caracterizando las descargas de cada reuso, en coordinación con el Laboratorio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Lima. Se determinaron los siguientes parámetros :

1. Laboratorio CEPIS

Sólidos Disueltos, suspendidos, totales.

DQO

DBO

2. Campo (Curtiembre)

pH

Sulfuro (S^{-2})

Temperatura

Conductividad

Estos datos se muestran resumidos en la Tabla Nº 5.13. De ésta tabla se obtiene la tabla Nº 5.14 donde los parámetros son expresados en kg/Tn piel. La variación de la concentración de éstos, a medida que aumentaba el número de reusos se puede apreciar en los gráficos Nº 5.6.

PRUEBAS DE REUSO

La tabla Nº 5.15 muestra las cantidades de productos utilizados en cada prueba. Los porcentajes que se muestran están referidos al peso de piel fresca salada. Tanto la tabla Nº 5.16 como la tabla Nº 5.17, nos presentan la variación de productos agregados en un proceso con reuso. La tabla Nº 5.18 nos muestra los porcentajes de ahorro obtenidos en sulfuro de sodio, de cal, bumectan y soda cáustica, así mismo referente al consumo de agua se aprecia también el ahorro conseguido en las pruebas de reuso de los baños de pelambre.

NUMERO DE REUSOS EN EL PROCESO DE PELAMBRE

Se logró realizar cuatro corridas de reuso. En las dos primeras corridas se llegó hasta un tercer reuso (cuarto ciclo), mientras que en las dos restantes, se llegó hasta un cuarto reuso (quinto ciclo). Todas las corridas fueron concluidas al apreciar deficiencias en las pieles procesadas, como son presencia de pelos en la piel y/o falta de textura.

AHORRO DE PRODUCTOS QUIMICOS

a. Sulfuro de Sodio

Se logra conseguir un ahorro promedio del 32% en este producto. De la tabla Nº 5.13, podemos apreciar que no hay variación apreciable entre

las concentraciones de sulfuro determinados en los baños, lo mismo en las cantidades agregadas como refuerzo en los reusos. A pesar de ello, la acción del sulfuro en los últimos ciclos de reuso ya no es tan efectiva como en los primeros. Una hipótesis posible, es la presencia de un alto contenido de materia orgánica, de sólidos, que en gran porcentaje son pelos destruidos en el proceso. Además hay un incremento de la alcalinidad del baño que inmuniza la acción depilante del sulfuro.

b. Cal y Bumectan

El agregado de estos productos en los reusos, estuvo en proporción a la cantidad de sulfuro añadido, obteniéndose por lo tanto un porcentaje de ahorro similar al del sulfuro, en un 32%. La cal tiene como función lograr el hinchamiento y entumecimiento de las pieles. En los último ciclos de cada corrida, el proceso tuvo deficiencias, detectándose en las pieles falta de textura y grosor. Además de otros factores ya mencionados, no se puede dar una idea clara de lo que puede estar sucediendo, tanto con el sulfuro, como de estos productos en los procesos de reuso. Lo que se puede deducir, es que la cal, tiene como propiedad un valor bajo de solubilidad, lo que hace suponer que un gran porcentaje de este producto precipita, por lo que se llega a apreciar partículas de cal en los lodos removidos al tamizar los baños recuperados y, al calcular la cantidad de refuerzo, según lo expuesto en la descripción de las pruebas, no se esté logrando con la proporción requerida en cal.

c. Soda cáustica

En las primeras corridas, el agregado de la soda estaba en proporción al agua o enjuague añadido en los reusos. Teóricamente la soda

cáustica mayormente no es consumida en el proceso. La soda cumple una función de auxiliar a la acción del sulfuro y cal. Provoca un cierto hinchamiento y tiene cierta influencia sobre la textura en la piel, que la hace más trabajable. Similar al caso de la cal, no se estuvo dando la acción de la soda cáustica en el proceso del pelambre, por lo que se obtenían pieles demasiado duras. Para las dos últimas corridas, se optó seguir el mismo procedimiento asumido para la cal. Se logró resultados más favorables.

VOLUMEN DE AGUA

De la tabla Nº 5.18, se aprecia que hay un ahorro en consumo de agua de un 64%. Este ahorro está en función al volumen de baño recuperado y del volumen de sólidos presentes. Generalmente en las pruebas de reuso, se estuvo recuperando un volumen promedio de 250 L sin tamizar. Luego del tamizado este volumen disminuía en unos 40 L aproximadamente. Se calculó la relación entre el volumen de agua y el volumen de baño agregado. Esta relación es en promedio de 1:1.6. Se recomienda que esta relación sea de 1:2, para un mejor control del pH en los reusos, en un rango de 12 a 13.

NUMERO OPTIMO DE REUSOS

Durante el desarrollo de las pruebas, se estuvo constatando la calidad de las pieles obtenidas en cada reuso. Esto se realizó con la colaboración de los técnicos de la misma curtiembre.

Además de verificar la calidad de las pieles procesadas en el pelambre, también se hizo un seguimiento, hasta el curtido y acabado final, para comprobar la calidad final de los cueros comparándolos con los de producción normal. En lo que respecta a los cueros en "wet blue", se pudo apreciar, que en la etapa de clasificación, el número de cabritillas va

disminuyendo según aumenta el número de ciclos.

Todo esto nos lleva a afirmar que, tres reusos continuos (cuatro ciclos) de los baños de pelambre, es el número más óptimo de reusos de ser implementado en un proceso a escala industrial, con lo que se asegura una calidad de cuero bastante aceptable.

IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD

Se constató que la aplicación de las medidas de control interno, así como el reciclaje de los baños de pelambre y curtido, son muy favorables para producir un menor impacto sobre el ambiente y salud de los trabajadores, principalmente.

La principal ventaja del reuso de los baños de pelambre, es la cantidad apreciable de materia orgánica y de sólidos, que no es descargada al sistema de recolección de los desagües en la industria, y por ende al sistema del alcantarillado municipal.

La reducción del volumen y de la carga contaminante de los residuos de curtiembre, como efecto de la implantación de la filosofía de minimización, permite obtener además los beneficios económicos mencionados anteriormente. Esto se verá con más detalle en el capítulo VII.

**TABLA N° 5.13
CARACTERIZACION DE LAS DESORGENS EN LOS RELOSOS**

CORRIDA Nro 1

Ciclo	Sulfuro mg/L	Sólidos Disueltos			Sólidos Suspensidos			Sólidos Totales			DBO mg/L	DQO mg/l
		Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total		
1	1232	14.46	23.06	38.32	4.41	0.77	5.18	18.87	24.63	43.50	36750	64647
2	928	12.41	35.37	47.78	13.19	6.07	19.26	25.68	41.44	67.04	16670	52688
3	1000	16.86	34.16	51.02	1.91	3.38	5.29	18.70	37.54	56.31	14389	64064
4	1600	25.69	41.36	67.05	2.69	0.00	2.69	23.38	41.36	69.74	21180	89480

CORRIDA Nro 2

Ciclo	Sulfuro mg/L	Sólidos Disueltos			Sólidos Suspensidos			Sólidos Totales			DBO mg/L	DQO mg/l
		Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total		
1	850	13.24	10.23	31.47	2.72	2.42	5.14	15.96	20.65	36.61	20500	36432
2	1420	17.87	33.60	51.47	36.34	39.65	75.99	54.21	73.25	127.46	23500	139968
3	1800	29.12	57.12	86.24	21.89	10.92	32.81	58.21	68.04	118.25	34125	123120
4	1500	17.74	34.48	52.14	43.25	49.62	92.87	68.99	84.02	145.01	42930	141264

CORRIDA Nro 3

Ciclo	Sulfuro mg/L	Sólidos Disueltos			Sólidos Suspensidos			Sólidos Totales			DBO mg/L	DQO mg/l
		Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total		
1	1200	11.71	17.92	29.63	10.63	10.41	21.04	22.34	20.33	50.67	22500	46008
2	1700	23.58	49.38	72.96	24.98	24.51	48.56	47.63	73.98	121.52	52620	150400
3	1350	25.15	44.99	70.14	0.00	3.43	4.23	25.95	40.42	74.37	-	73696
4	1470	20.98	32.75	53.63	1.23	7.52	12.75	22.11	40.27	66.38	28750	78200
5		27.12	14.59	9.00	1.91	36.77	38.68	29.83	51.36	80.39	22770	81178

CORRIDA Nro 4

Ciclo	Sulfuro mg/L	Sólidos Disueltos			Sólidos Suspensidos			Sólidos Totales			DBO mg/L	DQO mg/l
		Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total		
1	1240	9.56	13.75	23.31	11.33	0.67	20.00	20.89	22.42	43.31	15000	40589
2	1400	13.69	19.75	33.44	10.40	11.39	21.79	24.09	31.14	55.23	23000	66682
3	1600	17.23	32.11	49.34	6.73	1.05	7.78	23.96	33.16	57.12	30500	66333
4	1510	16.28	45.23	61.51	2.29	0.18	2.39	18.75	45.33	63.90	37400	77704
5		12.56	26.69	39.25	10.42	34.84	44.46	22.89	60.73	83.71	46750	90419

TABLA N° 5.14

CONTRIBUCION DE CARGA DE LOS PARAMETROS EN EL EFLUENTE RECIRCULADO EN LA ETAPA DE PELAMBRE

Corrida Nro. 1

Ciclo Nro.	Ud	Sulfuro	Sulfuro	SDT	SDT	SST	SST	S. Totales	S. Totales	DBO	DBO	DQO	DQO
	l	mg/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p
1	393.00	1232.00	4.03	38.32	125.45	5.18	16.96	43.50	142.41	36750.00	120.31	64647.00	211.63
2	397.00	928.00	3.07	47.78	158.01	19.26	63.69	67.04	221.70	16670.00	55.13	58688.00	167.63
3	440.00	1000.00	3.69	51.02	187.00	5.29	19.39	56.31	206.39	14389.00	52.74	64064.00	234.81
4	380.00	1600.00	5.09	67.05	212.24	2.69	8.51	69.74	228.75	21180.00	66.79	89408.00	283.01
Prom	402.50	1194.00	3.97	51.04	170.67	8.11	27.14	59.15	197.01	22227.25	73.74	67201.75	224.27

Corrida Nro. 2

Ciclo	Ud	Sulfuro	Sulfuro	SDT	SDT	SST	SST	S. Totales	S. Totales	DBO	DBO	DQO	DQO
	l	mg/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p
1	330.00	850.00	2.34	31.47	86.51	5.14	14.13	36.61	100.64	20500.00	56.35	36432.00	100.15
2	330.00	1420.00	3.90	51.47	141.49	75.99	200.09	127.46	350.37	23500.00	64.60	139960.00	304.76
3	337.00	1800.00	5.05	86.24	242.09	32.01	89.06	110.25	331.95	34125.00	95.00	123120.00	345.62
4	324.00	1500.00	4.26	52.14	140.72	92.07	250.65	145.01	391.37	42930.00	115.09	141264.00	381.26
Prom	330.25	1412.50	3.89	55.33	152.70	51.50	140.00	106.83	293.50	30265.75	83.16	110196.00	302.95

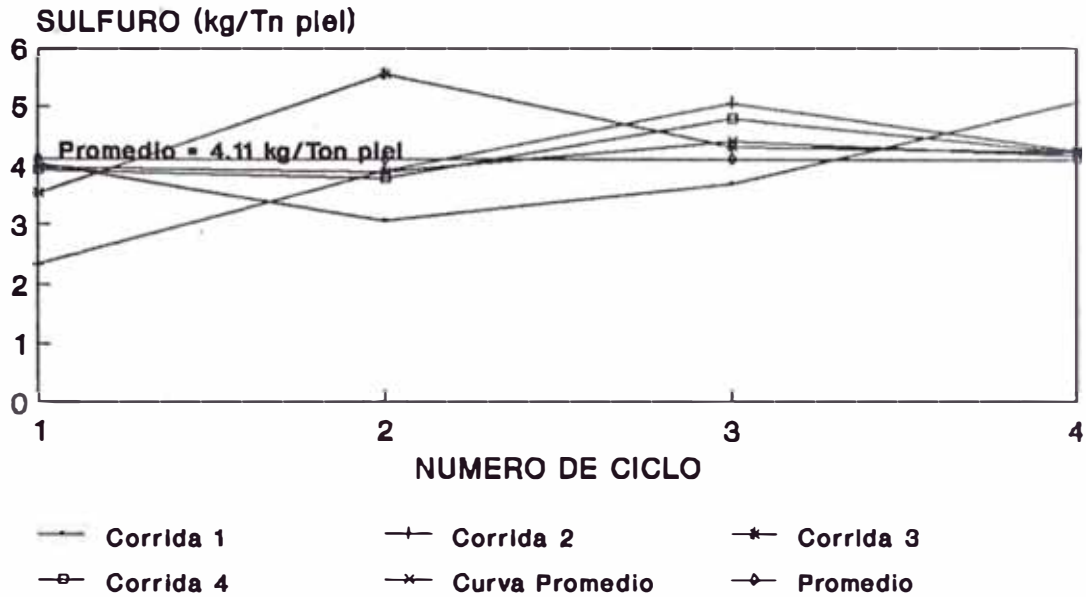
Corrida Nro. 3

Ciclo	Ud	Sulfuro	Sulfuro	SDT	SDT	SST	SST	S. Totales	S. Totales	DBO	DBO	DQO	DQO
	l/s	mg/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p
1	330.00	1200.00	3.52	29.63	81.45	21.04	57.04	50.67	139.29	22500.00	61.85	46000.00	126.47
2	392.00	1700.00	5.55	72.96	230.24	40.56	150.57	121.52	396.01	52620.00	171.02	150400.00	491.11
3	385.00	1350.00	4.33	70.14	224.94	4.23	13.57	74.37	238.51			73696.00	236.35
4	347.00	1470.00	4.25	53.63	155.02	12.75	36.85	66.30	191.07	20750.00	83.10	70200.00	226.06
Prom	363.50	1450.00	4.41	56.59	174.91	21.65	66.71	78.24	241.62	34623.33	105.59	87070.00	270.00

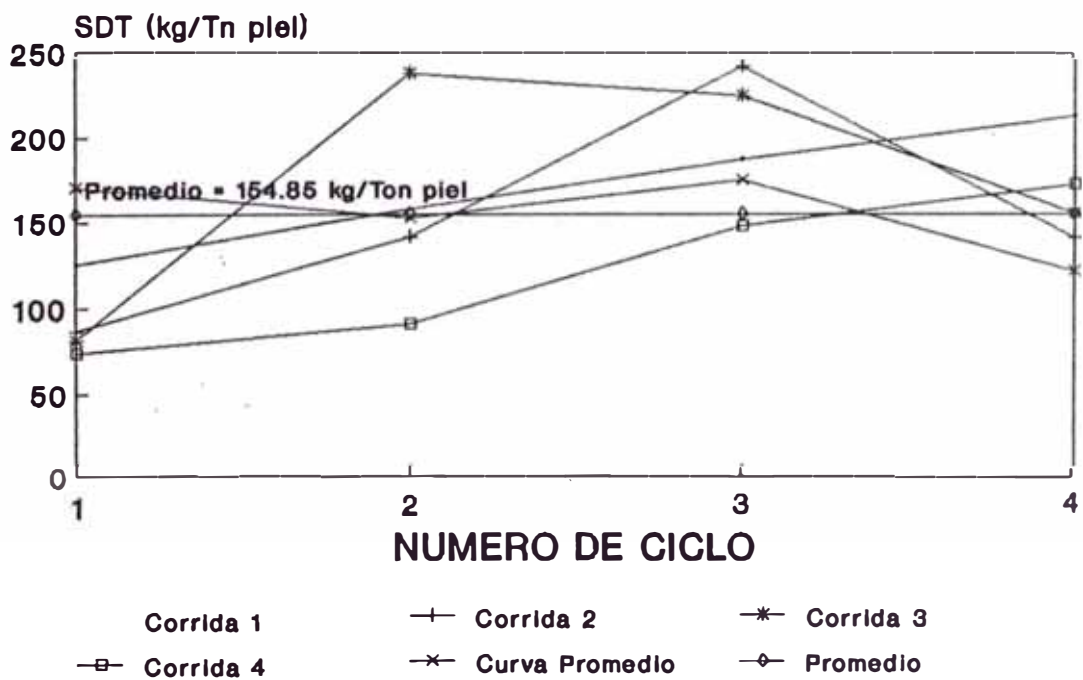
Corrida Nro. 4

Ciclo	Ud	Sulfuro	Sulfuro	SDT	SDT	SST	SST	S. Totales	S. Totales	DBO	DBO	DQO	DQO
	l	mg/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	q/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p
1	300.00	1240.00	3.93	23.31	73.79	20.01	63.34	43.31	137.09	15000.00	47.48	40509.00	120.40
2	325.00	1400.00	3.79	33.44	90.53	21.79	50.99	55.23	149.52	23000.00	62.27	66602.00	180.52
3	360.00	1600.00	4.00	49.34	147.96	7.70	23.33	57.12	171.29	30500.00	91.46	66333.00	190.92
4	336.00	1510.00	4.23	61.51	172.16	2.39	6.69	63.91	170.00	37400.00	104.60	77704.00	217.40
Prom	350.25	1437.50	4.10	41.90	121.11	12.99	30.09	54.09	159.20	26475.00	76.47	62027.00	181.35

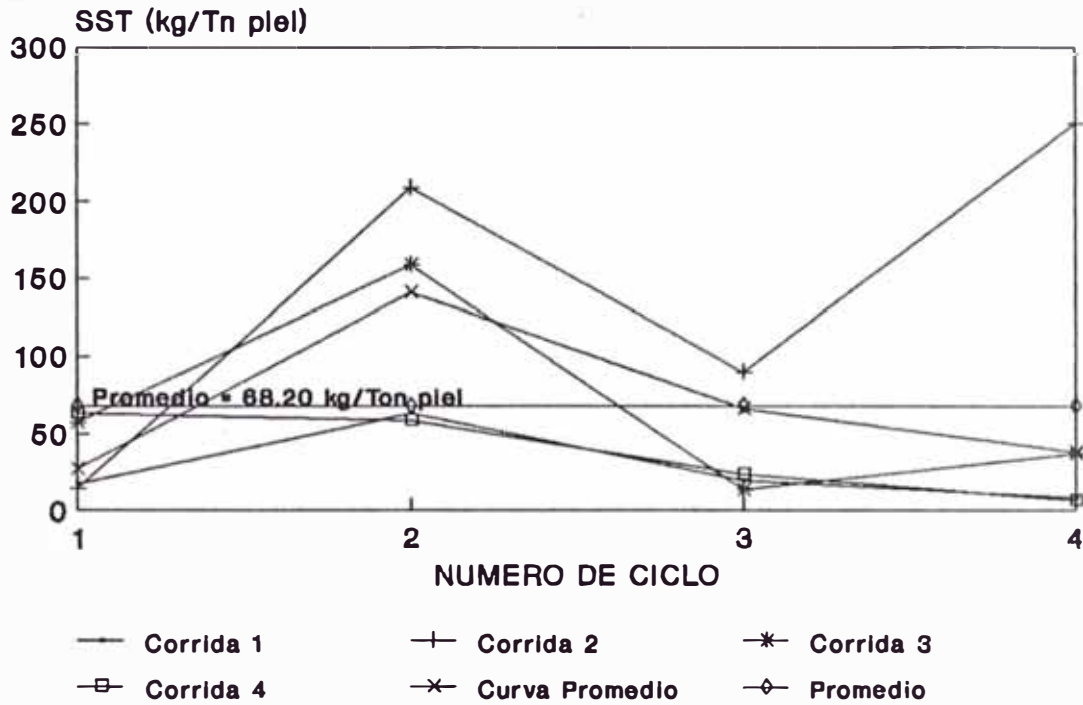
Gráfico N° 5.6
Variación de cargas
Reuso en el proceso de pelambre



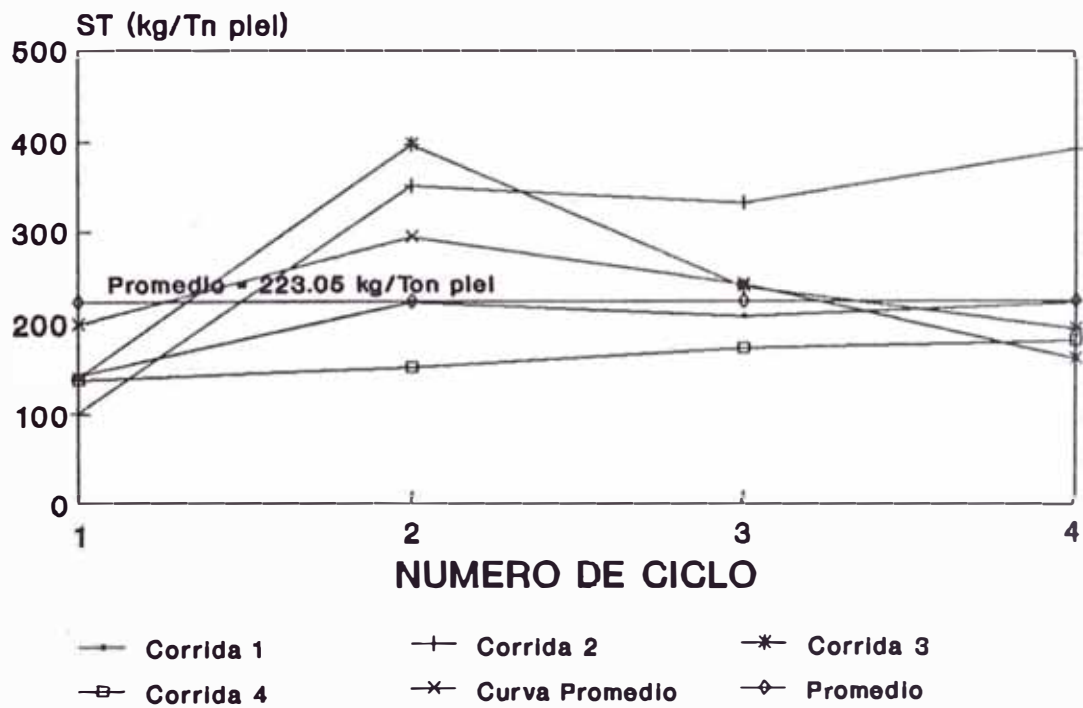
a) Sulfuro



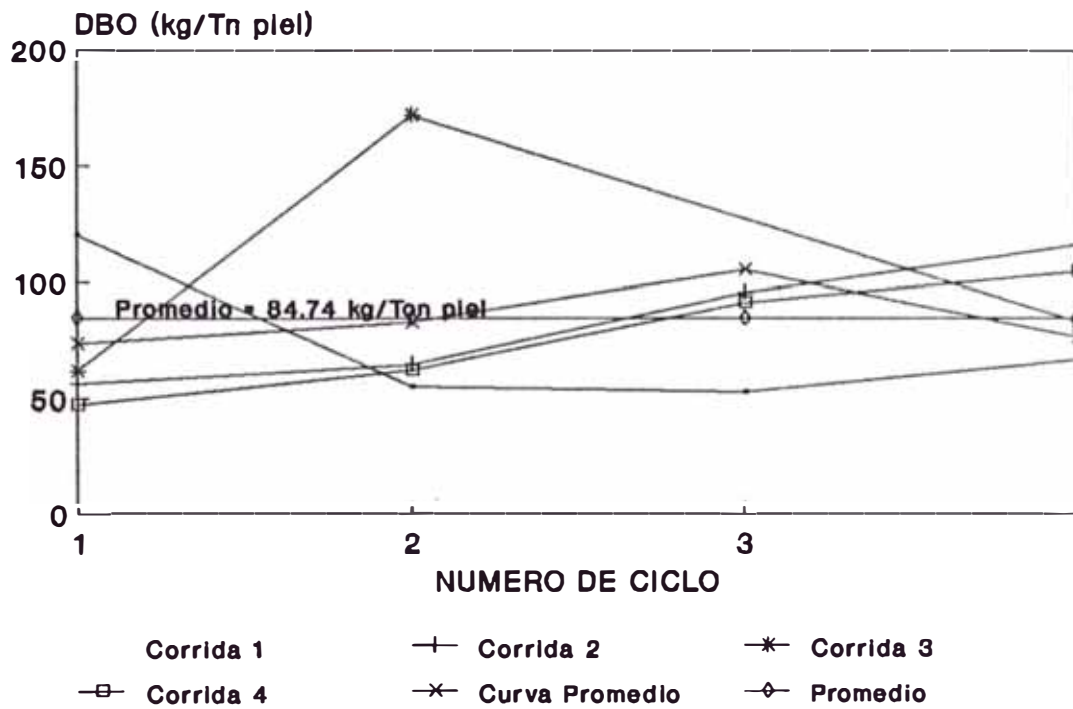
b) Sólidos Disueltos Totales



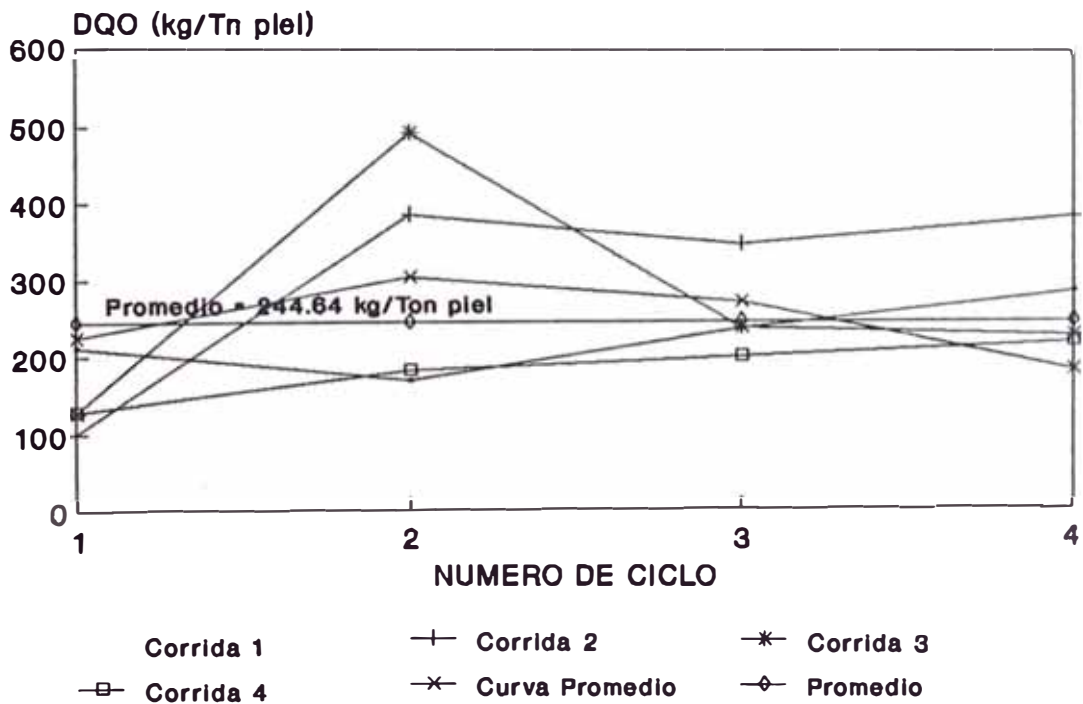
c) Sólidos Suspendedos Totales



d) Sólidos Totales



e) Demanda Bioquímica de Oxígeno



f) Demanda Química de Oxígeno

T A B L A N° 5.15
PESOS Y PORCENTAJES DE REACTIVOS AGREGADOS ()**

Corrida Nro	Ciclo Nro	Nro Pieles	Peso kg	Sulfuro de Sodio		Cal		Soda Cáustica		Bunectan	
				kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1 (*)	1	100	131.00								
	2	100	137.00	1.70	1.30	1.70	1.30	0.20	0.14		
	3	100	147.00	3.04	2.10	3.04	2.10	0.49	0.33		
	4	270	130.50	3.82	2.90	3.82	2.90	0.27	0.20		
2	1	100	106.20								
	2	100	109.00	3.23	2.96	3.23	2.96	0.57	0.52	0.49	0.44
	3	100	112.20	3.25	2.90	3.25	2.90	0.30	0.25	0.22	0.20
	4	100	100.00	2.74	2.54	2.74	2.54	0.26	0.24	0.42	0.40
3	1	100	93.00								
	2	100	112.00	2.79	2.50	2.79	2.50	0.50	0.45	0.45	0.40
	3	100	110.00	3.05	2.77	3.05	2.77	0.53	0.40	0.45	0.41
	4	100	96.50	2.73	2.03	2.73	2.03	0.40	0.50	0.41	0.42
	5	100	90.00	2.63	2.60	2.63	2.60	0.46	0.47	0.40	0.41
4	1	100	105.40								
	2	100	92.00	2.64	2.07	2.64	2.07	0.47	0.45	0.40	0.40
	3	100	103.00	2.94	2.05	2.94	2.05	0.52	0.50	0.45	0.43
	4	100	96.00	2.44	2.54	2.44	2.54	0.43	0.45	0.37	0.39
	5	100	100.00	3.06	2.03	3.06	2.03	0.54	0.50	0.46	0.43

Nota (*) Se trabajó con pieles caprino grande y caprino chico.
(**) Todos los porcentajes están referidos al peso de "piel fresca salada"

T A B L A 5.16

SULFURO DE SODIO EN EL PROCESO RECIRCULADO

Ciclo Nro	Nro Pieles	Peso kg	Na2S en el Baño Recuperado			Na2S Requerido kg	Na2S Agregado kg
			Vol. Baño L	[S-2] g/L	Peso Na2S kg		
1	100	131.00				4.60	
2	100	137.00	397	1.95	2.09	4.59	1.70
3	100	147.00	235	2.30	2.14	5.10	3.04
4	270	130.50	200	0.49	0.75	4.57	3.02
1	100	106.20				4.25	
2	100	109.00	330	0.05	1.13	4.36	3.23
3	100	112.20	220	1.42	1.25	4.50	3.25
4	100	100.00	220	1.00	1.50	4.32	2.74
1	100	93.00				3.73	
2	100	112.00	330	1.20	1.69	4.40	2.79
3	100	110.00	200	1.70	1.36	4.40	3.05
4	100	96.50	210	1.35	1.13	3.06	2.73
5	100	90.00	210	1.47	1.29	3.92	2.63
1	100	105.40				4.22	
2	100	92.00	210	1.24	1.04	3.60	2.64
3	100	103.00	210	1.40	1.36	4.12	2.94
4	100	96.00	220	1.60	1.40	3.04	2.44
5	100	100.00	210	1.51	1.26	3.32	3.06

T A B L A N° 5.17

VOLUMEN DE AGUA, CAL, SODA CAUSTICA, BUMECTAN EN EL PROCESO RECIRCULADO

Ciclo Nro	Nro Pielas	Peso kg	Volumen de Agua				Cal		Soda Cáustica		Bumectan	
			Requerido L	Baño Rec L	Agregado L	Ubaño Vaqua	Requerido kg	Agregado kg	Requerido kg	Agregado kg	Requerido kg	Agregado kg
1	100	131.00					4.60		0.92		0.79	
2	100	137.00					4.59	1.70	0.96	0.20	0.02	
3	100	147.00					5.18	3.04	1.03	0.49	0.89	
4	270	130.50					4.57	3.02	0.91	0.27	0.78	
1	100	106.20	319				4.25		0.74		0.64	
2	100	109.00	330	330			4.36	3.23	0.76	0.57	0.66	0.49
3	100	112.20	337	220	117	1.9	4.50	3.25	0.79	0.30	0.67	0.40
4	100	100.00	324	220	104	2.1	4.32	2.74	0.76	0.26	0.66	0.42
1	100	93.00	326				3.73		0.65		0.56	
2	100	112.00	392	330	62	5.3	4.40	2.79	0.48	0.50	0.67	0.42
3	100	110.00	305	200	105	1.1	4.40	3.05	0.77	0.53	0.65	0.45
4	100	96.50	337	210	127	1.7	3.06	2.73	0.60	0.40	0.50	0.41
5	100	98.00	343	210	133	1.6	3.92	2.63	0.69	0.46	0.60	0.40
1	100	105.40	300				4.22		0.74		0.63	
2	100	92.00	325	210	115	1.8	3.60	2.64	0.65	0.47	0.56	0.40
3	100	103.00	360	210	150	1.4	4.12	2.94	0.72	0.40	0.62	0.42
4	100	96.00	336	220	116	1.9	3.04	2.44	0.67	0.43	0.50	0.37
5	100	100.00	343	210	133	1.6	3.32	3.06	0.76	0.54	0.65	0.40

T A B L A N° 5.10

PORCENTAJES DE AHORRO EN INSUMOS QUINICOS

Corrida	Ciclo	Volumen Agua	Sulfuro de Sodio	Cal	Soda Cáustica(%)	Bumectan
2	1					
	2		26.00	26.00	25.00	26.00
	3	65.00	28.00	28.00	62.00	28.00
	4	68.00	36.00	36.00	66.00	36.00
3	1					
	2	84.00	38.00	38.00	38.00	38.00
	3	52.00	31.00	31.00	31.00	31.00
	4	62.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	5	61.00	33.00	33.00	33.00	33.00
4	1					
	2	65.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	3	58.00	33.00	33.00	33.00	33.00
	4	65.00	36.00	36.00	36.00	36.00
	5	61.00	38.00	38.00	38.00	38.00
PROMEDIO		64.00	32.00	32.00	32.00	32.00

B) RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE REUSO EN EL PROCESO DE CURTIDO

PRESENTACION DE RESULTADOS

CARACTERIZACION

La tabla Nº 5.19 muestra las características del líquido residual recirculado en las pruebas de reuso. De esta se obtiene la tabla Nº 5.20 donde los parámetros son expresados en kg/Tn piel, la variación de la concentración de éstos, a medida que aumenta el número de reusos, se puede apreciar en los gráficos Nº 5.7. La tabla Nº 5.21 muestra los pesos y porcentajes respectivos de los reactivos utilizados en cada ciclo de reuso, donde en la última columna indica la calidad final del curtido. La tabla Nº 5.22 muestra el consumo de reactivos en un proceso recirculado. La tabla Nº 5.23 nos presenta en porcentaje (%) el ahorro de estos productos en las pruebas de reuso.

PRUEBAS DE REUSO

SEPARACION DE SOLIDOS

Se realizó la separación de sólidos gruesos y finos mediante un tamizado simple con una malla tipo gasa. Consideramos importante esta separación parcial de sólidos desde el punto de vista del proceso de curtido antes de su reutilización.

LIQUIDO RESIDUAL

Para seguir la evaluación del baño de reuso durante la recirculación, se evaluaron algunos parámetros representativos del mismo. Ver tabla Nº 5.19. La separación parcial de los sólidos en suspensión y las características de las pieles en el sistema recirculado cuyas características son factores importantes para la estabilización de los distintos componentes del baño reutilizado para un buen curtido.

El pH óptimo para un buen curtido encontrado en el proceso de recirculación se encuentra entre 3.8 - 4.0

Se observó el efecto inhibitor para la fijación de cromo que tiene el líquido residual recirculado, para porcentajes en peso menores que 1% de bicarbonato de sodio. Para evitar el mencionado efecto, se corrigió el criterio de reuso en esta última fase (en función del porcentaje de refuerzo del cromo).

AHORRO DE PRODUCTOS QUIMICOS

a) **Reactivo de sal de cromo (CUIREXTAN)**

La experiencia con este método realizado a escala semi-industrial, muestra que es posible reducir el consumo de estos reactivos en un promedio de **20.8%**

b) **Reactivo Tainingan OS**

La reducción en el consumo de Tainingan OS (Tensoactivo) depende del porcentaje de refuerzo de sal de cromo en cada reuso, es este caso hubo una reducción del **20.8%**.

c) **Reactivo bicarbonato de sodio**

El uso de éste producto químico es importante para el curtido de los cueros . El ahorro en su consumo es proporcional al porcentaje de refuerzo de sal de cromo en cada ciclo de reuso, en este caso es posible un ahorro de **20.8%**. La experiencia con este método realizado a escala semi-industrial muestra que es posible reducir el consumo de reactivos con un porcentaje de ahorro en las pruebas de reuso tal como podemos apreciar en la tabla N^o 5.23.

NUMERO OPTIMO DE REUSO

En el presente trabajo de reuso de los efluentes de curtido es necesario saber cuando debe interrumpirse la recirculación. Por las pruebas realizadas y los controles analíticos realizados no podemos determinar categóricamente cuando exactamente el ciclo de recirculación debe interrumpirse. Ver tabla Nº 5.24.

Por lo expuesto, la calidad del curtido (textura final del cuero "wet blue") nos va a indicar la necesidad de interrumpir o no la recirculación.

En la experiencia realizada se tuvo 3 corridas de reuso directa de baño de curtido.

Primera Corrida Se interrumpió en el ciclo Nº 5 por tener el baño recuperado un pH ($\text{pH} = 4.5$) > 4 , lo cual no era aceptable para reuso y donde todos las pruebas de control son positivas, pero la textura del cuero no era aceptable.

Segunda Corrida Se interrumpió en el ciclo Nº 8 por problemas en el curtido de cuero y que tomó más tiempo para fijar el cromo y pasar las pruebas de control. Se debe tener en cuenta que el último ciclo de reuso se realizó después de 3 semanas de almacenado por motivos de reprogramación.

Tercera Corrida Esta última fue interrumpida en el ciclo Nº 16, por motivos de término del proyecto, teniendo, la posibilidad de seguir reusando el baño, los resultados fueron hasta el momento positivos (15 reusos). Teniendo en cuenta que los cueros vienen de los diferentes procesos de pelambre.

T A B L A N° 5.19

CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO RESIDUAL RECIRCULADO

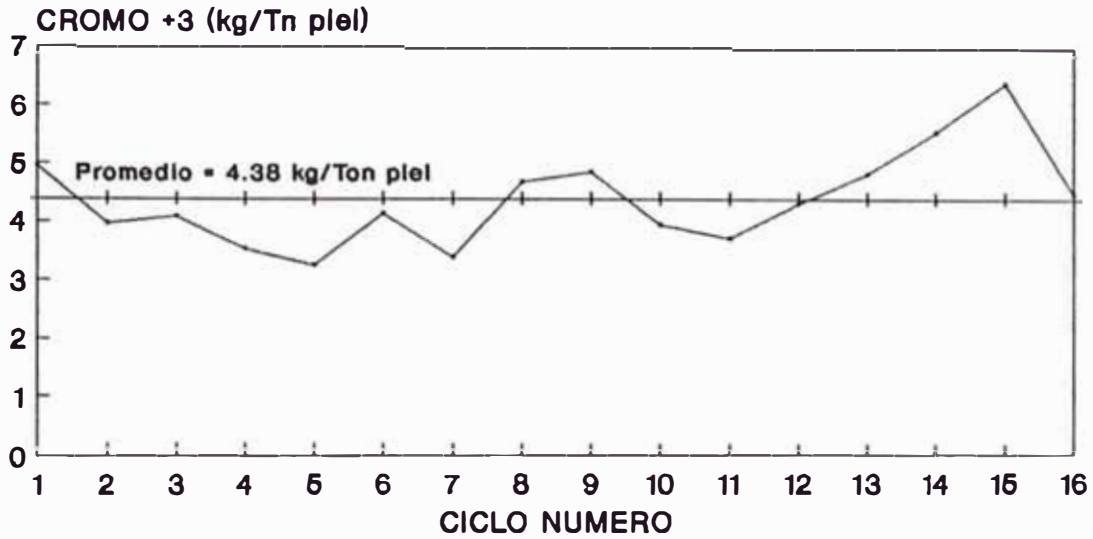
Ciclo Mro	SOLIDOS (g/L)									Cr+3 g/L	Cloruros mg/L	D.Q.O mg/L
	Disueltos			Suspendidos			Totales					
	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total	Fijo	Volátil	Total			
1	77.60	12.70	90.90	2.80	1.80	5.10	80.40	14.50	95.40	6.40	28849	4787
2	80.40	11.70	92.10	0.80	0.30	0.30	80.40	11.90	92.30	5.80	23941	6624
3	86.40	13.80	99.40	0.90	1.40	2.30	87.30	14.40	101.70	6.80	23782	7776
4	80.60	10.90	91.50	0.90	0.90	1.90	81.50	11.90	93.40	4.60	24100	7517
5	73.50	11.20	84.60	10.90	0.70	11.70	84.40	11.90	96.30	4.76	21870	4812
6	80.90	13.80	94.60	2.10	0.97	3.00	83.80	14.70	97.70	5.85	24404	5765
7	85.20	12.50	97.80	1.20	0.30	1.40	86.40	12.80	99.20	5.10	22285	8122
8	88.40	13.20	101.60	2.60	11.20	3.80	91.80	14.40	105.40	6.60	24883	8122
9	93.40	13.30	106.70	1.20	0.20	1.40	94.60	13.50	108.10	6.40	26882	6958
10	80.80	10.60	91.50	7.80	0.80	7.80	87.80	10.70	98.50	5.59	23983	11306
11	81.30	11.40	92.60	5.30	1.10	6.40	86.70	12.40	99.00	5.20	27282	-
12	83.60	13.20	96.80	4.70	0.61	5.30	88.30	13.80	102.10	5.75	27681	-
13	83.90	12.80	96.80	5.80	2.60	7.60	88.90	14.70	103.60	6.10	24284	9687
14	89.70	12.80	101.70	3.60	0.70	4.30	93.20	12.70	106.00	6.99	25982	9889
15	87.80	21.90	109.70	3.80	4.30	7.40	90.90	26.20	117.10	7.97	25483	4833
16	102.70	20.90	123.60	0.90	1.95	2.90	103.60	22.80	126.40	5.60	31278	8760
PROMEDIO	84.76	13.39	98.20	3.26	1.81	4.49	88.83	14.58	102.64	5.92	24941	7491

TABLA N° 5.20

CONTRIBUCION DE CARGA DE LOS PARAMETROS DEL EFLUENTE RECIRCULADO DE LA ETAPA DE CURTIDO

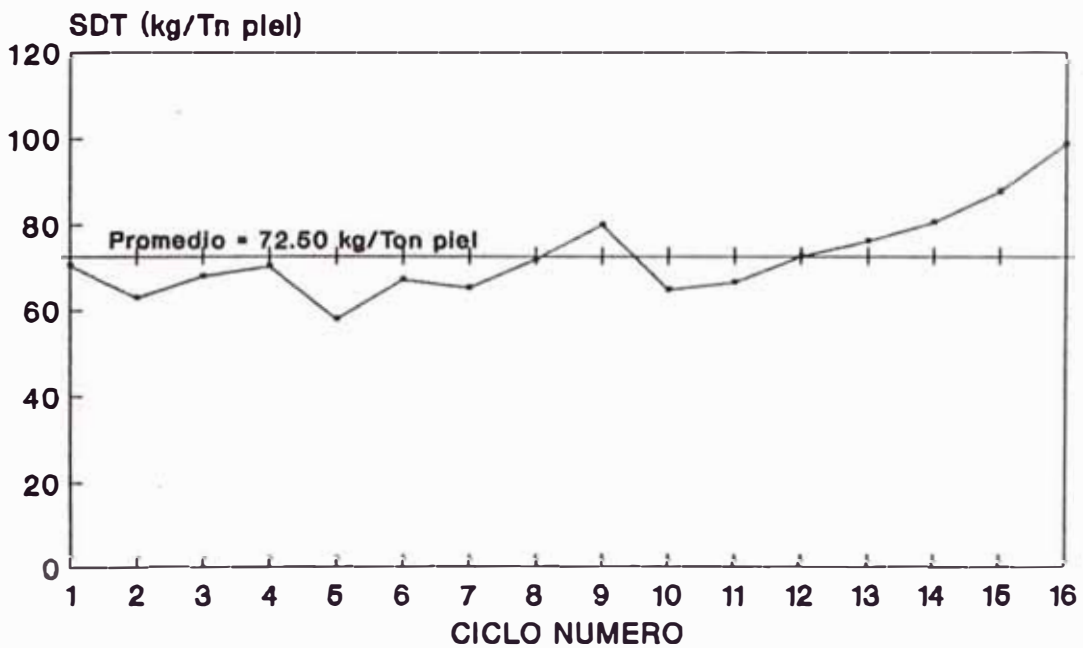
Ciclo	Ud	Cr +3	Cr +3	SDT	SDT	SST	SST	S. Totales	S. Totales	Cloruros	Cloruros	DQO	DQO
	l	mg/l	Kg/Tn p	g/l	Kg/Tn p	g/l	Kg/Tn p	g/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p	mg/l	Kg/Tn p
1	93.00	6400.00	4.96	90.90	70.42	5.10	3.95	95.40	73.91	20049.00	16.15	4787.00	3.71
2	82.00	5000.00	3.96	92.10	62.91	0.30	0.20	92.30	63.05	23941.00	16.35	6624.00	4.52
3	82.00	6000.00	4.10	99.40	67.90	2.30	1.57	101.70	69.47	23702.00	16.24	7776.00	5.31
4	92.00	4600.00	3.53	91.50	70.12	1.90	1.46	93.40	71.50	24100.00	18.47	7517.00	5.76
5	82.00	4760.00	3.25	84.60	57.79	11.70	7.99	96.30	65.78	21070.00	14.94	4012.00	3.29
6	85.00	5850.00	4.14	94.60	66.98	3.10	2.19	97.70	69.18	24404.00	17.34	5765.00	4.00
7	80.00	5100.00	3.40	97.00	65.17	1.40	0.93	99.20	66.11	22205.00	14.85	0122.00	5.41
8	85.00	6600.00	4.67	101.60	71.94	3.00	2.69	105.40	74.63	24003.00	17.62	0122.00	5.75
9	90.00	6400.00	4.06	106.70	79.99	1.40	1.05	100.10	81.04	26002.00	20.15	6950.00	5.22
10	85.00	5590.00	3.96	91.50	64.79	7.10	5.03	98.50	69.74	23903.00	16.98	11306.00	8.01
11	86.00	5200.00	3.73	92.60	66.34	6.40	4.58	99.10	70.99	27202.00	19.54		
12	90.00	5750.00	4.31	96.00	72.57	5.30	3.97	102.10	76.54	27601.00	20.75		
13	95.00	6100.00	4.83	96.10	76.05	7.60	6.01	103.60	81.90	24204.00	19.22	9607.00	7.60
14	95.00	6990.00	5.53	101.70	80.48	4.30	3.40	106.10	83.96	25902.00	20.56	9809.00	7.83
15	96.00	7970.00	6.37	109.70	87.72	7.40	5.92	117.10	93.64	25403.00	20.38	4033.00	3.06
16	96.00	5600.00	4.48	123.60	90.04	2.90	2.32	126.40	101.00	31270.00	25.01	0760.00	7.01
Prom	88.30	5924.30	4.30	90.20	72.50	4.50	3.33	102.65	75.79	24940.56	18.41	7491.29	5.53

Gráfico N° 5.7 Variación de cargas Reuso en el proceso de curtido



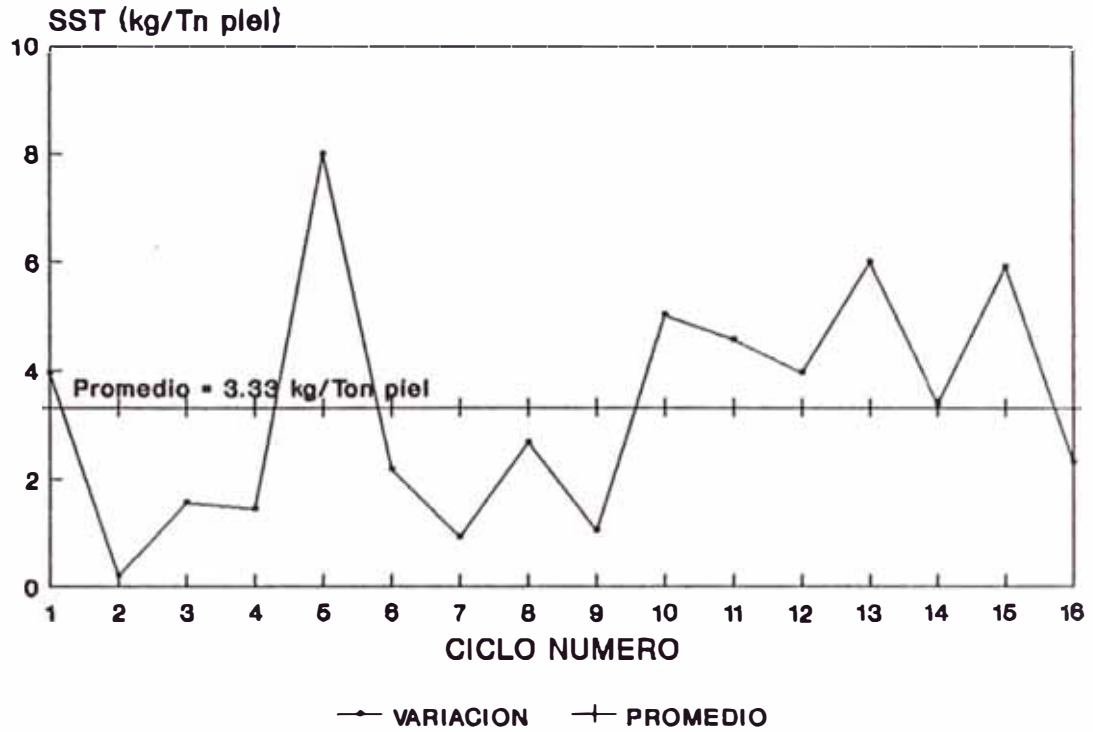
— VARIACION —+— PROMEDIO

a) Cromo (Cr+3)

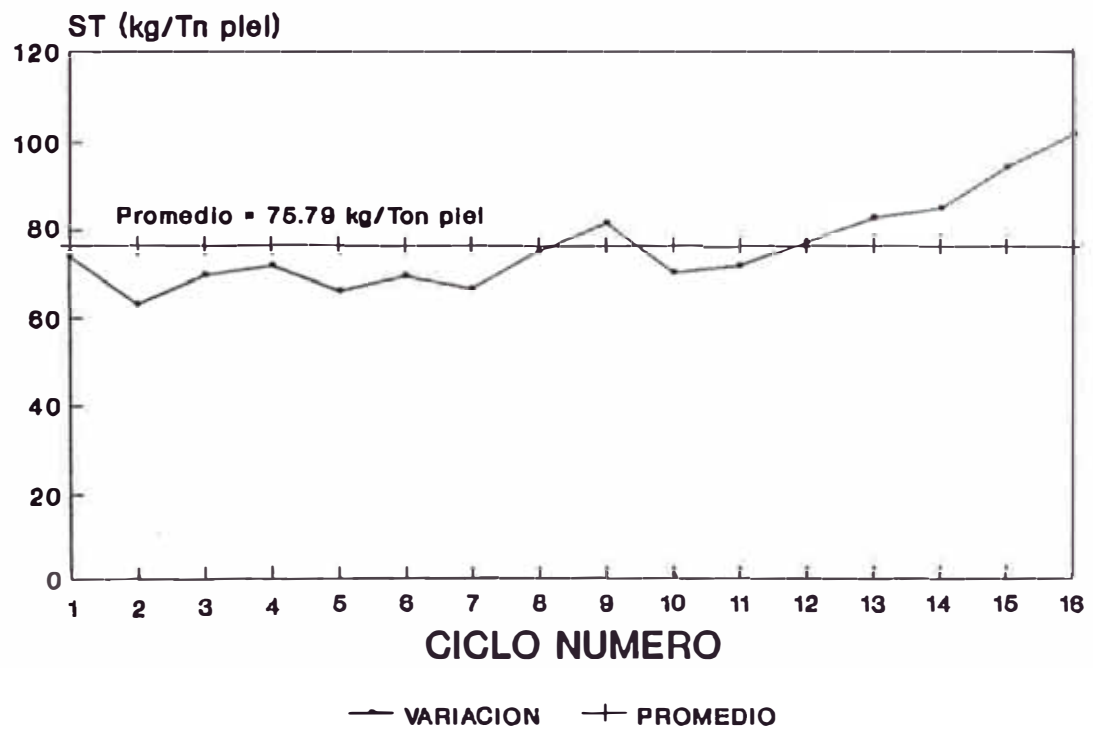


— VARIACION —+— PROMEDIO

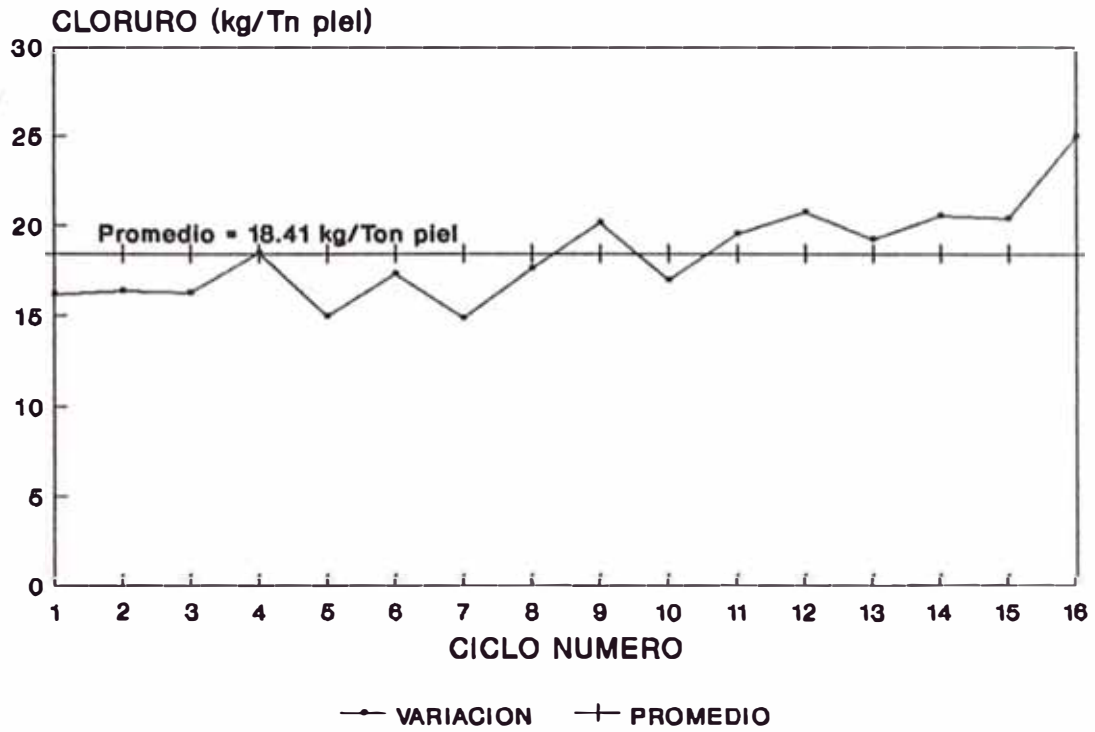
b) Sólidos Disueltos Totales



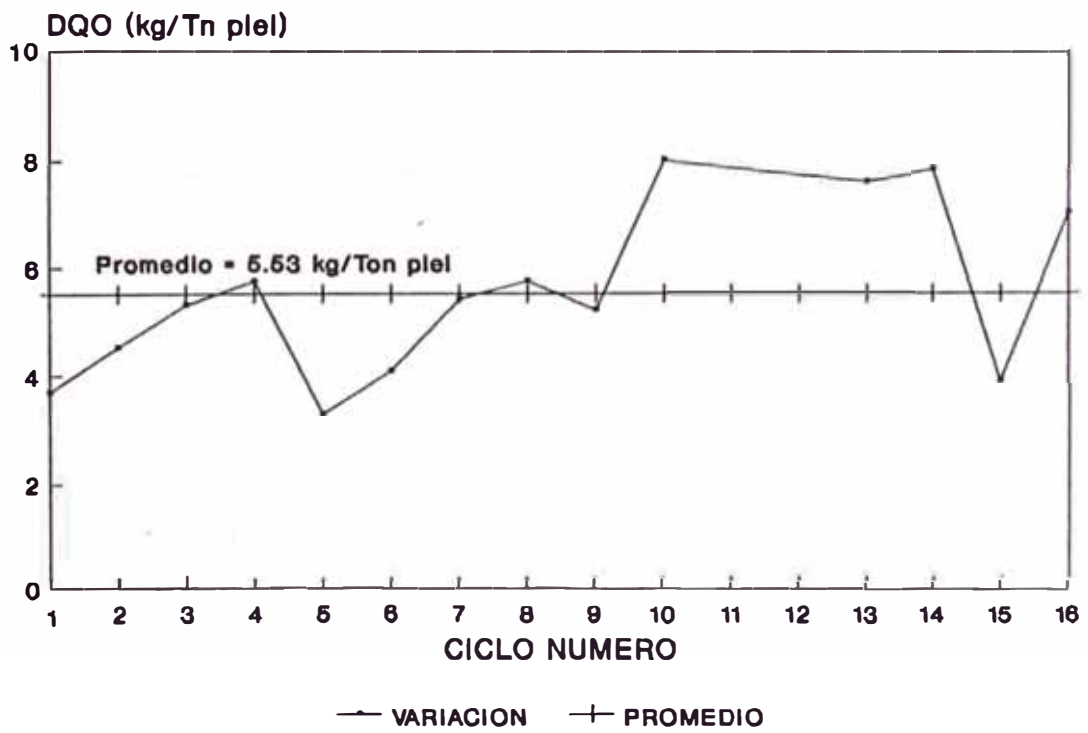
c) Sólidos Suspendedos Totales



d) Sólidos Totales



e) Cloruro



f) Demanda Química de Oxígeno

T A B L A N° 5.21

PESOS Y PORCENTAJES DE REACTIVOS AGREGADOS (***)

Ciclo Nro	Nro Pieles	Peso(**) kg	Sal de Cromo		Taningan OS		Bicarb. de Sodio	
			kg	%	g	%	kg	%
(*) 1	270	131.20	10.52	8.00	790.0	0.60	1.040	1.400
2	100	111.00	7.14	6.40	535.0	0.40	1.250	1.130
3	100	115.50	7.13	6.20	530.0	0.46	1.250	1.000
4	100	123.20	7.83	6.37	580.0	0.48	1.370	1.110
5	100	107.10	6.90	6.40	520.0	0.48	1.200	1.120
6	100	108.90	7.20	6.50	550.0	0.50	1.250	1.150
7	100	119.50	7.45	6.23	565.0	0.47	1.300	1.090
8	100	105.50	6.00	6.19	515.0	0.46	1.200	1.000
9	100	92.00	5.64	6.10	420.0	0.46	0.905	1.070
10	100	102.00	6.40	6.35	500.0	0.49	1.150	1.130
11	100	121.00	7.60	6.28	570.0	0.47	1.340	1.110
12	100	112.00	7.20	6.40	540.0	0.48	1.260	1.125
13	100	115.00	7.30	6.35	550.0	0.48	1.300	1.130
14	100	104.00	6.00	6.54	510.0	0.49	1.200	1.150
15	100	101.00	6.44	6.36	485.0	0.40	1.125	1.110
16	100	137.00	0.76	6.39	660.0	0.40	1.530	1.120

Nota

Se trabajó con pieles caprino chico.
Se refiere al peso de "piel tripa"
Todos los porcentajes están referidos al peso de "piel tripa"

T A B L A N° 5.22

CONSUMO DE REACTIVOS QUIMICOS EN EL PROCESO RECIRCULADO

Ciclo Mro	Mro Pieles	Peso Piel Tri. kg	Vol. Baño Recup. L	Cr+3 g/L	Sal de Cromo			Taningan OS			Bicarbonato de Sodio		
					Recup. kg	Agregado kg	Requerido kg	Recup. g	Agregado g	Requerido g	Recup. kg	Agregado kg	Requerido kg
1	270	131.20	63	4.80	-	10.52	10.52	-	790	790	-	1.840	1.840
2	100	111.00	82	4.40	1.74	7.14	8.88	131	535	666	0.30	1.250	1.550
3	100	115.50	82	4.20	2.11	7.13	9.24	163	530	693	0.37	1.250	1.620
4	100	123.20	85	4.80	2.01	7.83	9.84	151	580	739	0.36	1.370	1.730
5	100	107.10	82	3.60	1.70	6.90	8.60	123	520	643	0.30	1.200	1.500
6	100	108.90	85	4.30	1.60	7.10	8.70	103	550	653	0.28	1.250	1.530
7	100	119.50	90	4.30	2.11	7.45	9.56	152	565	717	0.37	1.300	1.670
8	100	105.50	85	4.30	2.00	6.80	8.80	118	515	633	0.28	1.200	1.480
9	100	92.00	80	4.80	1.76	5.64	7.40	132	420	552	0.30	0.985	1.290
10	100	102.00	85	4.20	1.68	6.48	8.16	112	500	612	0.20	1.150	1.430
11	100	121.00	85	3.80	2.00	7.60	9.60	156	570	726	0.35	1.340	1.690
12	100	112.00	90	4.00	1.70	7.20	8.90	132	540	672	0.31	1.260	1.570
13	100	115.00	100	3.80	1.90	7.30	9.20	140	550	690	0.31	1.300	1.610
14	100	104.00	95	4.80	1.52	6.80	8.32	114	510	624	0.26	1.200	1.460
15	100	101.00	85	4.80	1.66	6.44	8.10	121	485	686	0.29	1.125	1.420
16	100	137.00	100	4.20	2.20	8.76	10.96	162	660	822	0.39	1.530	1.920

T A B L A N° 5.23

PORCENTAJE DE AHORRO EN PRODUCTOS
QUINICOS

Ciclo Nro	Sal de Cromo %	Yanigan OS %	Bicarb. de Sodio %
1	-	-	-
2	19.50	19.50	19.50
3	23.00	23.00	23.00
4	20.50	20.50	20.50
5	20.00	20.00	20.00
6	10.50	10.50	10.50
7	22.00	22.00	22.00
8	22.70	22.70	22.70
9	23.00	23.00	23.00
10	20.60	20.60	20.60
11	21.50	21.50	21.50
12	20.00	20.00	20.00
13	21.00	21.00	21.00
14	10.40	10.40	10.40
15	20.50	20.50	20.50
16	20.00	20.00	20.00
PROMEDIO	20.80	20.80	20.80

T A B L A N^o 5.24

NUMERO DE REUSOS EN LA EXPERIENCIA

Corrida.	Nro. Ciclos	Nro Reusos	Obsevaciones
1	4	3	Se interrumpió el reuso por pH 2 4.5 y textura de curtido.
2	8	7	Se interrumpió por problemas de fijación de cromo en el cuero. Último baño reciclado más de tres semanas.
3	16	15	Se interrumpió por término del proyecto. se mantuvo el pH \leq 4.

5.3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LAS UNIDADES DE RECUPERACION Y REUSO DE LAS DESCARGAS EN LOS PROCESOS DE PELAMBRE Y CURTIDO^{20,24,26,33}

5.3.1 UNIDADES DE RECUPERACION Y REUSO DE LAS DESCARGAS EN EL PROCESO DE PELAMBRE

En este acápite se presenta el diseño de la unidad de recuperación de los baños de pelambre y las condiciones necesarias para su reuso.

Se persigue con el reuso reducir la carga contaminante ocasionada por la presencia de altas concentraciones de sulfuro en el efluente del proceso de pelambre, además reducir el volumen de agua utilizado y el consumo de insumos químicos.

El efluente de un proceso normal de pelambre presenta características de un fango acuoso de color marrón, olor penetrante y con una temperatura por encima de la del ambiente, posee un alto contenido de sólidos sedimentables, grasas, proteínas, alto DBO y Sulfuro.

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en el estudio de caso del proyecto de minimización, es factible la recuperación de estos efluentes para ser reusados. Para ello es necesario realizar un pre-tratamiento del baño recuperado que contemple la remoción de sólidos, su almacenamiento y el recicló.

A) CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION DE TRATAMIENTO

Como se dijo anteriormente, la recuperación de estos baños comprende la separación de sólidos y su almacenaje para su posterior reuso. Por ello es necesario tener presente algunas consideraciones antes de decidir por el tratamiento adecuado:

- 1) El caudal de las descargas es intermitente, es decir no es continuo, además de los períodos de descargas que están en función de la producción, que también es muy variable.
- 2) La producción, generalmente de pelambre se realiza interdiario, con lo cual se debe almacenar el baño recuperado por un espacio de 24 a 48 horas, antes de ser reusado.
- 3) Se deben tener en cuenta para el dimensionamiento del sistema de recuperación y reuso, el tamaño y dimensionamiento de la planta industrial, ubicación, distribución y áreas de los procesos, maquinarias, áreas libres y de circulación, etc.

B) DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RECUPERACION Y REUSO DE LOS BAÑOS DE PELAMBRE²⁶

Implementar un programa de recuperación y reuso de baños de pelambre, implica realizar en la planta industrial ciertas modificaciones al sistema recolector existente. También implica optimizar el reuso de botales e incluir ciertas operaciones para el buen funcionamiento del sistema.

El sistema está compuesto por dos tanques de almacenamiento, un decantador de flujo vertical tipo Dortmund, para la remoción de los sólidos y un equipo de bombeo. Ver gráfico N° 5.8

La recolección de los baños se realiza mediante canales provistos de rejas y compuertas que controlan los flujos. Ver Plano N° 4.

Tanque de almacenaje 1

Se dimensionó el tanque en función de la periodicidad en que se realizan los pelambres, volumen de descarga y periodo de descarga de estos baños y por el área disponible para su ubicación.

En la curtiembre se realizan en periodos picos de producción dos pelambres diarios, que dan un volumen de descarga de 15m³. En periodos normales de producción se realiza un pelambre por día con un volumen máximo de descarga de 8 m³, dependiendo del tipo de piel. Por lo que se adopta:

Caudal de descarga	15.0 m ³ / día
Area	6.0 m ² : (3.0m x 2.0m)
Altura	2.5 m
Borde Libre	0.5 m
Volumen útil	15.0 m ³
Volumen total	18.0 m ³

El tanque es de concreto armado del tipo resistente a sulfatos. Estará recubierto de aditivos especiales para protegerlo contra la corrosión que podrían causar las altas concentraciones de sulfuro. Además contará con un agitador para evitar la sedimentación de sólidos.

Decantador de flujo vertical tipo Dortmund

Está dimensionado para dos horas de retención, en la que ocurrirá la sedimentación de los sólidos decantables.

La fase sobrenadante es conducida hacia el tanque de almacenamiento 2. Los sólidos son almacenados en la parte inferior del decantador que tiene la forma de un cono, del que serán luego extraídos para su disposición final. El dimensionamiento del sistema de decantación es como sigue:

a) Caudal de Bombeo

$$\frac{\text{Volumen de Baño}}{\text{Horas de trabajo}} = \frac{15m^3}{10h} = 1.5 m^3/h$$

b) Decantador: forma cilíndrica-cónica

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

La tasa aplicada para estos baños : $0.75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$

$$\text{Area} = \frac{1.5 \text{ m}^3/\text{h}}{0.75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}} = 2 \text{ m}^2$$

Volumen parte cilíndrica - Caudal de Bombeo × Tiempo de retención

$$\text{Volumen} = 1.5 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 3 \text{ m}^3$$

H = Altura de la parte cilíndrica:

$$H = \frac{\text{Volumen parte cil.}}{\text{Area}} = \frac{3 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro} = D = \sqrt{\frac{\text{Area} \times 4}{3.1415}} = \sqrt{\frac{2 \text{ m}^2 \times 4}{3.1415}} = 1.6 \text{ m}$$

h = Altura de la parte cónica:

$$h = \frac{D/2}{\text{tg } 30^\circ} = \frac{1.6 \text{ m}/2}{0.577} = 1.4$$

c) Cálculo del volumen de lodos :

De las pruebas de columna de sedimentación y de cono Imhoff realizados a las descargas de baños de pelambre, tenemos

Sólidos Sedimentables : $265 \text{ ml/L/día} = 11 \text{ ml/L/hora}$

$$V_{S.sed.} = 265 \text{ ml/L/día} \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{ml} \times 2 \text{ h} \times 0.042 \text{ día/h} \times 1500 \text{ L/h} \times 24 \text{ h/día}$$

Volumen de Sólidos Sedimentables = $0.795 \text{ m}^3/\text{día}$

Periodo de Limpieza :

$$P.L. = \frac{0.938 \text{ m}^3}{0.636 \text{ m}^3/\text{día}} = 1.47 \text{ día}$$

La limpieza o el retiro de los lodos será cada 1 día.

Tanque regulador de caudal

Teniendo en cuenta los equipos existentes en el mercado, es necesario proyectar un tanque elevado que garantice las condiciones adecuadas del funcionamiento del decantador con un flujo continuo de 0.42 lps. durante un periodo de 10 horas.

Se requiere de una bomba sumergible para desagüe que permita una altura Dinámica mayor o igual a 9 mt.

Tanque N°1 – Tanque Regulador

El volumen del tanque regulador de caudal es de 1 m³, para un caudal de 2 lps. Se necesitará un tiempo de 3.5 min para llevar del tanque N°1 de almacenamiento hasta el tanque regulador de caudal.

Volumen : 1 m³
Caudal : 2 lps.
Tiempo : 8.0 min

Decantador

Si se tiene un volumen de 1 m³ y el caudal de 0.42 lps. que se necesitará para descargar al decantador, se logrará en un tiempo de 40 min.

Volumen : 1 m³
Caudal : 0.42 lps.
Tiempo : 40 min

Por tanto cada 40 minutos se bombeara del tanque N° 1 al tanque regulador por un tiempo de 8.0 min. Si el volumen máximo generado es de 15m³, entonces el tiempo de operación es de 10 h/día.

Descripción del tanque regulador:

Material: Acrílico

Volumen : 1 m³

Forma : Cilíndrica con tapa

Accesorios: Tubería, válvula

Esta irá en la parte superior del decantador para que cumpla su función.

Tanque de almacenamiento 2

Se adoptan las mismas dimensiones del tanque de almacenamiento N01 . No requiere agitación puesto que ya se ha eliminado gran parte de los sólidos en el decantador. De este tanque se bombea el baño a los fulones 1 y 2 de acuerdo al volumen requerido para el proceso.

Rejas y compuertas

El objetivo de las rejas es retener sólidos de tamaño mayor como trozos de piel y otros materiales que podrían causar problemas de obstrucción en los canales y tanques. Las características de las rejas a emplearse son:

- Separación entre barras : 1/4"

- Espesor de barras : 1/4"

Dado el alto contenido de sulfuro y por su poder corrosivo del baño de pelambre se recomienda utilizar como material para la reja acero inoxidable.

En cuanto a las compuertas, tienen la función de controlar el flujo de

las descargas hacia el tanque de almacenamiento o a los canales de desagües, según el tipo de descarga. Se recomienda utilizar también acero inoxidable.

Canales de recolección

Para la recolección de las descargas de los baños de pelambre procedentes de los botaes N^o 1 y 2, se hace necesario construir canales en concreto protegidos con aditivos resistentes a la corrosión. Estos canales conducirán el baño recuperado hasta el tanque de almacenamiento N^o 1. Dichos canales serán de concreto y recubiertos con aditivos resistentes a la corrosión.

Equipo de Bombeo^{20,24}

Se instalarán equipos de bombeo para:

- 1) Llevar el baño recuperado hasta el decantador, con un caudal continuo durante 10 horas/día.
- 2) Abastecer a los botaes N^o 1 y 2 de líquido tratado en el decantador y almacenado en el tanque 2, de acuerdo al requerimiento diario de la empresa.

Cálculo de los equipos de bombeo:

- 1) Tanque 1 - Decantador:

- Caudal de Bombeo: $7.5 \text{ m}^3/\text{h} = 2.0 \text{ lps.}$
- Altura dinámica total :
- Pérdida de carga: (Diámetro de la tubería : $D = 2 \text{ pulg.}$)
Longitud de tubería : 10 m.
Longitud equivalente por accesorios : 20% Long. Tub.
 $0.2 \times 10 \text{ m} = 2 \text{ m.}$

Longitud total : 12 m.

Según Metcalf & Eddy, con velocidades menores a 1.5 m/s, existen condiciones de flujo laminar o de transición y, debido a las propiedades del fango, se ha comprobado que no pueden utilizarse las ecuaciones convencionales de pérdida de carga. Para determinar las pérdidas de carga en un flujo laminar se recomienda hallarla multiplicando la pérdida de carga con agua por un factor k. Este factor k depende del contenido de humedad y tipo de lodo. Por lo tanto:

$$h_f = k f \frac{L V^2}{2 g D}$$

Para nuestro caso se determina que $k=7.3$ y $f=0.020$.

$$V = \frac{2 \times 10^3 \times 4}{3.1416 \times 0.051^2} = 0.97 = 1 \frac{m}{s}$$

$$h_f = 7.3 \frac{0.02 \times 10 (1.0)^2}{(0.051) \times 2 \times 9.8} = 1.46 = 1.5 \text{ m.}$$

Altura dinámica (Hdt) :

$$Hdt = H_g + h_f = 7.5 + 1.5 = 9.0 \text{ m.}$$

Potencia de la bomba :

Según Metcalf & Eddy, el peso específico de un líquido con alta cantidad de lodos o sólidos suspendidos es de 1.07 kg/dm^3 .

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

$$Pot = \frac{2.0 \times 10^{-3} (1.07) (10^3) (9.0)}{0.35 \times 76} = 0.63 \text{ HP}$$

Potencia mínima comercial : 1.0 HP

2) Tanque 2 - Fulón (1 y/o 2)

Caudal de Bombeo :

Volumen de fulón (máx.) = 7 m³

Tiempo de llenado = 15 min

$$Q_b = \frac{7 \text{ m}^3}{15 \text{ min}} = 7.7 \text{ lps} = 0.46 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

- Cálculo del diámetro de tubería :

Condiciones de régimen laminar : V = 1.5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 Q}{3.1416 V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0077}{3.1416 \times 1.5}} = 0.081 \text{ m.} = 4''$$

- Pérdida de carga :

Longitud de tubería : 22.4 m.

Longitud accesorios : 20% Long. Tub.

$$0.2 \times 22.4 = 4.48 \text{ m.}$$

Longitud Total : 26.88 m.

$$h_f = 7.3 \frac{0.02 \times 26.88 \times (1.5)^2}{0.11 \times 2 \times 9.8} = 4.01 \text{ m.}$$

- Altura dinámica total: Hg + h_f = 6.2 + 4.01 = 10.2 m.

- Potencia de la bomba :

$$Pot = \frac{0.0077 \times 1.07 \times 10^3 \times 10.2}{0.50 \times 76} = 2.21\text{-}3 \text{ HP}$$

CONCEPTO	UNIDAD	UNIDAD
- Caudal	2.0 l.p.s.	7.7 l.p.s
- Altura Dinámica total.	9.0 m.	10.2 m
- Temperatura máxima del baño de pelambre.	20.0 °C	20.0 °C
- Valor de pH del líquido	11 - 13	11 - 13
- Tipo	Sumergible	Sumergible
- Operación	Manual	Manual
- Potencia	1.0 HP	3.0 HP
- Voltaje	220. Volt	220. Volt
- Unidades	1	1

Nota: Para un caudal de 2 l.p.s se sugiere una bomba sumergible Modelo AD2 60 HZ-Hidrostral, eficiencia 35%.

ESQUEMA DE RECUPERACION Y REUSO DE LOS BAÑOS DE PELAMBRE

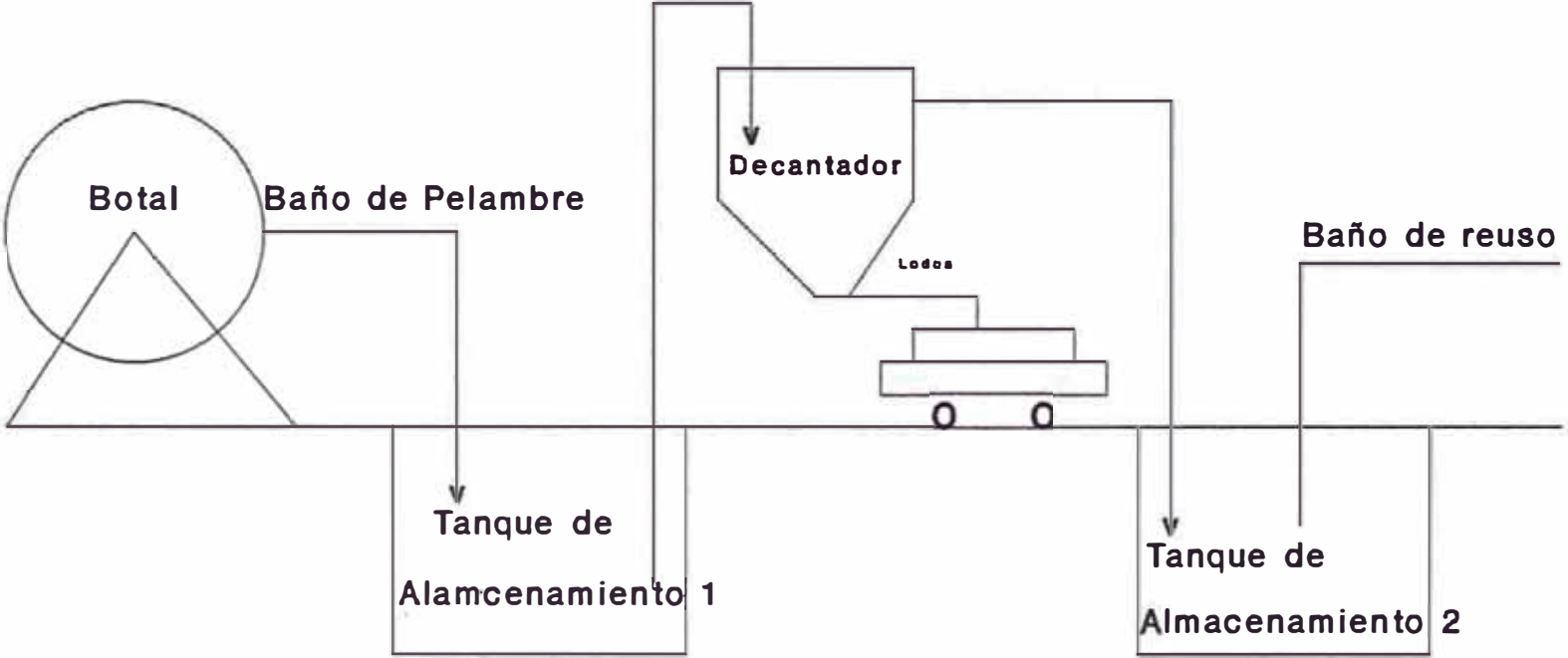


Gráfico N° 5.8

TRATAMIENTO ALTERNATIVO: Tamiz - Tanque²⁴

Este tratamiento es viable técnicamente pero usualmente menos eficiente que el anterior, dado que en la decantación hay una remoción de sólidos mayor que en este tratamiento. El gráfico N° 5.9 muestra el esquema del tratamiento para esta alternativa.

a) Dimensionamiento del tamiz

- Diámetro de orificios 1.5 - 3.0 mm

- Caudal = $\frac{\text{Volumen diario de baño residual}}{\text{Tiempo de descarga}}$

Tiempo de descarga

$$Q = \frac{15m^3}{0.5h} = 0.35l.p.s$$

El tamiz es del tipo rotativo, con limpieza automática.

b) Volumen del tanque de almacenamiento :

Volumen tanque = Volumen de descarga.

Volumen del tanque = 15 m³

Tiene la misma función y las mismas dimensiones del tanque N° 2 de la alternativa Tanque Decantador - Tanque.

Nota: El precio aproximado con base a cotización hecha es de \$ 4,012.

C) OPERACION Y MANTENIMIENTO

Para un buen funcionamiento del sistema de recuperación y reuso de los baños de pelambre, es importante tener presente ciertos criterio de operación y mantenimiento :

ESQUEMA DE RECUPERACION Y REUSO DE LOS BAÑOS DE PELAMBRE

ALTERNATIVA TAMIZ - TANQUE

Baño de Pelambre para reuso

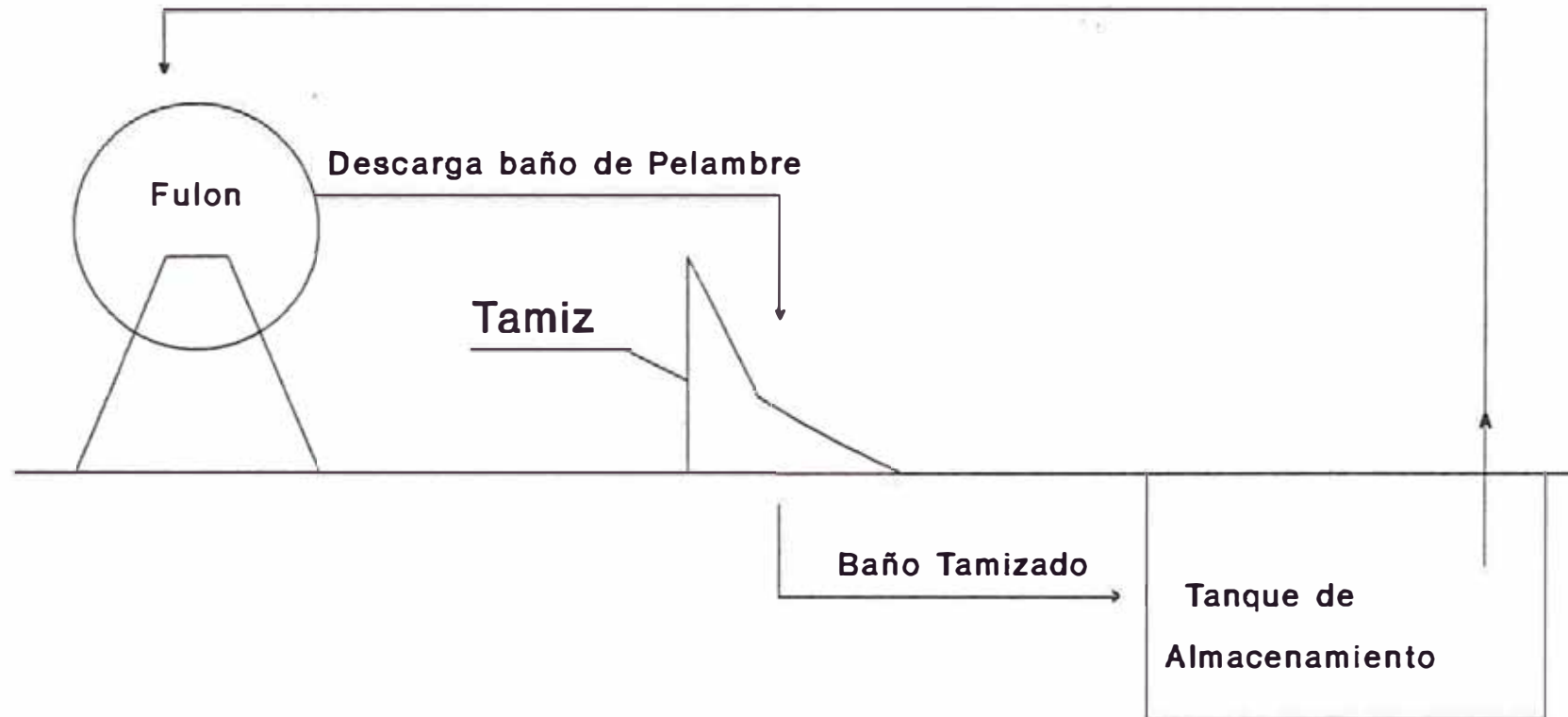


Gráfico N° 5.9

- 1) El sistema cuenta con dispositivos de compuertas para controlar el flujo de los baños de pelambre que se descarga hacia el tanque de almacenamiento 1. En caso de otras descargas (remojo, lavados, etc), se realizan los cambios de compuerta para no permitir el flujo hacia el tanque de recuperación, tal como se describe a continuación
 - a) En caso de recuperación de las descargas de pelambre funcionarán las compuertas C-2 y C-4, y las rejas R-1 y R-3.
 - b) En caso de otras descargas deben estar funcionando las compuertas C-1 y C-3, mientras que las compuertas anteriores se retiran, para dejar libre el flujo hacia el sistema de recolección de desagües.

Dadas las características de las descargas de los baños de pelambre, se debe evitar la colmatación de las unidades de rejas, para lo cual el, operador que se encuentre descargando el baño, utilizando un dispositivo de limpieza (rastrillo, etc) debe realizar constantemente la remoción de los sólidos gruesos que puedan presentarse.

- 2) En cuanto a los tanques de almacenamiento se debe prever la posible sedimentación de sólidos, sobre todo en el tanque N°1 . Se requiere programar períodos de limpieza para aquellos. Se recomienda realizar cada 6 meses una inspección de los tanques y verificar la presencia de lodos sedimentados.
- 3) La extracción de lodos, producidos en el decantador, se hará a través de los dispositivos de control (válvulas manuales) y hacia un tanque cilíndrico de acero. El período de limpieza será diario utilizando un tanque de recolección, como se indica en el gráfico N° 5.10.

DISPOSICION FINAL DE LODOS

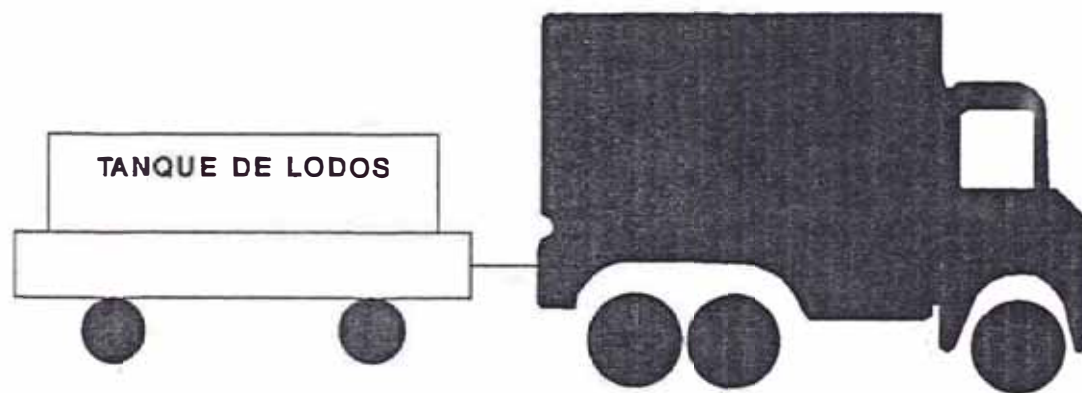


Gráfico N° 5.10

5.3.2 UNIDADES DE RECUPERACION Y REUSO EN EL PROCESO DE CURTIDO²⁶

Para cumplir con los objetivos del reuso de los baños de curtido en el proceso, se hace necesario la recirculación de los líquidos residuales del curtido para reducir la concentración del cromo, teniendo en cuenta el problema que genera al medio ambiente, la cantidad en peso que se descarga en el efluente de curtido. Los efectos tóxicos generalmente se refieren a la forma hexavalente, mientras que los efectos del cromo trivalente presente en el efluente de curtido, no están establecidos y son aún objeto de estudio. Con el reuso se busca reducir la carga contaminante ocasionada por la presencia de altas concentraciones de cromo y una disminución en el consumo de reactivos químicos. El objetivo del presente trabajo es pues presentar un diseño de la unidad de recuperación de estos baños y ofrecer las condiciones para su reuso.

Alternativa de reuso

La elección del reuso depende de varios factores, entre los cuales está la naturaleza del artículo elaborado, calidad del mismo, área disponible, etc. En esta experiencia se optó por el reuso directo del líquido de curtido.

Reuso directo del líquido de curtido

Industrialmente se utilizan diversas técnicas de curtido según el tipo de cuero a producir y esto debe ser tenido en cuenta cuando se realiza la recuperación y el reuso de los líquidos residuales del curtido. En el presente trabajo se consideró el reuso directo por ser el más sencillo, económico y de fácil aplicación a la realidad de la industria, sin modificar la técnica del proceso de curtido.

A) CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION DE LA UNIDAD DE REUSO

El objetivo de recuperación de estos baños es la recirculación de las aguas residuales de curtido, éstos son recuperados y reconstituidos a su volumen de agua y composición química original, sin más tratamiento que una simple eliminación de sólidos y su almacenaje para un posterior reuso.

Por eso es necesario tener presente algunas consideraciones para el tanque de reciclo como:

La descarga del baño de curtido es discontinua y está en función de la producción que es muy variable.

El volumen de descarga del baño de curtido es aproximadamente 1/6 del volumen total del botal donde se realiza la operación.

$$\text{Volumen del botal} = 22 \text{ m}^3$$

aproximadamente.

Considerando que el volumen generado en las descargas de los procesos de curtido es variable, se ha tenido en cuenta para el diseño del tanque de reciclo lo siguiente:

$$\text{Volumen mínimo} = 0.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen máximo} = 3.0 \text{ m}^3$$

Los valores de volumen mínimo y volumen máximo se obtuvieron en función de la producción de pieles en la industria.

Considerando una producción mínima diaria de 600 pieles, con peso promedio por unidad de 1.2 kg, y una producción máxima de 3000 pieles; y

utilizando el 70% en peso de volumen de agua para cada proceso de curtido se tiene

Producción mínima: $600 \text{ pieles} \times 1.2 \text{ kg/piel} = 720 \text{ kg}$

Volumen de agua $720 \times 0.7 = 504 \text{ L} = 0.5 \text{ m}^3$.

Producción máxima $3,000 \text{ pieles} \times 1.2 \text{ kg/piel} = 3500 \text{ kg}$

Volumen de agua : $3500 \times 0.7 = 2450 \text{ L} = 2.5 \text{ m}^3$.

La producción generalmente se realiza interdiario, con lo cual el baño se debe almacenar por un periodo de 24 a 48 horas para su reuso.

La distribución y áreas de los procesos , maquinarias, áreas libres, de circulación, etc. se deben tener en cuenta para el dimensionamiento de la unidad y su construcción.

Selección de la unidad de reuso

Con base en las consideraciones de diseño, tenemos un efluente discontinuo que debe estar reciclado por un periodo no menor de 24 horas para su reuso, se seleccionó un tanque de almacenamiento para el reciclaje del líquido residual de curtido. Su volumen está en función de la descarga máxima que se genera en este proceso que es de 3.0 m^3 y de material que resista a las características del baño(por ejemplo, $\text{pH} = 3$)

B) DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RECUPERACION DEL BAÑO DE CURTIDO²⁴

Para la recuperación de los efluentes líquidos de curtido se procedió al diseño de la unidad de reuso seleccionada anteriormente se tuvo en cuenta la implementación de unidades preliminares para remoción de los sólidos de mayor tamaño, a través de una unidad de rejillas y la necesidad de tamizar el baño antes de almacenarse en el tanque de reciclaje. Ver gráfico N° 5.11. Esto, por consiguiente nos lleva a modificar el sistema de desa-

ESQUEMA DE RECUPERACION Y REUSO DE LOS BAÑOS DE CURTIDO

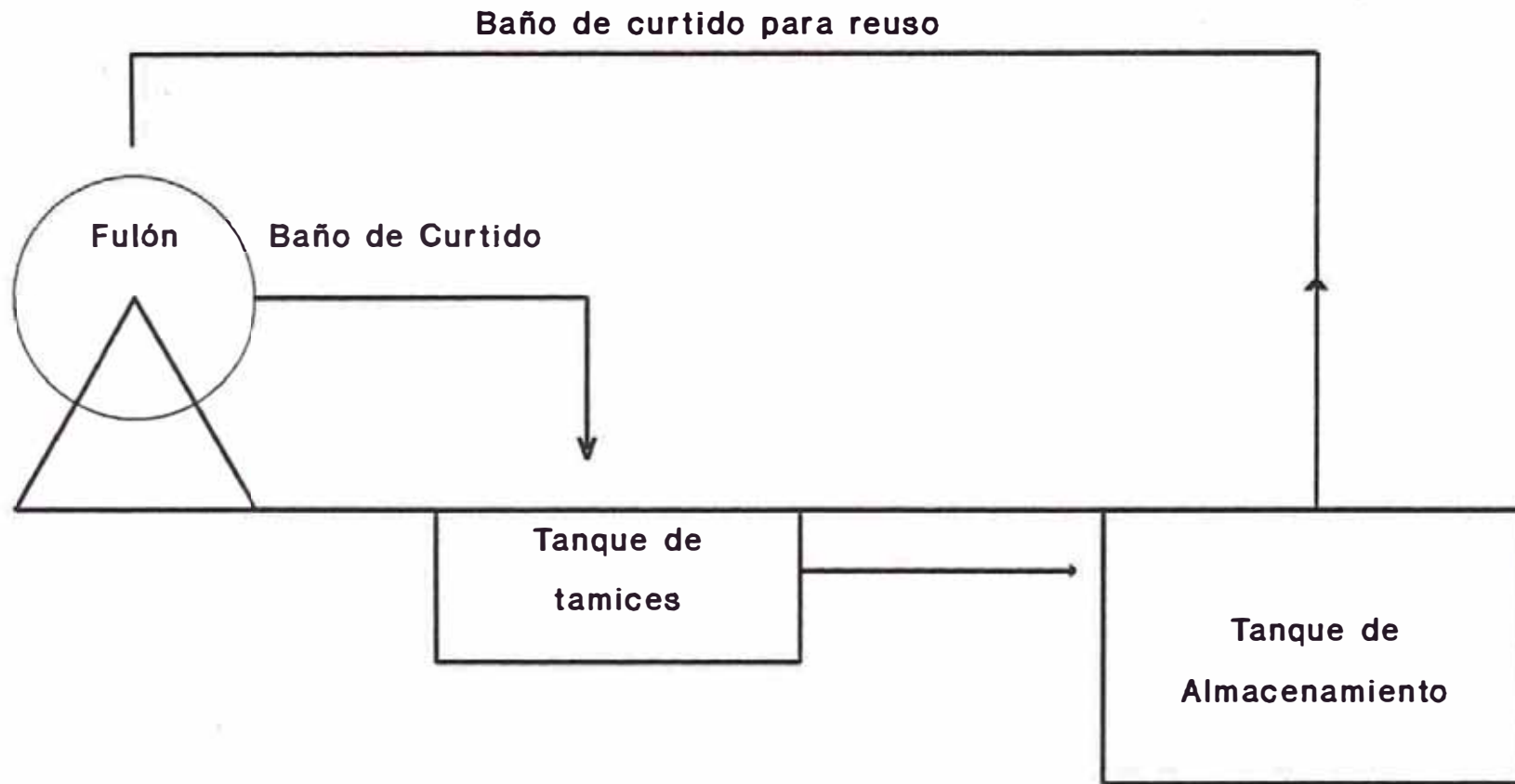


Gráfico N° 5.11

gües, en las operaciones de curtido, utilización selectiva de fulones para esta operación, y otros que posteriormente se detallan como también en los planos respectivos adjuntos al informe (Anexo 3)

Unidad de rejás

El objetivo de las rejás es retener los sólidos gruesos y de mayor tamaño como son en este caso los trozos de cuero curtido y otros materiales más pequeños que podrian causar problemas de obstrucción en los canales y tamices. Las características de las rejás a emplearse son:

- Separación entre barras: 1/4"
- Espesor de Barras : 1/4"

Se recomienda utilizar como material para la reja acero inoxidable o barilla de platina revestido con un aditivo contra la corrosión.

Unidad de tamizado de los baños

Es una unidad pequeña previa al tanque de reciclaje de los baños de curtido para su reuso , de dimension pequeña que sirve de paso para los baños de curtido previo tamiz.

Las dimensiones son: 0.30 x 0.80 x 1.3 m3

El tamiz tiene un paso de 0.35 mm, su ubicación y cortes se muestran en los planos respectivos (Anexo 3)

Como en el caso de las rejás el material de los tamices tiene que ser resistente a la corrosión (mallas de acero inoxidable).

El objetivo de estas unidades de tamiz es retener el mayor porcentaje de sólidos compuestos generalmente por residuos finos del curtido y el paso al tanque de un efluente líquido sin presencia de sólidos.

Tanque de recuperación de los baños de curtido

Las dimensiones del tanque están en función de la periodicidad en que se realizan los baños de curtido, volumen de descarga de estos baños, periodos de descarga y producción máxima.

La industria realiza, en periodos de producción máxima, de dos a tres baños de curtido diarios, que dan un volumen de descarga de 3 m³. En periodos normales de producción se realiza un curtido por día con un volumen máximo de 1.5 m³ dependiendo del tipo de piel y fulón empleado.

Con lo expuesto anteriormente , se diseñó el sistema de recolección y el tanque de reciclaje con las siguientes características:

Tanque vertical cilíndrico , con tapa

Dimensiones : diámetro = 1.70 m

Altura = 1.40 m

1) Características técnicas

Alta resistencia química (pH = 1.5)

Resiste temperatura de 90° C.

Alta resistencia al impacto con un espesor de 5.0 mm

2) Características materiales

Resina poliéster antiácida

Fibra de vidrio Matt y Woven Roving

Platina de refuerzo de 3/16" x 1 1/2"

3) Características acabado

Superficie interior lisa pulida

Superficie exterior rugoso no poroso

Para el reuso del baño de curtido recuperado y tratado en el tanque se instalará una bomba que lleve el líquido almacenado hacia los botaes, donde será reutilizado. Tiene además una tubería de rebose de diámetro de 4 pulg. que descarga al canal principal de desagüe.

Equipo de Bombeo^{20,24}

Comprende de un equipo de bombeo para llevar el baño recuperado, del tanque de reciclaje hacia los botaes Nº 3, 4 y 5, con un caudal continuo.

Cálculo del equipo de bombeo:

1) Caudal:

tiempo llenado = 5 min.

Volumen = 1 m³ por fulón

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{1000L}{5 \text{ min} \times 60} = 3.5 \text{ lps}$$

2) Cálculo del diámetro de la tubería:

Según Metcalf & Eddy, la pérdida de carga depende fundamentalmente de la velocidad del flujo y de la naturaleza del líquido que se bombea. En condiciones de régimen turbulento las pérdidas de carga del baño de curtido serán casi las mismas que la del agua. Dicha turbulencia tiene lugar en velocidades que varían entre 1.5 - 1.8 m/s.

Considerando en este caso $V = 1.5 \text{ m/s}$.

$$D_{\text{tub. impuls.}} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3.1416 \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.5 \times 10^{-3}}{3.1416 \times 1.5}}$$

Diámetro de la tubería de impulsión = 2"

3) Altura dinámica total

Pérdida de carga por longitud de tubería y accesorios (Hdt).

Longitud de tubería (D = 2") = 22 m.

Accesorios	Unidad	Cantidad
Codo 90°	UN	9
Tee 90°	UN	2
Válvula de Compuerta	UN	3
Válvula Check	UN	1

Longitud equivalente por accesorios = 20% Long.Tub.

$$= 0.2 \times 22 \text{ m.}$$

$$= 4.4 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud Total} = 22 + 4.4 = 26.4 \text{ m.}$$

$$h_f = \frac{L Q^{1.85}}{(0.2785 \times C)^{1.85} D^{4.87}}$$

$$h_f = \frac{(26.4) (3.5)^{1.85}}{(0.2785 \times 140)^{1.85} (.051)^{4.87}} = 1.7 \text{ m.}$$

$$\text{Hdt} = H_g + h_f = (1.06 + 2.9) + 1.70 = 5.7 \text{ m.}$$

$$\text{Hdt} = 6.0 \text{ m.}$$

4) Potencia de la Bomba :

Según Metcalf & Eddy el peso específico de un líquido con poca cantidad de lodos o sólidos suspendidos es de 1.02 kg/dm³. Además se tiene que la eficiencia de la bomba es de 50% para un caudal de 3.5 lps. Modelo AD2 - 50 HZ Hidrostal

$$Pot = \frac{Q \times Pes.Esp. \times Hdt}{n \times 76}$$

$$Pot = \frac{3.5 \times 10^{-3} (1.02) (10^3) (6.0)}{(0.50) (76)} = 0.56$$

Se considera Pot = 0.5HP a 1.0HP

CONCEPTO	UNIDAD
- Caudal	3.5 l.p.s.
- Altura Dinámica Total	6.0 m.
- Temperatura máxima del baño de curtido	20.0 °C
- Valor de pH del líquido	4.0
- Tipo	Sumergible
- Operación	Manual
- Potencia	0.5 - 1 HP
- Voltaje	220.0 Volt.
- Unidades	1

Nota: Se tiene en el mercado para estas características un Modelo AD2 - 50 HZ, Hidróstal, de 2900 R.P.M.

Obras de arte

Para poder recolectar las descargas de baños de curtido procedente de los botaes se hace necesario la construcción de canales de recolección de estas descargas como complemento de las actuales que han sido reformadas. Estos canales son de concreto, conducen desde las descargas hacia la unidad de tamiz que se conecta por tubería al tanque de recicló. Ver Plano Nº5

C) OPERACION Y MANTENIMIENTO

Para un buen funcionamiento del sistema de recuperación y reuso de los baños de curtido, es importante tener presente ciertos criterios de operación y mantenimiento del sistema:

El sistema cuenta con dispositivos de 1 a 5 unidades de compuertas según el # de botal a descargar; para conducir sólo el baño de curtido hacia la unidad de tamiz se abre la respectiva unidad de compuerta que conduce hacia el tanque de almacenamiento del baño, en caso contrario se cierra y se abre la compuerta respectiva que conduce al canal

central de desagües. Es importante tener presente esto, ya que el objetivo es recuperar los baños solo de curtido para su reuso. La operación del botal #3 en caso de descarga, se tiene que abrir las compuertas # C-2, C-3, C-5, C-6, C-8 para permitir que el efluente llegue al tanque de recicló, considerando que las rejas deben colocarse al momento de la descarga para evitar el paso de sólidos gruesos. Asimismo no debe haber ningún tipo de descarga diferente a curtido en los otros botaes (# 4 y 5). Para la operación del botal #4 en caso de descarga de curtido, se tiene que abrir las compuertas # C-5, C-6, C-8 y cerrar las compuertas # C-3, C-4. Para la operación del botal # 5 en caso de descarga de curtido, se abre las compuertas #8 y se cierra las compuertas # C-7, C-6.

Cuando hay descarga al mismo tiempo de los 3 botaes sólo se mantienen cerradas las compuertas # C-1, C-4, C-7 de los canales que van al desagüe general.

Hay que tener cuidado cuando se descargan los botaes más alejados #3, #4 de que no haya ningún otro tipo de descarga en los otros botaes del sistema de recuperación.

Cuando se descarga efluentes de desescalado, purga, piquelado, lavado, enjuague, etc., se cierran todas las compuertas excepto las que van al canal del desagüe general.

Se tiene que preveer la colmatación de las rejas que se colocaron cuando hay que recuperar los baños de curtido en lugar de la compuerta.

El operador debe tener un dispositivo de limpieza (rastrillo) para que evite las posibles obstrucciones que se puedan presentar.

Para el tanque de recuperación del baño de curtido el período de limpieza debiera ser semestral para evitar la colmatación de residuos finos en la base.

CAPITULO VI

EVALUACION DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LAS

PRINCIPALES INDUSTRIAS DE CUERO EN LIMA - ZONA INDUSTRIAL

VI. EVALUACION DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS DE CUERO EN LIMA - ZONA INDUSTRIAL

6.1 EVALUACION INDUSTRIAL^{27,28}

El rápido desarrollo industrial y el crecimiento de las ciudades en todo el mundo, han conducido al reconocimiento y entendimiento de la interrelación entre contaminación, salud pública y medio ambiente. Por ejemplo, ahora sabemos mucho y estamos constantemente aprendiendo más sobre gran número de efectos adversos de la contaminación del aire, suelo, agua esencialmente. Los programas de Prevención y control de la contaminación incluyen: reconocimiento del problema; recolección de información, definición de las fuentes y causas, selección e implementación de las soluciones apropiadas.

Sin embargo, a pesar de la existencia de una buena comprensión de los principios y prácticas de saneamiento ambiental y de programas de control de la contaminación, frecuentemente no hay datos específicos de los tipos y cantidades e importancia relativa de las fuentes de contaminación en muchas de las áreas urbanas e industriales.

Donde quiera que hayan problemas ambientales, es indispensable realizar un inventario de los tipos de contaminación y de las fuentes de desecho, incluyendo su localización y niveles de emisión.

Los inventarios nos proporcionan la primera visión integral de la magnitud de la contaminación del aire, agua y suelo en el área, y también marca el principio de una planificación efectiva e integral del control de contaminación.

De los desechos industriales, los considerados peligrosos han sido

objeto de estudio y atención mundial en los últimos años. Se puede afirmar que estos residuos se originan principalmente de dos formas dentro de las actividades productivas:

- a. Subproductos de procesos industriales, y;
- b. lodos de sistemas de tratamiento de efluentes líquidos.

Las cantidades de residuos peligrosos generados son relativamente bajas, si se considera la generación de residuos industriales con los residuos domésticos, esta última es mucho mayor. El problema reside en que aquellos residuos deben ser eliminados debido a su peligrosidad, empleándose para ello instalaciones especiales y siguiéndose un control estricto.

6.1.1 **INVENTARIO, UBICACION^{29,30}**

El inventario de las industrias de cueros de la zona industrial de Lima, se realizó con base a los datos del "Directorio Industrial del Perú 89/90, Publicado por la Sociedad Nacional de Industrias".

Según esta publicación, existen en el país 10,864 actividades que se encuadran en la gran división de 3 de la "Clasificación Industrial Internacional Unificada de todas las Actividades Económicas" (CIIU), es decir, las actividades consideradas como industrias manufactureras.

Debido a la amplitud y diversidad de temas contenidos en esta publicación, se recurrió a otras fuentes de información que pudieran proporcionar datos más concluyentes. Así, se revisó el archivo del Ministerio de Industrias, Comercio, Turismo e Integración, del cual se extrajeron datos relacionados con 746 industrias a muestrearse, con base a los siguientes criterios para los objetivos de esta Tesis :

Aquellas industrias situadas en el distrito de Lima, zona industrial.
Industrias y procesos industriales que utilicen materias primas que pudiesen generar residuos considerados peligrosos (cromo trivalente, -sulfuro, etc.) de acuerdo con la definición adoptada por la OMS/PNUMA.
Industria cuya actividad de producción es la manufactura de cuero: curtiembres y talleres de acabado.

Aquellas industrias que generan grandes cantidades de residuos.
Industria que empleen a más de 20 personas.

A continuación se presenta en resumen las industrias de curtiembre en estudio y su ubicación en el Plano respectivo. Ver anexo Plano No. 1

619 Chavez Virrueta Hnos. S.A	Jr. Las fábricas 158, Urb. San Remo.
620 Curtiembre La Perla del Pacifico	Victor Reynel 290.
623 Curtiembre Rimac de Maurice Labrousse S.A.	Jiron Ascope 199.
625 Curtiembre Verne S.A	Av. Argentina 1500.
626 Curtiembre Cocodrilo S.A.	Ricardo Herrera 890.
627 Curtiembre El Aguila S.A.	Av. Argentina 1495.
628 Curtiembre El Diamante	Antonio Elizalde 712 (cdra. 9 Av. argentina)
629 Curtiembre Exportadora Peruana S.A.	Av. Minerales 690.
630 Curtiembre Hugo Ibañez S.A.	Luis Carranza 2095.
631 Curtiembre La Colonial S.A.	Mariscal Benavides 1340.
633 Curtiembre La Unión S.A.	Jr. Acomayo 229
636 Curtiembre Tres Bocas S.A.	Jr. Ascope 316 (Av.Argentina).
640 Indumil-Curtiduría de pieles y cueros.	O.R.Benavides 3008
642 Pieles y Lanas R.Traverso S.A.	Calle Galdeano Mendoza 915.

Además de este trabajo, otra fuente de consulta fueron los planos de alcantarillado de Sedapal, con lo cual se realizó un estudio de las descargas de los desagües de estas industrias a las redes colectoras y emisores generales existentes en dicha zona, tal como podemos apreciar en los planos respectivos.Ver anexo plano N° 02.

6.1.2 ENCUESTA INDUSTRIAL³²

A) Metodología

El proceso utilizado para recolectar la información requerida para la elaboración del diagnóstico, consistió en la aplicación de un cuestionario mediante el cual se obtuvieran dos tipos de información: Una de carácter general, es decir, datos de identificación de la industria y relacionados con la producción, materias primas, flujogramas, etc.; y otra información de carácter específico, o sea, datos relacionados con los efluentes líquidos (cantidad, calidad, estado físico, manejo, etc), así como datos relacionados con la contaminación del aire (Fuente, cantidad, equipo de control, etc.)

B) Desarrollo

Selección de industrias.- Se realizó con el mismo criterio como para el inventario ubicación de las industrias de cuero en la zona industrial de Lima.

Selección de la encuesta.- El cuestionario se desarrolló con base a los siguientes documentos: Cuestionarios realizados en Sao Paulo, Brasil por la CETESB; modelo presentado en el borrador del "Manual of Hazardous Wastes", de OMS/PNUMA/BM; se elaboraron hojas de instrucciones para facilitar el llenado. Como anexo, se presenta un modelo del cuestionario, así como la hoja de instrucciones utilizada con base al trabajo realizado por Amaral, Geraldo C. do (Lima, 1989).

Aplicación de la encuesta.- Se distribuyeron las encuestas a todas las industrias; cada encuesta iba acompañada de un comunicación formal en la que se daba a conocer los objetivos del trabajo. Se adoptó esta estrategia en previsión de las dificultades que podrían surgir, por

motivos de seguridad. La mayoría de las empresas se mostraron reacios a suministrar información, situación que por lo demás se esperaba.

Datos obtenidos.- Para fines de este estudio, se tomo como base de datos los resultados obtenidos en la información de las encuestas de residuos peligrosos realizada por CEPIS 89/91-DIGESA 89 Y las realizadas en forma independiente por los autores de la presente Tesis.

En la tabla Nº 6.1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en las industrias encuestadas en la Zona Industrial de Lima. Se observa que 75% de las industrias de esta línea de producción respondieron las encuestas.

TABLA Nº 6.1

3231 CURTIEMBRES Y TALLERES DE ACABADO

	Lima Cercado Zona Industrial
Encuestas Llenadas	11
Encuestas no contestadas	01
Encuestas no respondidas por factor seguridad	01
Encuestas rechazadas	01
TOTAL	14

Nota: 3231 es el código CIIU de clasificación para este tipo de industria

6.1.3 CARACTERIZACION DE EFLUENTES^{31, 32, 33, 34}

La producción de los desechos de curtiembres dependen del tamaño de la industria, así como también del proceso utilizado en la curtición de cueros.

Como se puede observar en capítulos anteriores, las pieles sufren una serie de procesos preparatorios tales como el remojo, lavado, ablandamiento, encalado, etc. Para su curtido ya sea vegetal o mineral y los procesos de acabado de las pieles ya transformadas en cueros, todos bajo diversas condiciones y con distintos productos químicos, resultan residuos con sustancias perjudiciales y con gran cantidad de sólidos orgánicos putrecibles, éstas resultan del volumen del agua utilizados en el procesamiento de las pieles y de muchos otros factores.

Además, los residuos de una curtiembre tienen su origen durante lavados de los tanques, implementos manuales o mecánicos, lavado de pisos y otros. Estos efluentes se pueden dividir en dos grupos:

Materiales derivados de las pieles en sí

Estiercol, tierra, etc., piezas de carne, sal, sangre, material nitrogenado soluble, grasas, coque, piezas de recorte, pelos.

Materiales Químicos para el tratamiento de las pieles

Antisépticos, sal, sulfato de sodio, cal, sulfito de sodio, soda, caústica, dimetilamina, ácido bórico, tanino vegetal, sintético, sales de cromo y de aluminio, ácido fórmico, formaldehidos, otros usados en cantidades pequeñas.

A) ANALISIS DE LOS DESAGUES³²

Para efectos de esta Tesis, se han efectuado estudios relativos a algunas curtiembres que laboran en la zona industrial de Lima. Se han realizado análisis de las muestras obtenidas de los desagües finales respecto a los elementos más desfavorables para el normal funcionamiento de las redes colectoras de servicio.

Los resultados de los análisis efectuados en la salida de sus desagües de cada industria dieron los siguientes valores promedios, que se observa en la tabla Nº 6.2.

6.2 RESULTADOS E INTERPRETACION

6.2.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE DESAGUES EN LA ZONA INDUSTRIAL DE LIMA³²

En este estudio se pretendió realizar un replanteo de las descargas de estas industrias a los sistemas de alcantarillado en dicha zona; asimismo de los emisores que recolectan dichos desagües y punto de descarga al cuerpo receptor final que es el mar. Esto se puede apreciar con mayor claridad en el plano Nº 2. La información y resultado de este estudio fueron las siguientes:

Son dos los colectores que recolectan los desagües de estas industrias.

Colector Nº 19 denominado Morales Duárez, que va por la ladera izquierda del río Rímac, hasta descargar al emisor Callao cuyos diámetros son de 42 pulgs , 45 pulgs Y 48 pulgs respectivamente, de concreto simple normalizado.

Interceptor Argentina Nº 10, que va a lo largo de la avenida Argentina, cuya descarga final es la cámara de reunión ubicada en la intersección de las avenidas Nestor Gambeta y Argentina. Este interceptor está compuesto de tuberías de concreto simple normalizado que van desde un diámetro de 21 pulgs, 44 pulgs y 48 pulgs.

El desagüe recolectado por estos dos colectores son finalmente descargados al mar, mediante el emisor Callao. Este va a lo largo de la Av.

TABLA N° 6.2

CARACTERIZACION DE LOS EFLUENTES DE LAS INDUSTRIAS DE CUERO EN LA ZONA INDUSTRIAL DE LIMA

Curtiembres	Volumen (m ³ /día)	Producción (kg/día)	Temp. °C	pH	DBO (mg/l)	Sol.Sed (ml/l/h)	Grasa (mg/l)	S.S (mg/l)	S.D.T (mg/l)	S.T (mg/l)
La Colonial	321.00	20156.00	24.00	8.50	446.00	24.50	185.00			
La Unión	128.00	11150.00	23.00	9.50	960.00	32.50	342.00	2043.00	22230.00	24273.00
Cocodrilo	162.00	13926.00	22.00	9.20	2100.00	21.00	210.00	598.00	15857.00	16455.00
Tres Bocas	40.00	6750.00	21.00	12.20	1500.00	54.00	37.00	10426.00	10063.00	21289.00
La Perla del Pacífico	64.00	18324.00	21.00	6.80	967.00	19.00	70.00	619.00	8165.00	8784.00
Verme	90.60	6912.00	26.00	10.50	1300.00	23.50	476.00	5393.00	14260.00	19661.00
EL Diamante	140.00	12827.00	22.00	10.80	990.00	21.20	641.00	2978.00	6329.00	9307.00
El Aguila	150.00	15575.00	28.00	11.00	660.00	23.00	42.00	935.00	4465.00	5400.00
Exportadora Peruana	45.00	4759.00	26.00	10.50	1600.00	15.60	152.00	497.00	5019.00	5516.00
Bimac de Maurice L.	60.00	13824.00	21.00	9.80	1200.00	32.00	4.00	1997.00	4170.00	6167.00
Hugo Ibañez (*)	432.00	1555.00	23.00	8.30	2100.00	51.50	2.00	2300.00	6300.00	8600.00
Promedio	148.42	11432.55	23.36	9.74	1256.64	28.89	197.18	2526.00	8870.73	11404.73

Nota (*) Estudio de caso

Nestor Gambeta para luego derivarse hacia el mar a la altura del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Está constituido de una tubería de diámetros de 72 pulg y 52 pulg, con un caudal aproximado de 1.67 m³/s. La descarga al mar es a la orilla y sin tratamiento.

6.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA^{28,29}

La encuesta se aplicó a 14 industrias de cuero y talleres de acabado de la zona industrial de Lima, los principales residuos sólidos generados son aquellos que contienen sulfuro y cromo en la carnaza, rebajado y lodo de pozos de sedimentación, etc. la cantidad generada promedio es de aproximadamente 12 m³/día.

Estos residuos son dispuestos en botaderos o rellenos, previamente almacenados por camiones de servicio particular de 2 a 4 veces por semana, dependiendo de la producción.

Las bolsas, envases que contienen los productos químicos utilizados en los procesos industriales son vendidos a terceros para reciclaje; son los únicos materiales que el industrial considera reciclable, no considerando por ejemplo los residuos de recortado para ser usados en la manufactura de artículos de cuero en forma artesanal.

Los residuos líquidos provenientes de los efluentes de los diferentes procesos de producción del cuero son desechados a la red de alcantarillado después de la sedimentación, normalmente realizada en pozos construidos sin ningún dimensionamiento, por ende no cumpliendo la función para lo cual fueron diseñados, esto es general en las industrias encuestadas.

No existe medición de caudal y los estimados se realizan de acuerdo a los datos que aparecen en las facturas del servicio de Sedapal, o también basándose en la capacidad de las bombas de los pozos de abastecimiento. Los datos presentados muestran una variación muy amplia del desecho líquido por cuero acabado. Los valores varían entre 90 L/piel y 1500 L/piel, (Amaral, Gerardo C. do , Lima, 1989).

6.2.3 RESULTADOS OBTENIDOS USANDO EL MANUAL DE TRABAJO PARA LA EVALUACION RAPIDA DE FUENTES DE CONTAMINACION DE AIRE, AGUA Y SUELOS²⁷

Este manual permite identificar factores de carga de desechos y contaminación de efluentes industriales generados de la mayoría de los procesos, dependiendo del tipo de Industria.

El Anexo 2 de este manual, nos proporciona factores de desechos líquidos y contaminación para tales procesos. Estos factores están basados en los datos publicados por varios países; principalmente los Estados Unidos de Norteamérica.

Para la evaluación de los efluentes de las curtiembres de la zona industrial de Lima se usaron los factores de carga provenientes de cantidades de producción en masa cuyos valores se dan en la Tabla Nº 6.3

Factores de conversión útiles

Peso de una piel grande (bovino, equino) : 25 a 26 kg

Peso de una piel pequeña (ovino, caprino): 3 Kg.

pH de 1 a 13.

TABLA Nº 6.3

**VOLUMEN DE DESECHO PROMEDIO Y FACTORES DE CARGA
PROVENIENTES DE CANTIDADES DE PRODUCCION EN MASA.**

Volumen de desecho	52	m ³ /t de pieles
D.B.O. ₅	89	kg/de pieles
D.Q.O	258	kg/t de pieles
Sólidos Suspendidos	138	kg/t de pieles
Sólidos Totales	489	kg/t de pieles
Cromo	3.5	kg/t de pieles
Sulfuro	7	kg/t de pieles
Aceites y Grasas (A&G)	20	kg/t de pieles
Alcalinidad total (como CaCO ₃)	92	kg/t de pieles
Nitrógeno total	15	kg/t de pieles

Suposiciones hechas: el 80% de las pieles es curtido con sales de cromo y el 20% con agentes vegetales.

6.2.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS

De los valores obtenidos en la caracterización del efluente final de las industrias de cuero de la zona industrial de Lima, la mayoría supera el valor máximo permisible de los parámetros en la redes publicas de alcantarillado como son los valores promedios de DBO₅., aceites y grasas, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables; normado por el Reglamento de desagües industriales (según D.S.N. 28-60 ASPL de 29 /Nov/60) en sus partes correspondientes.

El valor medio de la concentración de sólidos suspendidos es 3 veces mayor al considerado en Brasil (según División de patrones de emisión de Aguas -Sao paulo 1978).

Los valores de sólidos sedimentables (ml/l/h) superan 3.5 veces más el

valor máximo permisible a la red de alcantarillado dado por el Reglamento de desagües industriales.

Los valores de pH varían de 1.5 a 13 durante la jornada de trabajo de 8 a 10 hora diarias de la Empresa cuyo promedio supera en 12.3% el máximo permisible que es de 8.5. La temperatura si esta dentro del rango permitido menor a 35°C.

Toda esta sobrecarga nos indica el mal funcionamiento de los tratamientos tanto preliminares como primarios que tienen las industrias. Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas N° 6.2 y 6.4.

Los volúmenes de descarga m³/día obtenidos no son confiables ya que existe una gran variación entre: El valor obtenido en el estudio de caso que fue de 5 l/sg equivalente a 432 m³/día y los valores dados de las otras curtiembres por el Industrial de su respectiva empresa. Ver Tabla N° 6.4 y 6.5 y en el gráfico N° 6.1.

Tanto el volumen de descarga como la producción de este tipo de industria, es importante para una buena evaluación de la contaminación causada por sus efluentes.

Por ello consideramos importante el uso de las tablas del manual de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo para una mejor interpretación de la zona de estudio para los objetivos de esta Tesis, considerando además que se tendrá cargas (ton/año) de sulfuro y cromo trivalente, dos de los elementos tóxicos importantes para la evaluación de la carga contaminante de la zona industrial de Lima. Los resultados se muestran en la Tabla N° 6.6 y en el gráfico N° 6.2.

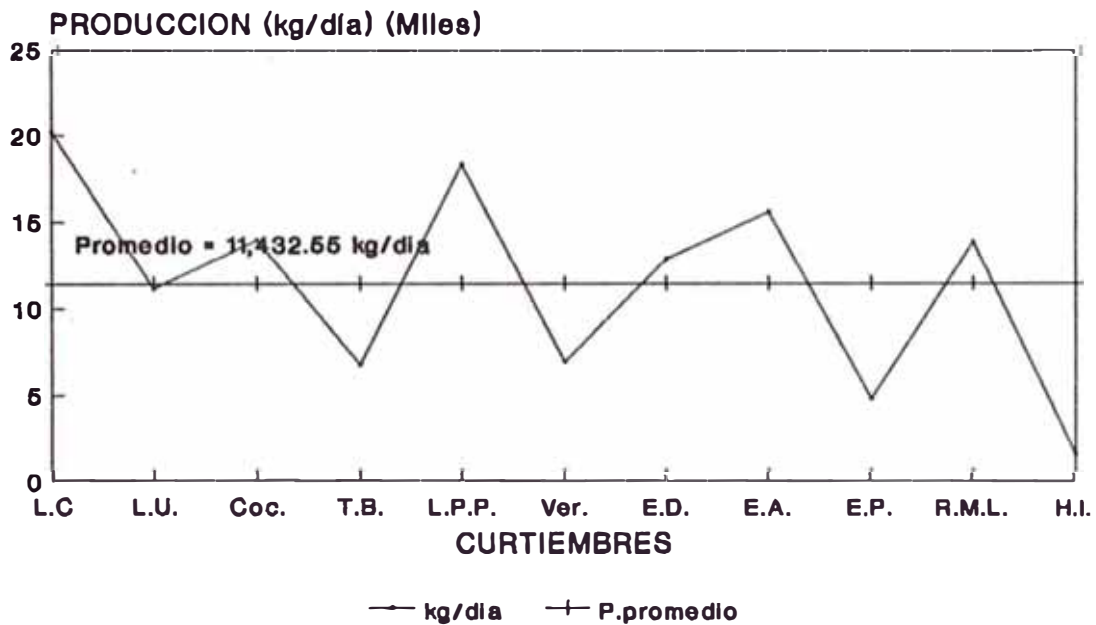
Del estudio realizado de los colectores, donde descargan los efluentes de estas industrias, podemos hacer las siguientes observaciones que se descubren:

TABLA N° 6.4

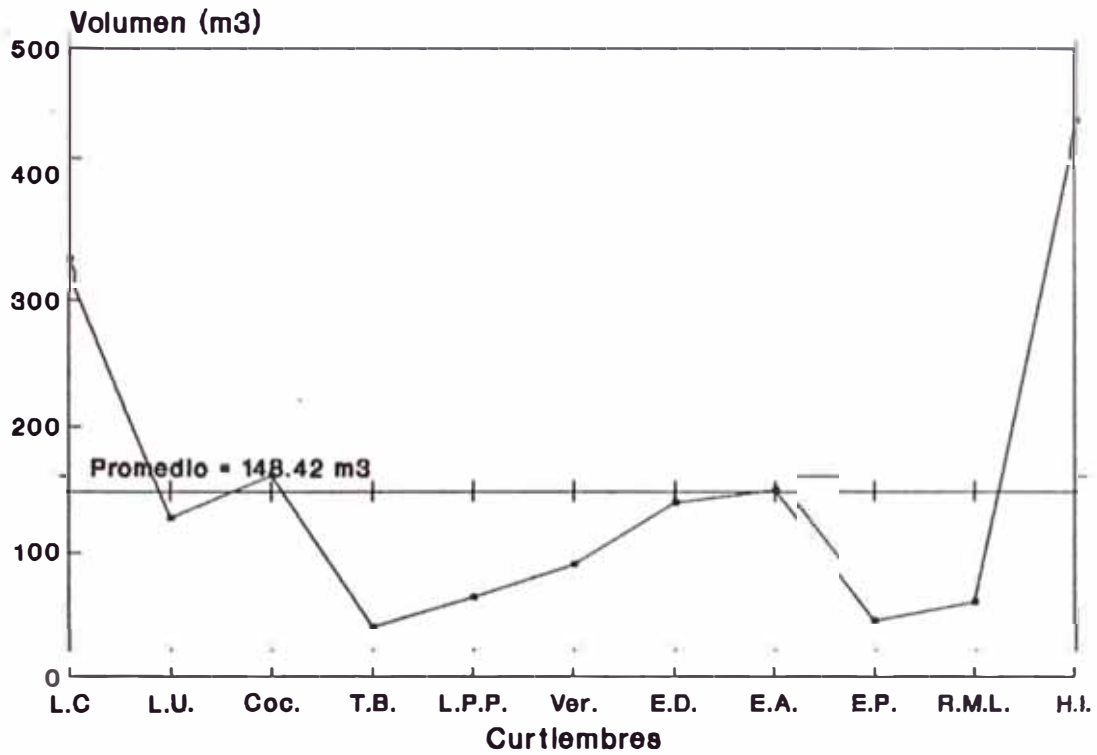
FACTORES DE CARGA DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN LAS INDUSTRIAS DE CUERO. ZONA INDUSTRIAL DE LIMA

Curtiembres	Volumen (m ³ /día)	Producción (kg/día)	Temp. °C	pH	DBO (Kg/In p)	Sol.Sed (ml/l/h)	Grasa (Kg/In p)	S.S (Kg/In p)	S.D.T (Kg/In p)	S.T (mg/l)
La Colonial	321.00	20156.00	24.00	8.50	7.10	24.50	2.95			
La Unión	128.00	11150.00	23.00	9.50	11.02	32.50	3.93	23.45	255.20	270.65
Cocodrilo	162.00	13926.00	22.00	9.20	24.43	21.00	2.44	6.96	184.46	191.42
Tres Bocas	40.00	6750.00	21.00	12.20	8.89	54.00	0.22	61.78	64.37	126.16
La Perla del Pacífico	64.00	18324.00	21.00	6.00	3.38	19.00	0.27	2.16	28.52	30.68
Verme	90.60	6912.00	26.00	10.50	17.04	23.50	6.24	70.69	187.02	257.71
EL Diamante	140.00	12827.00	22.00	10.00	10.01	21.20	7.00	32.50	69.00	101.58
El Aguila	150.00	15575.00	20.00	11.00	6.36	23.00	0.40	9.00	43.00	52.01
Exportadora Peruana	45.00	4759.00	26.00	10.50	15.13	15.60	1.44	4.70	47.46	52.16
Binac de Maurice L.	60.00	13024.00	21.00	9.00	5.21	32.00	0.02	0.67	18.10	26.77
Hugo Ibañez (*)	432.00	1555.00	23.00	8.30	503.41	51.50	0.56	638.97	1750.23	2309.20
Promedio	140.42	11432.55	23.36	9.74	62.98	28.89	2.31	85.89	264.74	350.63

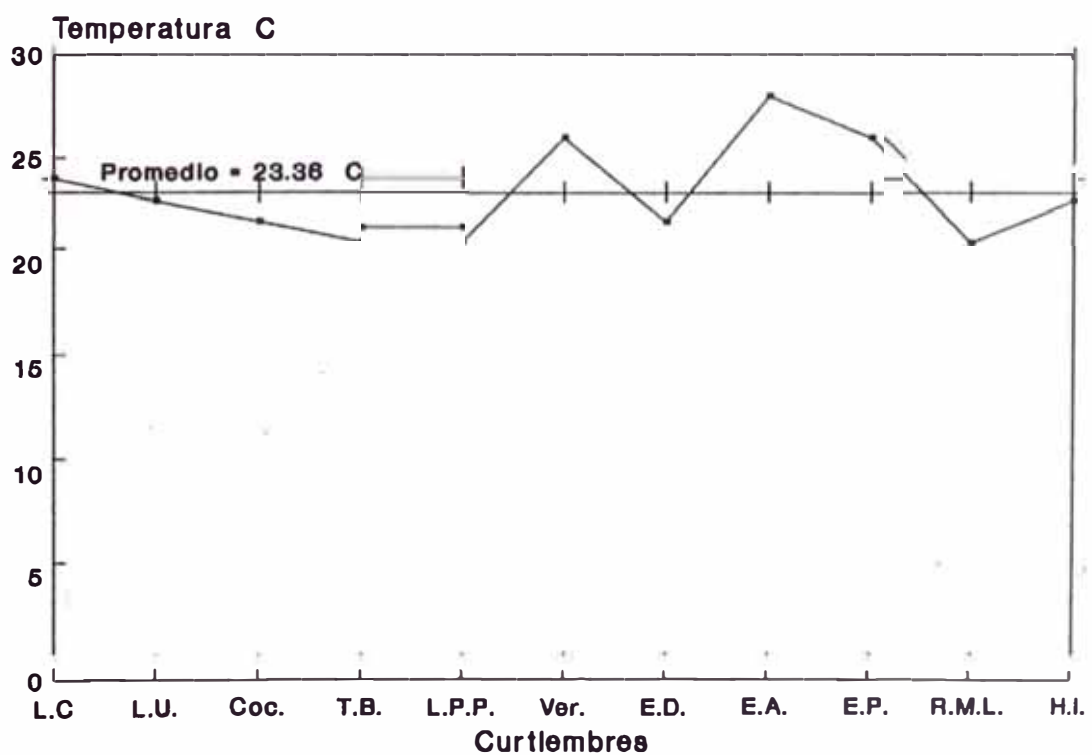
Gráfico N° 6.1
Variación de parámetros en industrias
encuestadas - Zona industrial de Lima



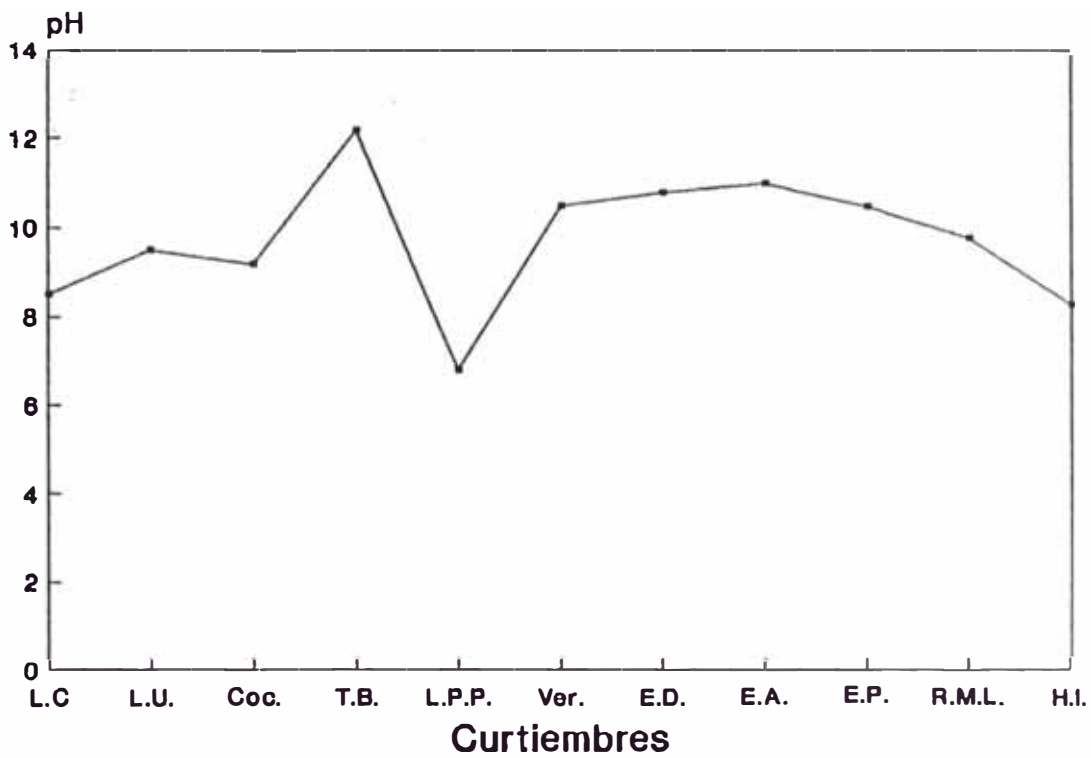
a) Producción



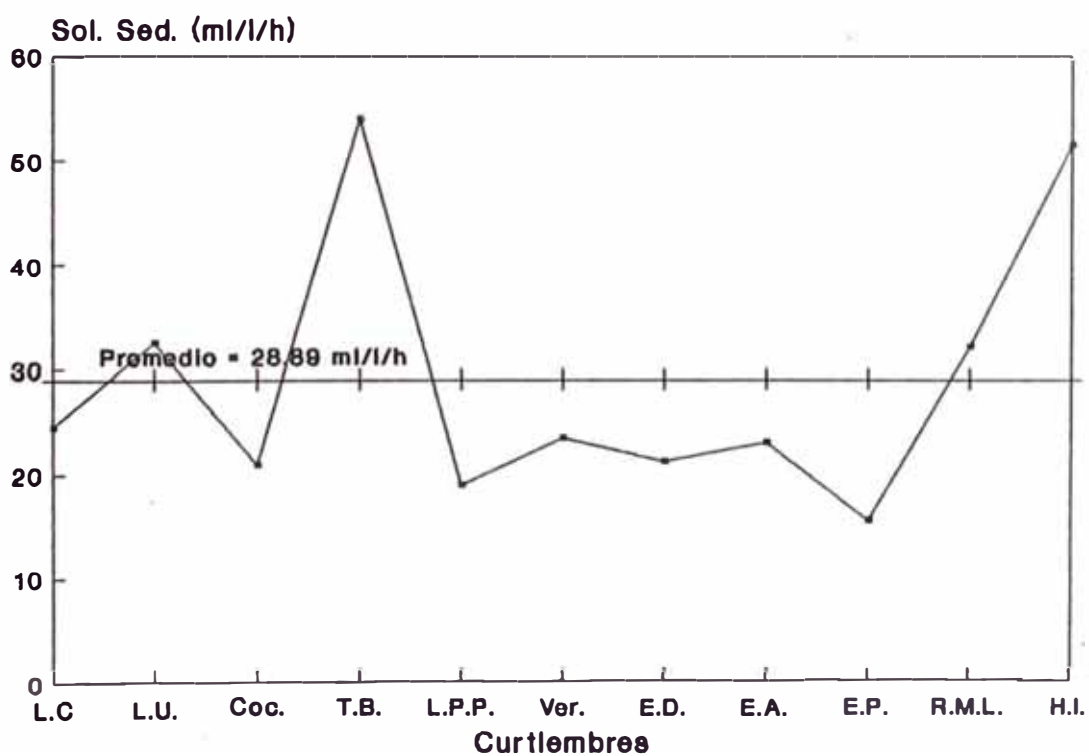
b) Volumen de descarga de efluentes



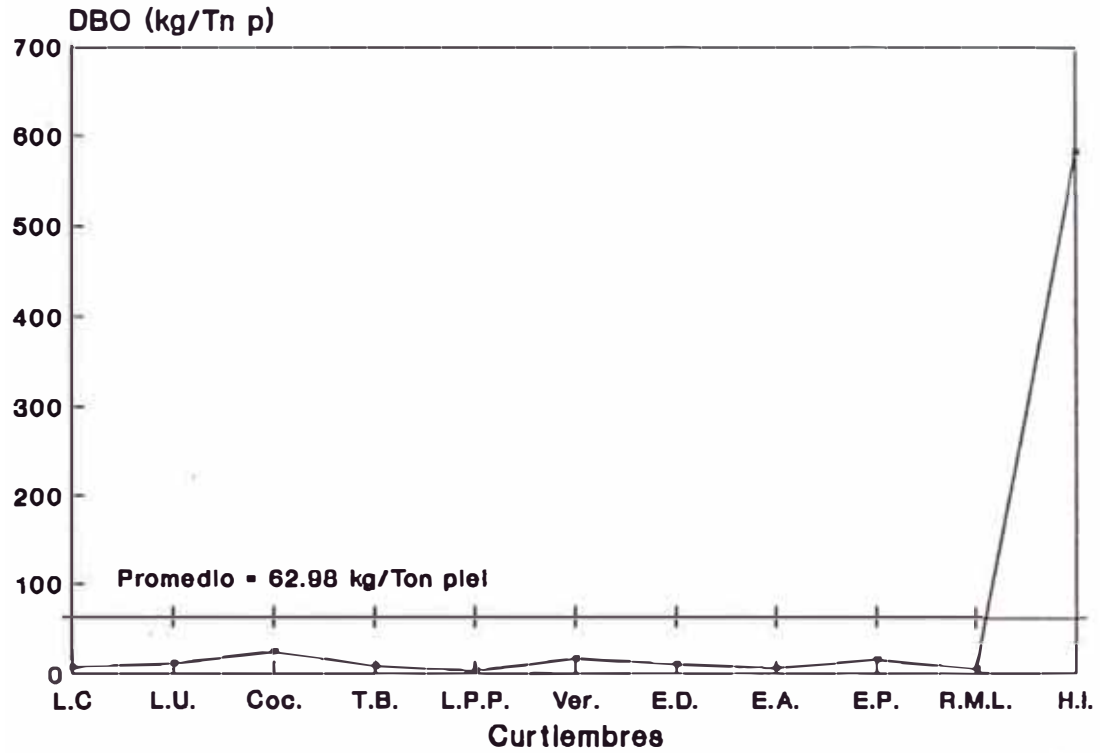
c) Temperatura de efluentes



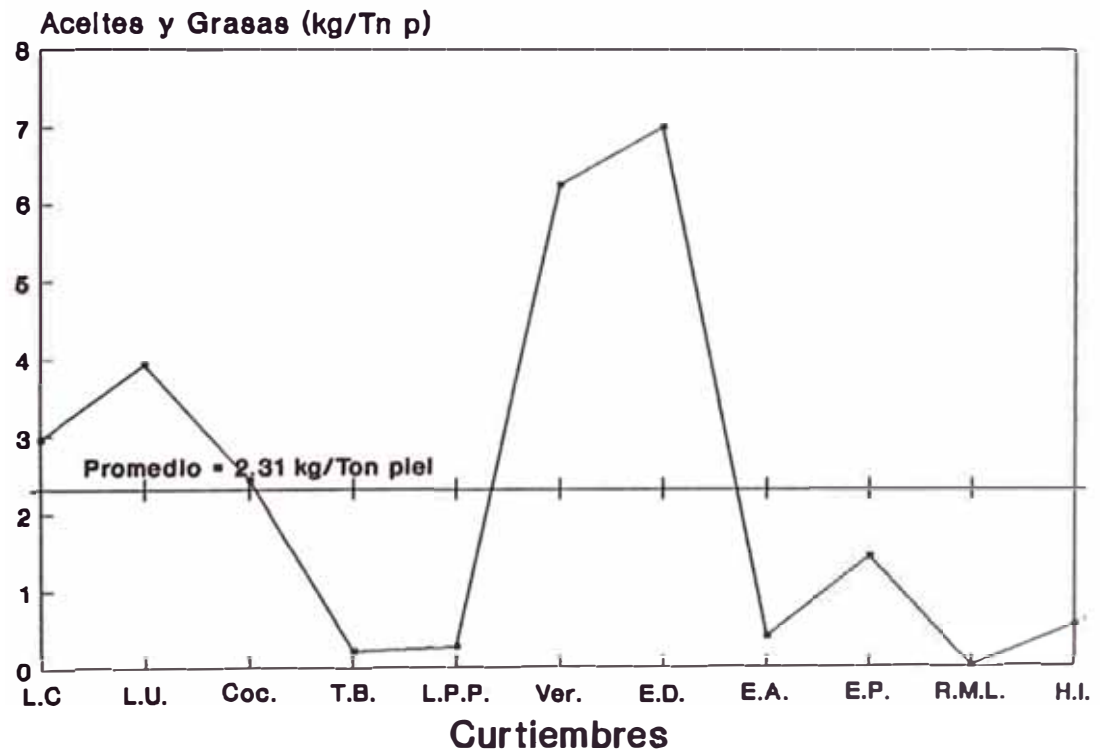
d) pH



e) Sólidos Sedimentables



f) Demanda Biológica de Oxígeno



g) Aceites y Grasas

TABLA N° 6.5

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS INDUSTRIAS DE CUERO
ZONA INDUSTRIAL DE LIMA

Curtiembres	Producción (Cueros/día)	Jornada (h/día)	Efluente Industrial	
			Tratamiento	Disposición Final
La Colonial	990	10	Tratam. Preliminar	Red Pub. Alcantar.
La Unión	450	10	Tratam. Preliminar	Red Pub. Alcantar.
Cocodrilo	604	10	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
Tres Bocas	270	8	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
La Perla del Pacífico	900	10	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
Verme	360	9	Tratamiento	Red Pub. Alcantar.
EL Diamante	630	9	Tratamiento	Red Pub. Alcantar.
El Agulla	765	10	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
Exportadora Peruana	324	9	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
Rimac de Maurice L.	720	9	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.
Hugo Ibañez	960	10	Tratam. Primario	Red Pub. Alcantar.

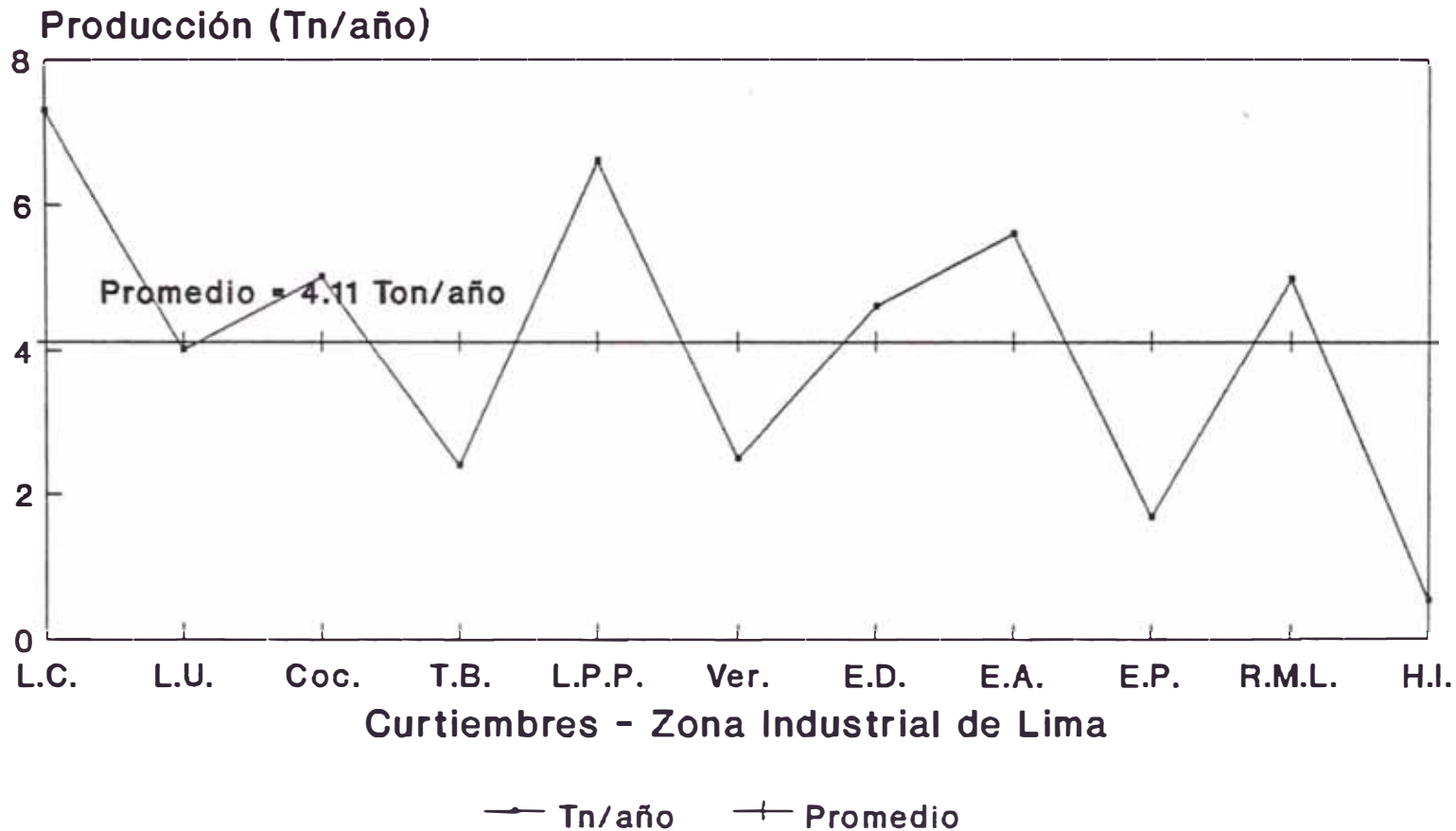
Tabla No. 6.6

EVALUACION RAPIDA DE FUENTES DE CONTAMINACION DE AGUA

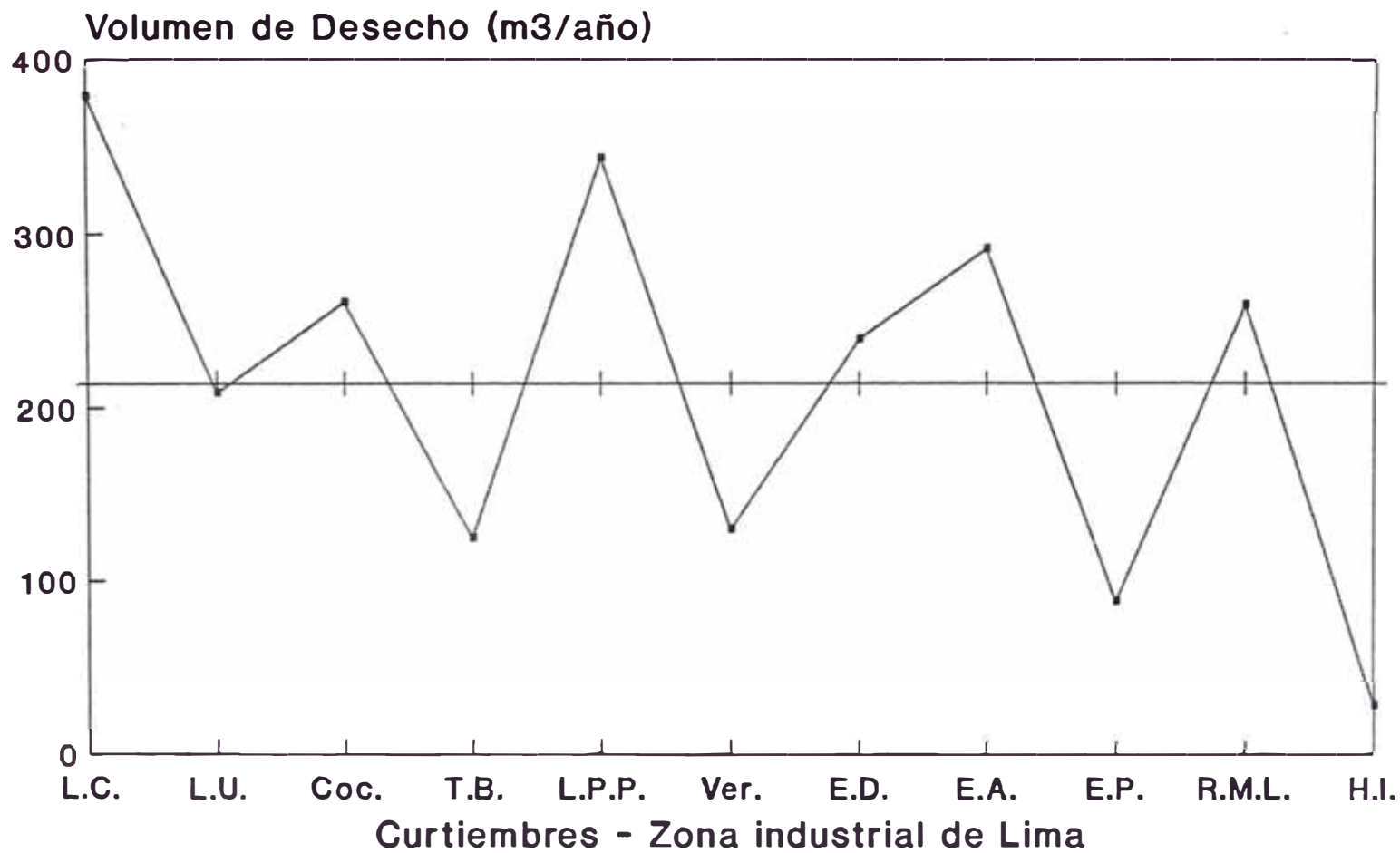
INDUSTRIA Y PROCESO	Unidad	Producción Unidad/año 10 ³	pH	Volumen De	DBO5	D.Q.O	S.S	S.D.T	S.T	A&G	N	Alcalinidad	Cromo	Sulfuro	
				Desecho Tn/año 10 ³	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año	
La Colonial	Tn de piel	7.30	1-13	379.60	649.70	1883.40	1007.40	2562.30	3569.70	146.00	109.50	671.60	25.55	51.10	
La Unión	Tn de piel	4.01		208.52	356.89	1034.50	553.30	1407.51	1960.89	80.20	60.15	368.92	14.84	28.07	
Cocodrilo	Tn de piel	5.01		260.52	445.09	1292.50	691.30	1758.51	2449.09	100.20	75.15	460.92	17.54	35.07	
Tres Bocas	Tn de piel	2.40		124.00	213.60	619.20	331.20	842.40	1173.60	48.00	36.00	220.00	8.40	16.00	
La Perla del Pacífico	Tn de piel	6.60		343.20	587.40	1702.00	910.00	2316.60	3227.40	132.00	99.00	607.20	23.10	46.20	
Verac	Tn de piel	2.50		130.00	222.50	645.00	345.00	877.50	1222.50	50.00	37.50	230.00	8.75	17.50	
El Diamante	Tn de piel	4.60		239.20	409.40	1186.00	634.00	1614.60	2249.40	92.00	69.00	423.20	16.10	32.20	
El Aguila	Tn de piel	5.60		291.20	498.40	1444.00	772.00	1965.60	2730.40	112.00	84.00	515.20	19.60	39.20	
Exportadora Peruana	Tn de piel	1.70		80.40	151.30	438.60	234.60	596.70	831.30	34.00	25.50	156.40	5.95	11.90	
Rimac de Maurice L	Tn de piel	4.90		250.96	443.22	1284.84	687.24	1747.98	2435.22	99.60	74.70	450.16	17.43	34.86	
Hugo Ibañez	Tn de piel	0.56		29.12	49.84	144.48	77.28	196.56	273.84	11.20	8.40	51.52	1.96	3.92	
Promedio		4.11			213.96	366.19	1061.55	567.81	1444.21	2012.01	82.29	61.72	378.54	14.40	28.80

Gráfico N° 6.2

Evaluación rápida de fuentes de contaminación de agua - Industrias encuestadas

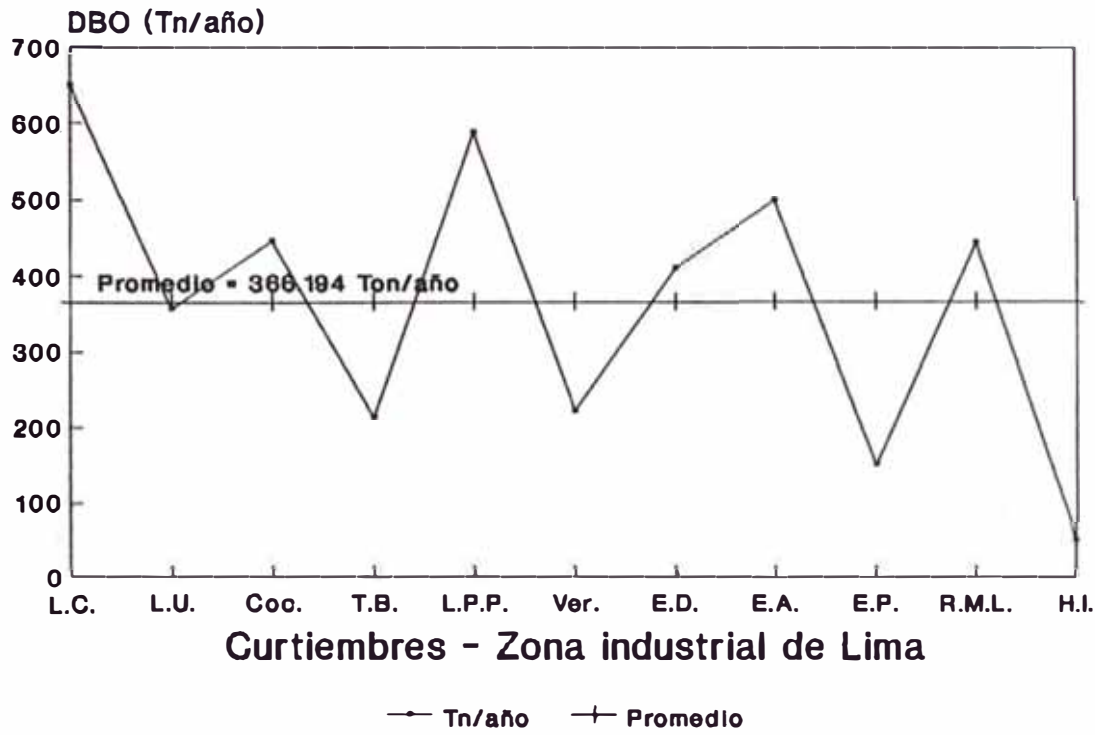


a) Producción

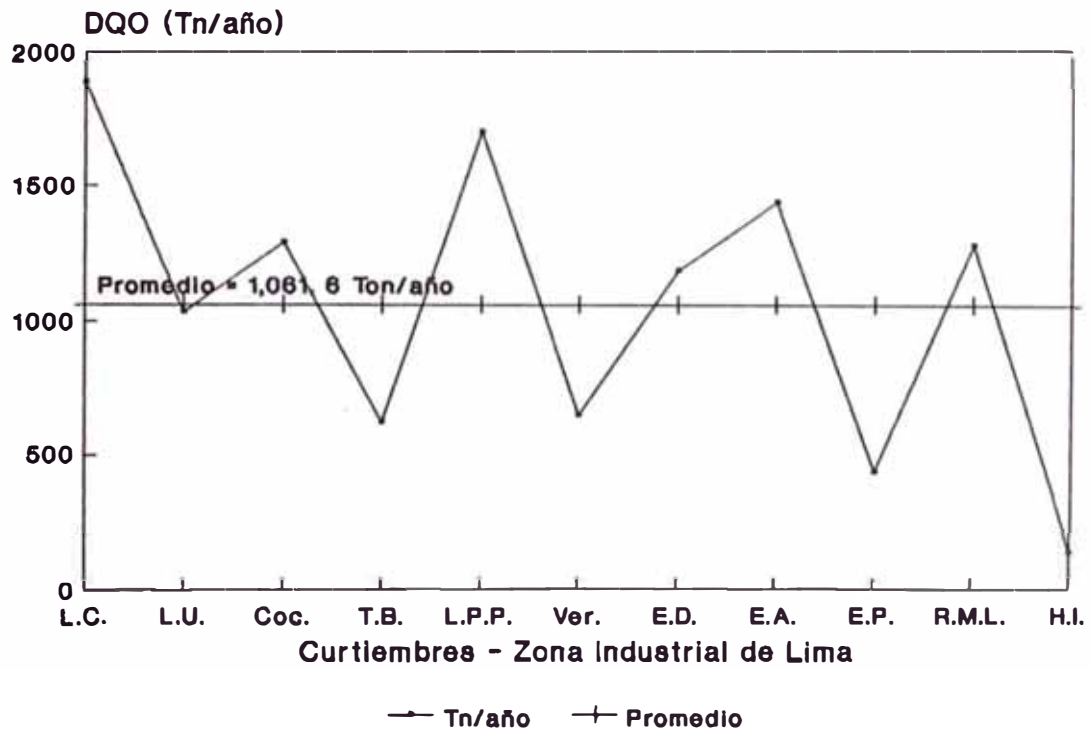


—●— m³/año —+— Promedio

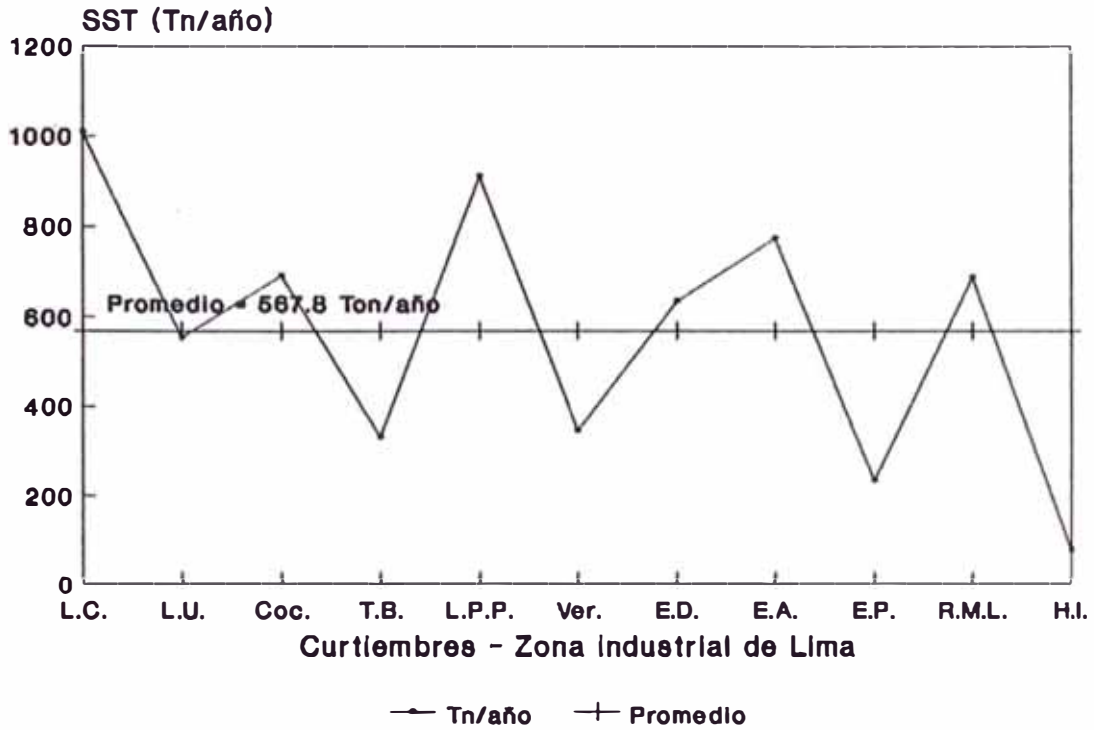
b) Volumen de efluentes



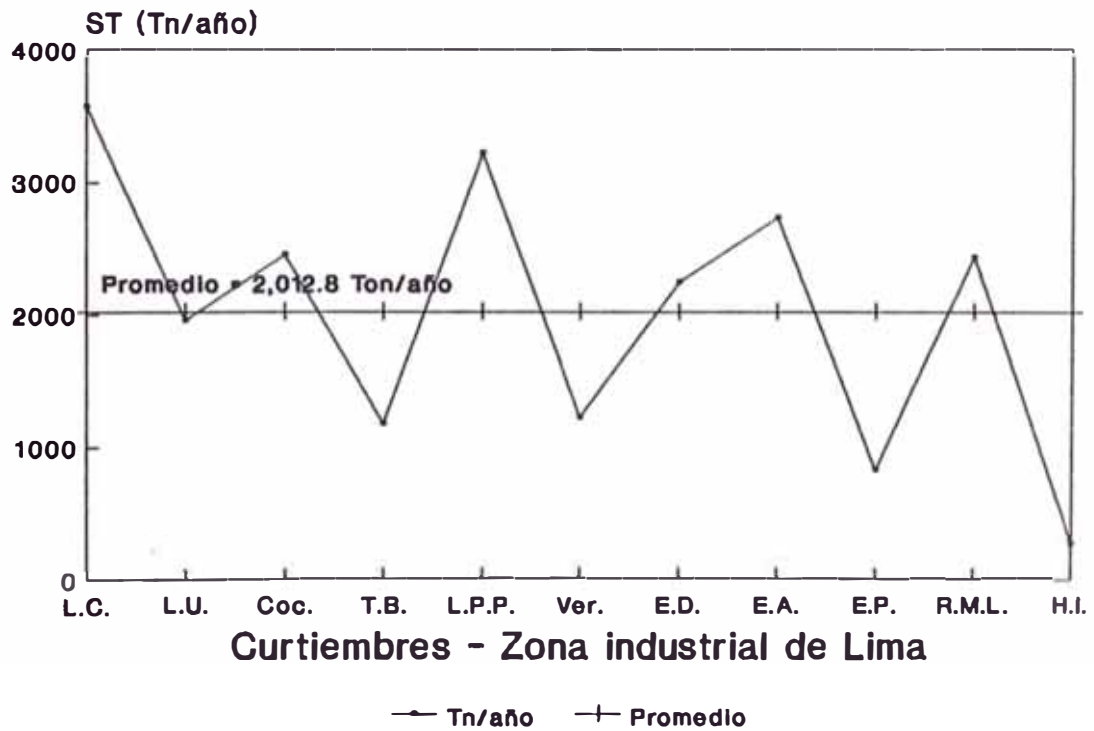
c) Demanda Bioquímica de Oxígeno



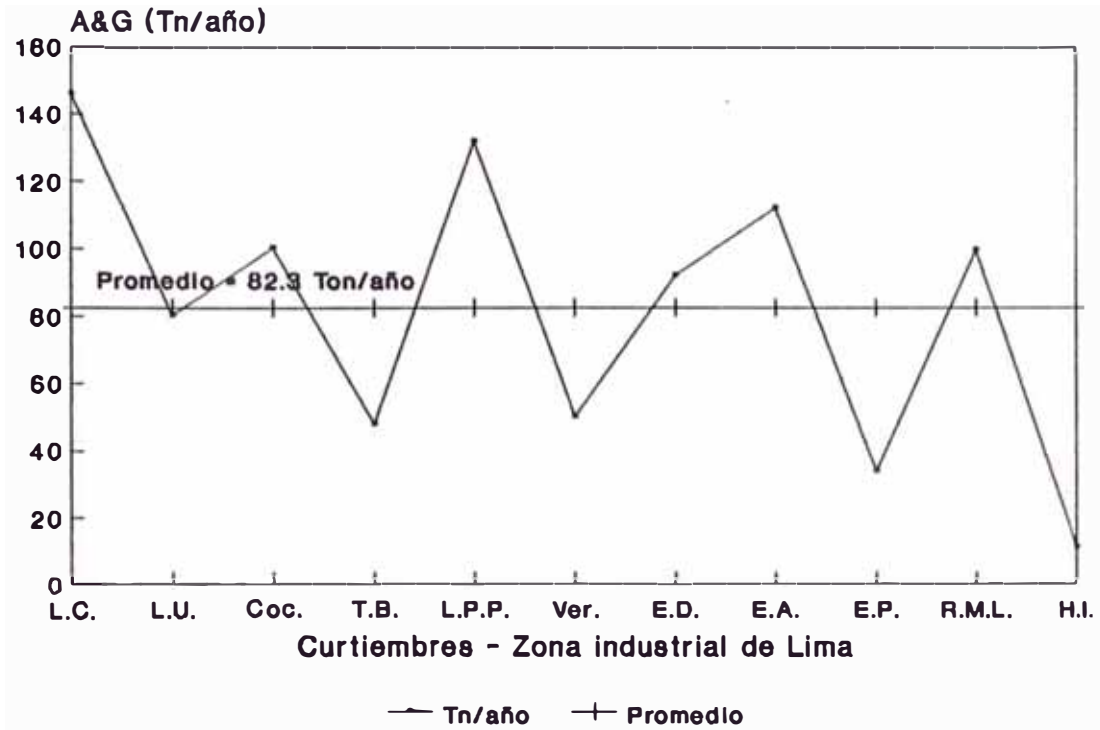
d) Demanda Química de Oxígeno



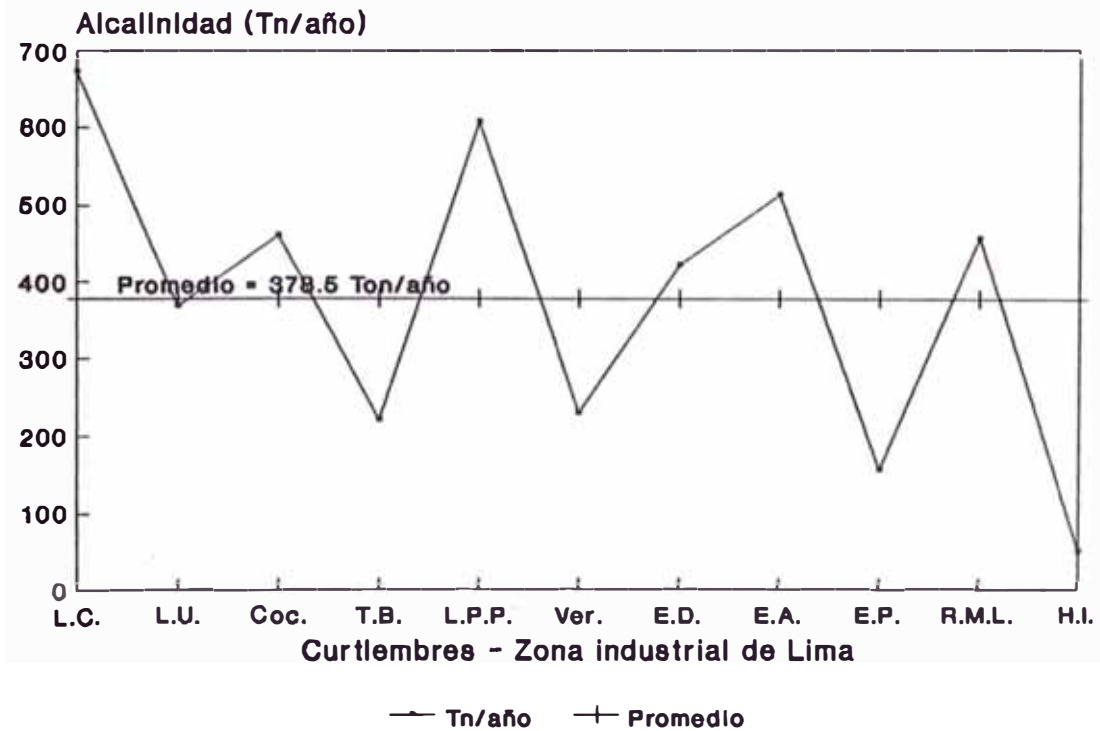
e) Sólidos Suspendidos Totales



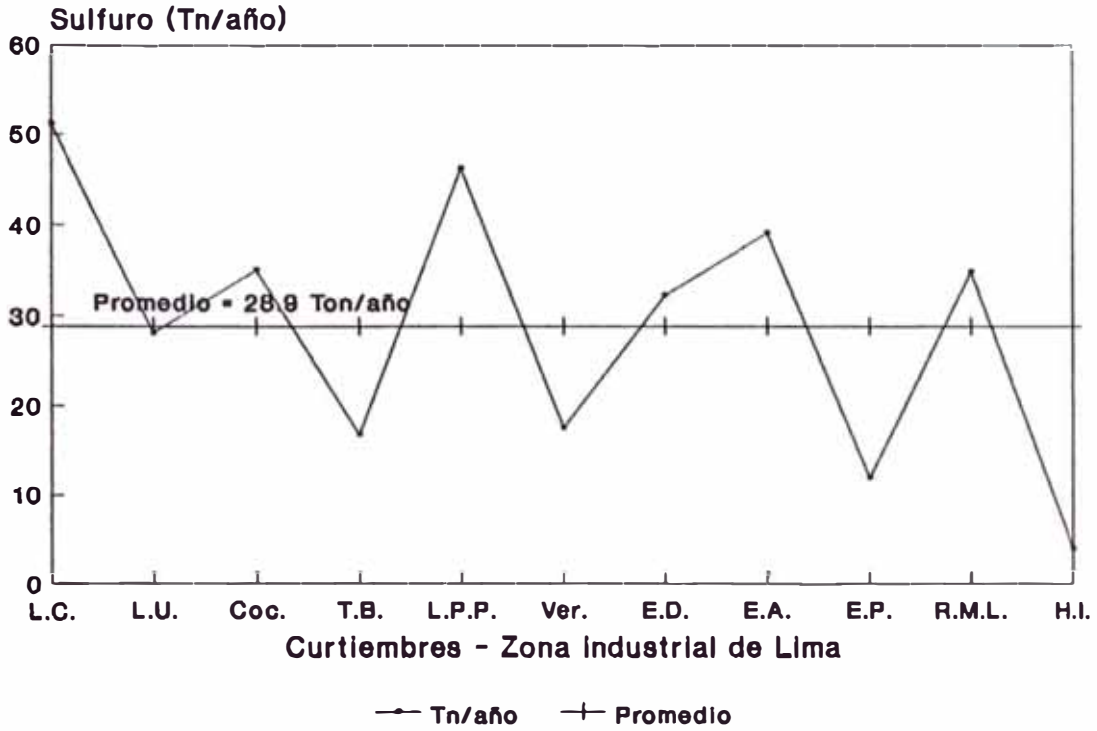
f) Sólidos Totales



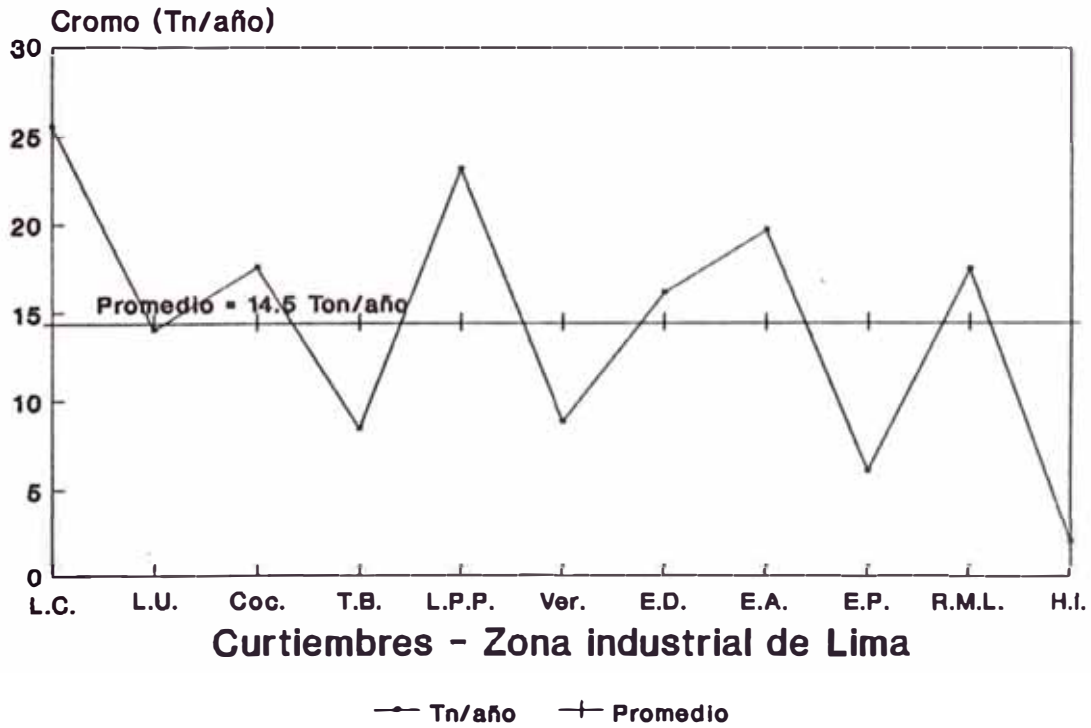
g) Aceites y Grasas



h) Alcalinidad



i) Sulfuro (S-2)



j) Cromo (Cr+3)

1. De las catorce (14) industrias ubicadas, como lo muestran los planos N^o 1 y 2, cuatro (4) industrias descargan hacia el colector N^o 19 Morales Duarez de ϕ 42 pul que va por la ladera del Río Rímac, con un caudal total de 26.4 lps. Las otras diez (10) curtiembres, descargan hacia el interceptor C-10 en la avenida Argentina de ϕ 44 pulg (1.10m) con un caudal total de 49.6 lps.
2. Tanto el colector Morales Duarez como el interceptor C-10 son contribuyentes del emisor Callao que descarga finalmente al mar. El caudal total con el que contribuyen estas industrias es de 76 lps que representa el 4.8 % del total que descarga el emisor, igual a 1.6 m³/s.

Estos 76 lps equivalen a una población:

$$\text{Población} = \frac{86400 \times Q}{2.6 \times 0.9 \times \text{Dotación}} = \frac{86400 \times 76}{2.6 \times 0.9 \times 250} = 11,225 \text{ha}$$

Esta relación está basada en el Reglamento de SEDAPAL para el cálculo de sus caudales de diseño, así como también la dotación asumida de 250 L/hab/día.

3. El resultado obtenido nos da una población de 11,225 habitantes, que representan aproximadamente a 1,604 familias (considerando una densidad poblacional promedio de 7 hab./lote).
4. Si analizamos los valores de carga (Ton/día) de los efluentes, considerando sólo estas 14 industrias (ver tabla N^o6.7) como contribuyentes, podemos ver que: 11.2 Ton/día en DBO₅ es descargado al mar, frente a 1.9 Ton/día, si este caudal correspondiera sólo a desague doméstico, es decir 6 veces su valor.
5. Asimismo, según el Reglamento de Desagües Industriales, aprobado por D.S. N^o 28-60-ASPL, del 29 de Noviembre de 1960, en el Artículo 505, que a la letra dice: "Queda prohibido el ingreso a la red pública de residuos que contengan más de 1000 ppm de DBO ...", lo que es superado

por estas industrias que descargan un total de 1700 ppm de DBO_5 .

6. En resumen, podemos darnos cuenta de la contaminación que se está causando al cuerpo receptor de estos efluentes, que es el mar. No deja de ser preocupante tampoco los problemas que se tienen respecto a la corrosión que sufren las tuberías de alcantarillado, por las descargas agresivas de las industrias curtidoras.

TABLA Nº 6.7
COMPARACION DEL ELFUENTE FINAL DE CURTIEMBRES CON
DESAGUES DOMESTICOS Y LEGISLACION VIGENTE

Parámetro	Efluentes Curtiembres		Desa. Dom.	Límites Leg.
	Tn/día	ppm		
DDO	32.40	4,934.00	6.60	---
DBO	11.20	1,706.00	1.90	1,000.00
Sólidos Susp.	17.30	2,635.00	2.3	---
Sulfuro	0.90	137.00	—	2.0 - 5.0(*)
Cromo	0.40	61.00	—	2.0 - 5.0(*)

Fuente - Reglamento Nacional de Desagües Industriales
Metcalf and Eddy. Tratamiento y Depuración de las aguas residuales.
(*) UNEP/ Industry and Environment Office.

A pesar de la capacidad de autodepuración de las aguas marinas, en cuanto a materia orgánica e inorgánica biodegradable, es preocupante el hecho de las altísimas concentraciones de Sulfuro y Cromo, componentes tóxicos en los efluentes de las industrias curtidoras, como se ve, alteran las condiciones biológicas normal de este cuerpo receptor. Como se observan en las tablas Nº 6.7 y 6.8.

TABLA N° 6.8

COMPARACION DE ESTANDARES DE CALIDAD DE DESCARGA DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE
 EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO ENTRE DIFERENTES PAISES

País	pH	T°C	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sulfuro (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)
Alemania	6.5 - 10	35	---	---	---	2	---	600	---	250
Brasil	5 - 9	40	---	---	---	5	5	---	---	100
E. Unidos	---	---	---	---	---	---	---	---	300	---
Francia	6.5 - 9.5	30	1,000	---	---	---	---	---	---	---
Inglaterra	6 - 10	---	---	---	75	24	8 - 19	---	400	---
Hungría	6.5 - 10	30	---	---	---	---	---	---	---	---
N. Zelandia	6 - 9.5	40	---	---	---	1	2	---	300	---
Suiza	6 - 10	40	---	3,000 - 6,000	500 - 1000	5	10 - 20	---	1,000 - 1,200	---

FUENTE

UNEP/Industry and Environment Office (Op. cit.)

CAPITULO VII
INFLUENCIA DE LA MINIMIZACION EN LA
INDUSTRIA DE CUERO ZONA INDUSTRIAL DE LIMA

VII. INFLUENCIA DE LA MINIMIZACION EN LA INDUSTRIA DE CUERO ZONA INDUSTRIAL DE LIMA

7.1 REDUCCION DE LA CARGA CONTAMINANTE

Para cuantificar la reducción obtenida al aplicar una programa de reuso de los baños de pelambre y curtido, era necesario una evaluación a escala industrial. Dado que para dicha evaluación se tenía que contar con las unidades de recuperación ya en operación, no fue posible realizar esta experiencia ya que sólo está en etapa de planteamiento y diseño.

Pero partiendo de la información que nos proporcionan los resultados obtenidos tanto en el Capítulo V (Pruebas a escala piloto) como del Capítulo VI (Encuesta industrial), es posible hacer un planteamiento, que se describirá en este Capítulo, para cuantificar la reducción de la contaminación al aplicar un programa de minimización de residuos.

Revisando el Capítulo V, de los resultados obtenidos de la caracterización de las descargas en las pruebas de reuso se puede observar lo siguiente en los gráficos Nº 5.6 y 5.7.

Sulfuro : Se puede apreciar que la concentración de sulfuro no varía significativamente a medida que el número de reusos aumenta. Se puede decir que dicha concentración es casi estable, donde el promedio de concentración de sulfuro presente en los reusos es de 4.11 kg/Ton piel.

Cromo : Similar al sulfuro, no se aprecia una variación significativa en las concentraciones de cromo en cada reuso. En promedio esta concentración se mantuvo alrededor de 4.38 Kg Cr⁺³/Ton piel.

DBO : En cuanto a este parámetro, se puede apreciar una variación en las concentraciones, incluso en cada corrida de reuso. Teniendo en cuenta esta variación, se obtuvo una concentración promedio de 84.74 kg/Ton piel.

DQO : También, al igual que la DBO, se aprecia variaciones en los valores obtenidos en cada ciclo y en cada corrida de reuso. Se obtuvo un valor promedio de 244.64 kg DQO/Ton piel.

Del análisis anterior, podemos decir que a medida que aumenta el número de reusos, las características de las descargas no varían significativamente, pudiéndose hablar de que esta característica es estable y que no depende del número de reusos.

Basado en lo anterior, utilizando la información que nos proporciona la Tabla Nº 6.6, para el caso de la industria en estudio (Capítulo VI. Evaluación Rápida de Contaminación), podemos deducir entonces que a una aplicación del reuso a escala industrial se podría presentar lo siguiente:

La industria en estudio, procesa 960 pieles diarias, la descarga diaria del elfuente al alcantarillado vierte con las siguientes características:

TABLA 7.1
CARGA DE ALGUNOS PARAMETROS EN LOS ELFUENTES DE CURTIEMBRES

Parámetro	kg/día	Tn/año
DBO	138.44	49.84
DQO	401.33	144.48
Sulfuro	5.44	1.96
Cromo	10.85	3.92

En cuanto al proceso de pelambre, de las experiencias a escala piloto, se llega a determinar que el número óptimo de reusos es tres (3), pudiendo aumentar éste, si se llevara un control más exhaustivo en cada reuso, y si éstos son continuos.

Esto nos indica que en una corrida de reuso, se realizará una descarga al final de ésta o al cuarto día, ya que en una corrida el líquido residual es reusado en 3 procesos, más un proceso inicial sin reuso.

Sin aplicar reuso en los procesos de pelambre, y realizando las descargas finalizados éstos, en lo que correspondería a una corrida de reuso (cuatro días), se estaría descargando al alcantarillado

$$138.44 \text{ kg DBO/día} \times 4 \text{ días} = 553.76 \text{ kg DBO}$$

$$10.85 \text{ kg S}^{-2}/\text{día} \times 4 \text{ días} = 43.40 \text{ kg S}^{-2}$$

Aplicando un programa de reuso se estaría descargando

$$138.44 \text{ kg DBO/día} \times 1 \text{ día} = 138.44 \text{ kg DBO}$$

$$10.85 \text{ kg S}^{-2}/\text{día} \times 1 \text{ día} = 10.85 \text{ kg S}^{-2}$$

Como se puede apreciar hay una reducción en las cargas que se vierten al alcantarillado, las que cuatificadas sería

Para el caso de la DBO :

$$\% \text{ Red. DBO} = \frac{553.76 - 138.44}{553.76} \times 100$$

$$\% \text{ Red. DBO} = 75 \%$$

Para el caso del Sulfuro

$$\% \text{ Red. S}^{-2} = \frac{43.43 - 10.85}{43.40} \times 100$$

% Red. S⁻² - 75 %

Es decir que existiría una reducción del 75% en lo que respecta a la concentración de sulfuro y DBO.

Haciendo el mismo análisis para el caso del proceso de curtido; de las pruebas a escala piloto, el número óptimo de reusos es de 15, pudiendo aumentar, e incluso por un periodo largo, si se controlan adecuadamente el agregado de insumos químicos, y el mismo proceso en cuanto a tiempo y operación. Por lo que, aplicar un programa de reuso en el proceso de curtido, llevaría a realizar una descarga del efluente generado en este proceso cada 16 días, considerando 15 reusos, más un proceso inicial que corresponde a un proceso sin reuso.

En un proceso de curtido sin reuso, en lo que correspondería a una corrida de reuso (16 días), se estaría vertiendo al alcantarillado

$$5.44 \text{ kg Cr}^{+3}/\text{día} \times 16 \text{ días} = 68.28 \text{ kg Cr}^{+3}$$

$$401.33 \text{ kg DQO}/\text{día} \times 16 \text{ días} = 4815.96 \text{ kg DQO}$$

Aplicando un programa de reuso, se estaría vertiendo

$$5.44 \text{ kg Cr}^{+3}/\text{día} \times 1 \text{ día} = 5.44 \text{ kg Cr}^{+3}$$

$$401.33 \text{ kg DQO}/\text{día} \times 1 \text{ día} = 401.33 \text{ kg DQO}$$

Hay pues una reducción en las cargas que se vierten al alcantarillado, las que cuatificadas sería

Para el caso del Cromo :

$$\% \text{ Red. Cr}^{+3} = \frac{65.28 - 5.44}{65.26} \times 100$$

% Red. Cr^{+3} = 91.67 % \approx 92 %

Existiría pues una reducción del orden del los 92 % en las cargas que son vertidas al alcantarillado, en lo que respecta a cromo y DQO.

Tomando en cuenta que estas descargas antes de su vertido final al alcantarillado reciben un tratamiento, caso de la industria en estudio que consistía de un tratamiento primario con tanque de sedimentación, los porcentajes de reducción aumentarían.

Un tanque de sedimentación primario, que estén proyectados y operados eficazmente, deberán eliminar del 50% al 65% de los sólidos suspendidos y del 25% al 40% de la DBO₅, incrementándose la reducción de las cargas en los efluentes descargados por estas industrias, lo cual finalmente es resumido en la siguiente tabla

**TABLA Nº 7.2
PORCENTAJE DE REDUCCION APLICANDO REUSO - TRATAMIENTO PRIMARIO**

DESCRIPCION	% Reducción Reuso	% Reducción Trat. Prim.	% Reducción Total
DBO	75	35	84
Sulfuro (S^{-2})	75	—	75
DQO	92	—	92
Cromo (Cr^{+3})	92	—	92
Solidos Suspendidos	78	60	91

7.2 ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

El análisis económico del estudio de caso considera principalmente, el ahorro en agua e insumos químicos alcanzados como consecuencia de los cambios introducidos en los procesos de pelambre y curtido, sobre la base

que una de las formas de prevención de la contaminación ambiental provocada por efluentes de curtiembres es el reciclaje de baños residuales principalmente de pelambre con sulfuro de sodio y curtido al cromo, los cuales en conjunto son responsables de la mayor parte de la contaminación debida a esta industria.

7.2.1 AHORRO DE AGUA E INSUMOS QUIMICOS

Para un mejor análisis, se ha realizado una proyección a escala industrial que contempla una producción promedio de 24,000 cueros al mes. Esta cantidad es equivalente a una producción de 4 semanas, donde cada una de ellas procesa 4 lotes de 1,500 pieles cada uno en promedio. Se ha considerado que la primera semana corresponde al inicio de los procesos con baños nuevos, tanto de pelambre como de curtido.

En el estudio de caso anteriormente detallado en el Capítulo V se logró :

4 ciclos en pelambre	1 baño inicial	y	3 reusos
16 ciclos en curtido	1 baño inicial	y	15 reusos ^(*)

(*) Considerándose apto par seguir reusando.

Por tanto en un mes, en pelambre se tendrá 4 baños iniciales y 12 baños reusados. En el caso de curtido se logra 1 baño inicial y 15 baños reusados.

ANALISIS DE COSTO DE PELAMBRE Y CURTIDO

Producción Mensual Promedio 24,000 pieles.

Peso Total Piel Fresca Salada : 30,000 kg.

Peso Total Piel Tripa 28,500 kg.

A) Gasto sin reciclaje

TABLA Nº 7.3
COSTO PARA LA PRODUCCION DE CUEROS - PELAMBRE Y CURTIDO SIN REUSO

PROCESO	PRODUCTOS QUIMICOS	% EN PESO	PREC UNIT. \$/kg	CANT kg	COSTO \$
PELAMBRE	Sulfuro de Sodio	4.0	1.45	1,200	1,740
	Cal	4.0	0.20	1,200	240
	Hidróxido de Sodio	0.7	1.65	210	350
	Agua				15
	TOTAL				2,345
CURTIDO	Cuirextan (Sal de Cromo)	8.0	1.50	2,280	3,420
	Taningan OS	0.6	7.10	171	1,214
	Bicarbonato de Sodio	1.4	1.30	400	520
	Agua				6
	TOTAL				5,160

GASTO TOTAL SIN RECICLAJE	\$ 7,505
----------------------------------	-----------------

B) Gasto Empleado Reciclaje

PELAMBRE

Mediante el reciclaje se obtiene un promedio de 32 % de ahorro de Sulfuro de Sodio respecto al peso del producto empleado originalmente. Es decir, si en un proceso normal de pelambre se utiliza 4.0 sobre el peso de piel fresca salada de Sulfuro de Sodio, este 32 % de ahorro se traduce en 1.28 % menos, o que se emplearía 2.72 %. Asimismo se asume la misma cantidad de ahorro para el caso de la Cal e Hidróxido de Sodio.

TABLA Nº 7.4
COSTO PARA LA PRODUCCION DE CUEROS - PELAMBRE Y CURTIDO CON REUSO

PROCESO	PRODUCTOS QUIMICOS	% EN PESO	PREC UNIT. \$/kg	CANT kg	COSTO \$
PELAMBRE	Sulfuro de Sodio	2.72	1.45	816	1,184
	Cal	2.72	0.20	816	164
	Hidróxido de Sodio	0.48	1.65	144	238
	Agua				9
	TOTAL				1,595
CURTIDO	Cuirextan (Sal de Cromo)	6.40	1.50	1,824	2,736
	Taningan OS	0.48	7.10	137	973
	Bicarbonato de Sodio	1.10	1.30	314	408
	Agua				3
	TOTAL				4,120

GASTO TOTAL CON RECICLAJE	\$ 5,715
----------------------------------	-----------------

En la Tabla Nº 7.5 se muestra el ahorro que se alcanza en consumo de agua para el proceso productivo completo y que bordea el 40 %.

TABLA Nº 7.5
AHORRO EN CONSUMO DE AGUA PARA LOS PROCESOS DE PELAMBRE Y CURTIDO

ETAPA	CONSUMO INICIAL (m ³)	% DEL TOTAL	CONSUMO ACTUAL (m ³)	% DEL TOTAL	PORCENT. AHORRO (%)
RIBERA	55.50	57.00	28.50	48.00	49
CURTIDO	18.50	18.50	11.50	19.50	38
ACABADO	24.00	24.50	20.00	32.50	17
TOTAL	98.00		60.00		39

De un consumo promedio de 60 m³/Tn piel se logró una disminución a 36 m³ agua/Tn piel.

En el caso de pieles de ganado vacuno, el valor más aceptado para consumo de agua es: 50 m³/Tn piel. Por lo que puede decirse que se entra en el rango.

Asimismo, en las tablas Nº 7.6 al 7.8 estos ahorros son traducidos en términos económicos.

**TABLA Nº 7.6
COSTO DE AGUA E INSUMOS QUIMICOS PARA 24,000 PIELES
CAPRINO MEDIANO. PROCESO DE PELAMBRE**

	PROCESO CONVENCIONAL	PROCESO CON REUSO (*)
AGUA	15.00	9.00
SULFURO DE SODIO	1,740.00	1,184.00
CAL	240.00	164.00
HIDROXIDO DE SODIO	350.00	238.00
TOTAL	2,345.00	1,595.00
DIFERENCIA	750.00	
PORCENT. DE AHORRO	32.00	

(*) Se considera 4 baños iniciales al mes.

**TABLA Nº 7.7
COSTO DE AGUA E INSUMOS QUIMICOS PARA 24,000 PIELES
CAPRINO MEDIANO. PROCESO DE CURTIDO**

	PROCESO CONVENCIONAL	PROCESO CON REUSO (*)
AGUA	6.00	3.00
CUIREXTAN (SAL DE CROMO)	3,240.00	2,736.00
TANINGAN	1,214.00	973.00
BICARBONATO DE SODIO	520.00	408.00
TOTAL	5,160.00	4,120.00
DIFERENCIA	1,040.00	
PORCENT. DE AHORRO	20.00	

TABLA Nº 7.8
COSTOS DE PELAMBRE Y CURTIDO PARA 24,000 PIELES
RESUMEN (COSTOS EUA\$)

	PROCESO ACTUAL PELAMBRE-CURTIDO	PROCESO CON REUSO PELAMBRE-CURTIDO
COSTO	7,505	5,715
DIFERENCIA	1,790	
PORCEN. AHORRO	23.9	

Debe considerarse que el baño inicial arranca con el 100 % de los insumos químicos correspondiente al paso de las pieles y la semana inicial arranca con 6,000 pieles. Se consiguió en esta experiencia 4 ciclos de pelambre por semana (1 baño inicial y 3 reusos).

En un año, el ahorro será :

AHORRO DE ALTERNATIVA CON REUSO : 21,480.00 EUA\$

7.2.2 PLANTA DE RECICLAJE

La implementación del sistema de recuperación de los baños de pelambre y curtido descrito detalladamente en el Capítulo V nos da el presupuesto siguiente :

TABLA Nº 7.9
PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RECUPERACION

DESCRIPCION	COSTO EN EUA\$
SISTEMA DE RECUPERACION - PELAMBRE	23,921.95
SISTEMA DE RECUPERACION - CURTIDO	6,655.21
TOTAL	30,577.16

COSTOS DEL SISTEMA DE RECUPERACION : 30,578 EUA\$

EL Análisis de Costos Unitarios y el presupuesto respectivo se ven en el Anexo 2.

RESUMIENDO :

A. AHORRO DE ALTERNATIVA CON REUSO : \$ 21,248

B. COSTO SISTEMA DE RECUPERACION : \$ 30,578

De A y B se concluye que si la industria ejecutara obras para la implementación de un sistema de recuperación de los baños de pelambre y curtido, los costos de inversión son recuperables en un tiempo $30,578/21,248 = 1.439$ años, es decir en un tiempo máximo de un año y medio.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

VIII. CONCLUSIONES

- 8.1 Es posible aplicar un programa de minimización de impactos en industrias de cuero, el cual está basado en el reciclaje (recuperación y reuso) de los residuos generados en los procesos de pelambre y curtido.
- 8.2 La concentración del sulfuro y cromo, en la experiencia a escala piloto, no presentan una variación significativa durante los reusos, obteniéndose en promedio 4.1 kg/Tn piel para el caso del sulfuro y 4.4 kg/Tn piel en lo que respecta a cromo. Es por esta razón la aplicabilidad del reuso en éstos procesos.
- 8.3 De la caracterización, con los parámetros determinados en las pruebas de reuso: DBO, DQO, Sólidos, Cloruros; se pudo apreciar que a medida que aumenta el número de reusos, las características de las descargas se estabilizan por dilución.
- 8.4 En las pruebas realizadas a escala piloto en las instalaciones de la Curtiembre Hugo Ibañez, se obtuvieron en promedio:

En el proceso de pelambre se logró realizar 3 reusos de los baños recuperados, obteniéndose un ahorro en insumos químicos (cal, sulfuro de sodio, soda cáustica, tensoactivo) del 32%.

En el proceso de curtido se logró realizar 15 reusos de los baños recuperados, obteniéndose un ahorro en insumos químicos (bicarbonato de sodio, sal de cromo, tainingan) del 20.8%.

En ambos casos es posible aumentar el número de reusos, si el control en los procesos con reuso son más exhaustivos y con equipos de mayor precisión, como por ejemplo, para el pesaje de productos, determinaciones analíticas, etc. En el caso de curtido este reuso puede llegar a ser por tiempo indefinido, siendo el factor para su cancelación la calidad del producto.

8.5 Además de comprobarse un ahorro en productos químicos, también se logra un ahorro en el consumo de agua, 40% aproximadamente en ambos procesos, el cual es utilizado en grandes volúmenes (m^3) por día tanto en los procesos estudiados como en los otros no incluidos en las pruebas.

8.6 La influencia del reuso sobre el producto final, depende básicamente de la operatividad en cada proceso, en especial de la etapa de ribera, así como también en la etapa de curtido. De la experiencia, los productos acabados, provenientes de las pruebas de reuso, no presentaron ningún tipo de defectos, pasando todas las pruebas de control que normalmente se realizan antes de proceder a su venta.

8.7 Un factor muy importante de ser tomado en cuenta al aplicar un programa de minimización, es la distribución, ubicación y estado de las maquinarias, equipos, instalaciones de agua y desagüe, instalaciones mecánico-eléctricas, etc, en la planta industrial, ya que esto limita para un mejor diseño de las unidades de recuperación y tratamiento de los baños recuperados para su posterior reuso.

8. De las industrias encuestadas, se deduce que el 90% no le da mucha importancia a la disposición final de sus residuos y ni mucho menos

al problema de contaminación que podrían estar ocasionando. Esto se pudo deducir, por lo observado, durante las visitas realizadas a aquéllas:

No llevan un control, cualitativo ni cuantitativo de sus residuos. No existe un mantenimiento continuo de las unidades de tratamiento de sus descargas. Sólo lo hay cuando se tiene problemas de atoro o malos olores. Además estas unidades no cumplen su función para lo cual fueron construídas, las que en su mayoría no cuentan con una base técnica de diseño.

No hay un manejo responsable de los residuos sólidos que en gran tonelaje y volumen producen estas industrias, respecto a su disposición final, donde la gran mayoría prefiere su descarte a un posible reciclaje de ellos.

Tampoco hay por parte de los operarios y de los responsables a cargo de la producción, exigencias en utilizar equipos de protección personal, frente a los posibles peligros de intoxicación con los componentes tóxicos que son utilizados en los procesos sulfuro, cromo, ácidos, etc.

8.9 La caracterización de los efluentes de las curtiembres ubicadas en la zona industrial de Lima, nos demuestra que no se cumple con las normas sanitarias del país (Reglamento de Desagües Industriales), y que aquéllas superan los límites permisibles que se estipulan. Esta falta de control nos demuestra lo inefectivo que sobre las descargas industriales realizan las instituciones del estado responsables de ello (SEDAPAL, DIGESA, INAPMAS y otros).

- 8.10 Es importante saber que los residuos tóxicos como sulfuro y cromo, que las curtiembres de la zona industrial de Lima, generan al año según una evaluación rápida de fuentes, es en promedio de 28.8 Ton/año en lo que se refiere a sulfuro y 14.4 Ton/año para el caso del cromo.
- 8.11 Son dos los colectores que reciben las descargas de las plantas industriales ubicadas en el área denominada zona industrial, el colector Morales Duarez y el interceptor N^o 10 en la avenida Argentina. Ambos tienen como cuerpo receptor final al mar, mediante la descarga del emisor Callao a la orilla y sin tratamiento. El caudal total que las industrias encuestadas contribuyen es de 76 lps, que representan 4.8% del caudal total que es descargado al mar, equivalente al caudal de desagüe generado por 11,225 habitantes.
- 8.12 Es pues preocupante los problemas ambientales que generan las descargas con altas concentraciones de sulfuro y cromo vertidas al mar, que a pesar de la capacidad de autodepuración de las aguas marinas, en cuanto a materia orgánica e inorgánica biodegradable, la presencia de estos componentes tóxicos en los efluentes, alteran las condiciones biológicas normales de este cuerpo receptor, pudiendo causar la desaparición de la fauna acuática.
- 8.13 Así también es necesario mencionar los problemas de corrosión que sufren las tuberías de los sistemas de recolección que transportan estos efluentes.
- 8.14 Tanto el ahorro en insumos químicos, como del consumo de agua, significa al industrial un beneficio económico. Esta es quizás la mayor ventaja que tiene la minimización sobre otros tipos de alterna-

tivas, frente al problema de la contaminación industrial.

Se logra un ahorro aproximado del 24% sobre el costo total actual del proceso de las pieles hasta "wet blue", que expresado en unidades monetarias significa un ahorro de \$ 1,790 para una producción mensual promedio de 24,000 pieles caprino mediano.

8.15 Sumado al beneficio económico está el control de la contaminación generada por este tipo de industrias. Se comprueba un porcentaje del 70% en reducción de carga orgánica (DBO) y sulfuro; y del 90% para el caso de la DQO y cromo. Se logra también tener un control más efectivo sobre la producción de residuos generados y mejorar la disposición de los mismos.

8.16 Si a esta reducción conseguida aplicando un programa de reuso, se le añade un tratamiento primario, consistente en un sedimentador, dichos porcentajes incrementarían, sobre todo en lo que concierne a sulfuro (84% como remoción total) y sólidos suspendidos (91% de remoción).

CAPITULO IX
RECOMENDACIONES

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Es necesario ampliar el estudio a otras industrias de cuero, no solo a nivel de Lima Metropolitana, sino también a nivel nacional, con el objeto de efectuar un inventario, tanto los esquemas propuestos como de los resultados obtenidos.
- 9.2 Para un buen desarrollo de futuras experiencias similares a la presentada en esta Tesis, aplicando la estrategia de minimización, es primordial que exista una coordinación lo más continua posible entre la industria y el ente responsable del control, involucrando no sólo el aspecto técnico sino también los aspectos gerenciales y de organización.
- 9.3 De esta coordinación debe generarse un grupo mixto conformado por técnicos de la industria, y profesionales involucrados al estudio como son : químico, sanitario, curtidor, seguridad industrial.
- 9.4 Además de la coordinación entre instituciones, debe existir también un apoyo total, tanto en el aspecto económico, de infraestructura, equipos, materia prima, etc, que no perjudique la buena realización de la investigación.
- 8.5 En un ámbito general:

Se debe incluir en nuestra legislación (Código del Medio Ambiente, Ley General de Aguas y Reglamento de Desagües Industriales), incentivos a los generadores de residuos (caso específico de las industrias), que los obligue aplicar programas de minimización de residuos u otras alternativas con la finalidad de disminuir la

contaminación causada por éstos.

La tecnología destinada a la reducción, eliminación y/o reciclaje de los residuos industriales, es la forma de alcanzar a medio plazo un mayor desarrollo económico sin destruir el medio ambiente.

El reciclaje de desechos económicamente aprovechables, debería ser punto prioritario en los países en vía de desarrollo. Particularmente en industrias y agroindustrias.

Desarrollar y aplicar (en colaboración) a través de los medios de comunicación social, programas destinados a incentivar la creación de sistemas que tengan como prioridad la prevención de la contaminación ambiental y la reducción/eliminación de los desechos.

Es importante también el intercambio de información y de experiencias, la cooperación entre nuestro país y otros, sobre todo latinoamericanos, para conseguir llevar adelante una política de saneamiento del medio ambiente, necesaria para el desarrollo económico y social, fundamental para la calidad de vida.

Propiciar la investigación de los residuos de éstas industrias, en coordinación con la Universidad, el Ministerio de Industrias y los Empresarios.

CAPITULO X
BIBLIOGRAFIA

X. BIBLIOGRAFIA

1. CEPIS. Repindex No. especial Nov, 1990. Residuos Peligrosos
2. Angelinetti, A.R. et al, 1976. Estudio Comparativo de Sistemas de Pelambre con Reducción de Efluentes, La Plata: Instituto Nacional de Tecnología Industrial/ Centro de Investigaciones de Tecnología del cuero.
3. Cantera, C.S.; Angelinetti, A.R. y Sofía A. 1978. Precipitación y reutilización del Cromo residual en Curtiembre, La Plata : Instituto Nacional de Tecnología Industrial/Centro de Investigaciones de Tecnología de Cuero.

Cantera, C.S. et al, 1980. Reutilización de licores de pelambre; experiencias en fulón, La Plata : Instituto Nacional de Tecnología Industrial/Centro de Investigación en Tecnología del Cuero.
5. Cantera, C.S. y Angelinetti, A.R. 1982. Tecnologías que reducen el consumo de insumos químicos y la carga contaminante de los efluentes de curtiembre, La Plata : Instituto Nacional de Tecnología Industrial/Centro de Investigación en Tecnología del Cuero.
6. Gomez, Carlos A.; Abdala, Jorge Félix; Lolito, Jorge Alfredo. 1978. Reuso de los líquidos residuales de curtiembre. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (Buenos Aires, A.R.)
7. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 1980. Resíduos de Curtumes, São Paulo.
8. Caicedo, P.E. et al, 1982. Control de Contaminación de curtiembres en Villa Pinzón : aproximaciones a una solución integral, ACODAL. Nº 106-109, Bogotá.
9. Hoinacki, E. 1989. Pelos e Cueros, Origenes defecto, Industrialización, Porto Alegre, Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial/Departamento Regional de Rio Grande del Sur.
10. Bayer A.G. 1979. Cutir, Teñir, Acabar : Alemania, sección de Aplicación Técnica/Curtidos.
11. Humphries G. y Jones C.R. 1971. The Manufacture of sale and other heavy leathers. Pergamon Press, Oxford.
12. Irikura Kawai, Juan. 1971. Tratamiento de Desagües Industriales en Curtiembre - Curtiembre Cassinelli S.A. Tesis de Grado, Prom.1971; UNI. Lima-Perú.
13. Doria, A. 1961. Aspectos gerais do tratamento de residuos de curtume. Brasil, Revista DAE Nº 41, São Paulo.
14. CETESB. 1989. Nota Técnica sobre tecnología de controle curtumes, NT-14. São Paulo, Brasil NP/NPP/NPPR.
15. Fundación Natura; 1991. Potencial Impacto Ambiental de las Industrias en el Ecuador III; Quito, Ecuador.

16. Nemerow, N.L.; 1977. Aguas Residuales-Industriales; Teorías, Aplicaciones y Tratamiento. Madrid; H. Blume.
17. Zárate Max, Junio 1991. Manual Técnico para la Minimización de Residuos en la Industria de Curtiembre.: Primer borrador, Lima, Perú.
18. Manes Marzano de Gazzolo, A.B. Determinación simultánea de cromo trivalente y hexavalente en aguas residuales por empleo de resinas quelantes específicas : Buenos Aires, Argentina.
19. United Nations Environmental Program. Industry and Environmental Office, 1990. Tecnical Guide to Reducing the Environmental Impact of Tannery Operations. UNEP, Ginebra.
20. Metcalf, L; Eddy, H. 1977. Tratamiento y Depuración de Aguas residuales, Barcelona.
21. Yanez Cossio, F. 1976. Proceso de Lodos Activados y Aereación Prolongada; CEPIS, Lima.
22. Batstone, Roger; Smith, James E.; Wilson, David. 1989. Safe disposal of hazardous wastes; the special needs and problems of developing countries : Word Bank Technical Paper. BIRF, Washington, D.C.
23. Environmental Protection Agency, 1988. Waste Minimization opportunity assessment manual. EPA, Cincinnati.
24. Acevedo Netto, J.M. de; Acosta Alvarez, Gillermo. Manual de Hidráulica. 198, Méjico, DF.
25. APHA-AWWA-WPCF, 1980. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 15th ed.
26. Springer Hugo; Claas Gregory Isabel Cristina; Leitão Magda Regina; Moraes Maia Roberto Augusto; Bruschi Sidney Augusto. 1989. Nociones básicas de tratamiento depurador de efluentes industriales líquidos de curtiembre. Rio Grande Do Sul, Escola de Curtimento SENAI - 2ºGrau. Estancia Velha, Brasil.
27. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO), Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS); 1986. Curso Taller Evaluación rápida de efluentes de contaminación de aire agua y suelo. Lima, CEPIS, Perú.
28. Figarella, M.E. 1988. Diagnóstico Nacional sobre fuentes de generación y sistemas de manejo de desechos tóxicos o peligrosos; MARNR, Venezuela.
29. Sociedad Nacional de Industrias, 1989. Directorio Industrial del Perú; Lima.
30. Archivo de la Planoteca, Oficina Catastro de Redes. Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)
31. Amaral, Geraldo C. do. 1989. Evaluación de residuos industriales en Lima-Perú; Lima.

32. CETESB, 1978. División de Patrones de Emisión de Aguas; São Paulo.
33. Noriega Ruddy. Apuntes de Clase del curso : "Tratamiento de Deseques Domésticos e Industriales". Universidad Nacional de Ingeniería: Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima.
34. Weitzenfeld, H; Finkelmann, J; Acurio, G.J.; Dávila, G. 1985. Inventario de fuentes productoras de residuos sólidos en América Latina y el Caribe; una evaluación rápida; Méjico D.F.