

# Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el curtido y el acabado del cuero

## Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión<sup>1</sup>. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología

existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

## Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad sobre el curtido y el acabado del cuero contiene información relevante

<sup>1</sup> Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

para los proyectos y plantas de curtido y acabado del cuero, y en concreto las operaciones relacionadas con el tratamiento preliminar de los cueros frescos, los procesos de curtido, los procesos de poscurtido y la fabricación de productos acabados. El Anexo A contiene una descripción completa de las actividades de este sector industrial. Los aspectos relacionados con la matanza de animales se examinan en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad sobre procesamiento de carne. Este documento está dividido en las siguientes secciones:

- Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
- Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
- Sección 3.0: Referencias
- Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

## 1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas al curtido y el acabado del cuero que tienen lugar durante la fase operacional, así como recomendaciones para su manejo. En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se ofrecen recomendaciones sobre la gestión de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales durante las etapas de construcción y desmantelamiento.

### 1.1 Medio ambiente

Las cuestiones ambientales relacionadas con el curtido y el acabado del cuero incluyen las siguientes:<sup>2</sup>

- Aguas residuales
- Emisiones al aire
- Residuos sólidos
- Materiales peligrosos

#### Aguas residuales

##### *Aguas residuales de procesos industriales*

El consumo de agua en el procesamiento y, por lo tanto, los efluentes de aguas residuales, varían considerablemente entre tenerías, en función de los procesos realizados, la materia prima y los productos empleados. En general, el consumo de agua es mayor en las zonas de precurtido, aunque también se

consume una cantidad significativa en los procesos de poscurtido.

Las aguas residuales de los procesos de ribera (por ejemplo, remojado, descarnado, depilado y encalado) y del enjuague asociado se canalizan generalmente de manera conjunta. Pueden contener sustancias de la piel, suciedad, sangre o estiércol, y tienen por lo tanto una carga importante de materia orgánica y sólidos en suspensión.

Las aguas residuales de los procesos de tenería, desencalado y rendido pueden contener azufre, sales de amonio y sales de calcio y son poco alcalinas. Después de los procesos de piquelado y curtido, los principales contaminantes del agua dependerán de las técnicas empleadas. Las aguas residuales del acabado pueden contener polímeros sintéticos, solventes, pigmentos colorantes y coagulantes.

Hay muchas posibilidades de aumentar la eficiencia mediante la modificación del proceso y se debe identificar claramente en el diseño de las instalaciones y los procesos. El objetivo de la gestión general de las aguas residuales y la optimización del proceso en las curtidorías debe ser reducir la necesidad e intensidad del tratamiento al final del proceso mediante la implementación de medidas de prevención sobre aguas residuales, entre ellas:

- Reducción del consumo de agua mediante el reciclado de los efluentes del proceso;
- Uso de lavados con baño en lugar de agua corriente;
- Segregación de los flujos de aguas residuales (por ejemplo, licores de remojado, licores de encalado ricos en azufre y licores con cromo) para mejorar la velocidad y la eficiencia del tratamiento. La segregación de los flujos de agua también ayuda a aislar los componentes especialmente concentrados o tóxicos, de manera que se

<sup>2</sup> Las cantidades y calidades de las emisiones y residuos producidos por las curtidorías dependen en gran parte del tipo de cuero procesado, el origen de los cueros frescos y las pieles, y las técnicas aplicadas. En los procesos se emplean una cantidad y variedad significativas de productos químicos y registrados.

pueden eliminar por separado o recuperar para su reutilización;

- Uso de baños cortos (por ejemplo, con bajo contenido de agua) en el ciclo de curtido (por ejemplo, baños con un 20 a 40 por ciento de agua con respecto a la cantidad normal), que permite un ahorro de agua hasta del 70 por ciento y facilitan la fijación del cromo (cuando se combinan con un aumento de la temperatura al final de la operación de curtido);
- Empleo de sustancias químicas menos tóxicas y más biodegradables, como se explica más adelante;
- División de los cueros antes del desencalado y el curtido, cuando sea posible, para mejorar la penetración de las sustancias químicas del curtido en la estructura fibrosa, reduciendo de este modo la cantidad de producto empleada.

Otras estrategias recomendadas para reducir la generación de contaminantes específicos en los efluentes de aguas residuales, incluyen las siguientes:

#### *DQO/DBO y sólidos en suspensión*

Aproximadamente el 75 por ciento de la carga orgánica (medida en función de la demanda bioquímica de oxígeno [DBO] y la demanda química de oxígeno [DQO]) se produce en la ribera, principalmente en los procesos de encalado y depilado. El depilado es también el principal generador de sólidos totales en suspensión. Una fuente adicional de DQO / DBO es el proceso de desengrasado. En este caso, la concentración total de DQO/DBO puede alcanzar los 200.000 mg/l. Entre las medidas que se pueden adoptar para reducir la carga orgánica de estos efluentes de aguas residuales están:

- Filtrar las aguas residuales para eliminar la materia sólida gruesa;

- Usar un proceso de depilado enzimático y recuperar el pelo para revenderlo (reduciendo hasta 40-50 por ciento de la DQO);
- Si se utiliza el proceso tradicional de pelambre con cal, filtrar las aguas residuales para recuperar el pelo antes de su disolución. Esto puede reducir 15-20 por ciento de la DQO y 25-30 por ciento del nitrógeno total en el efluente combinado de la curtiduría;
- Reciclar el baño de encalado puede reducir 30-40 por ciento de la DQO; hasta 35 por ciento el nitrógeno, hasta 40 por ciento del uso de azufre y hasta 50 por ciento del consumo de cal;
- Usar etoxilatos de alcohol fácilmente degradables, en lugar de etoxilatos de alquilfenol, como tensoactivos en el desengrasado;
- Utilizar el desencalado con dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (por ejemplo, para cueros bovinos ligeros con menos de 3 mm de grosor). Para los cueros más gruesos, el proceso requiere un aumento de la temperatura del baño (hasta 35°C), y / o la duración del proceso, y / o la adición de pequeñas cantidades de productos auxiliares para el desencalado.

#### *Sales y sólidos totales disueltos*

El salado y otros procesos de curtiduría contribuyen a la presencia de sales/electrolitos en los efluentes de aguas residuales, que se miden en función de los sólidos totales disueltos (STD). Aproximadamente 60 por ciento del cloruro total proviene de la sal empleada para el curado, que se disuelve posteriormente en el remojado. El resto proviene principalmente del piquelado y, en menor medida, de los procesos de curtido y teñido. El cloruro de amonio y el sulfato de sodio, entre otros, también contribuyen a los STD. La concentración de STD puede alcanzar los 15.000 mg/l en los

efluentes de la curtiduría. La eliminación de electrolitos sin efecto sobre los residuos es un reto importante para la fabricación del cuero, especialmente en las instalaciones rodeadas de tierra. Las medidas para la reducción de los STD procedentes de la conservación y el procesamiento de la materia prima incluyen:

- Usar el secado natural de pequeñas pieles en las instalaciones adecuadas situadas en climas templados y secos;
- Usar el enfriado para la conservación a corto plazo de los cueros frescos y las pieles recién procesados, y/o usar antisépticos para prologar el tiempo de almacenamiento;
- Realizar el recortado y, cuando sea posible, el descarnado previo antes del curado y otras operaciones de precurtido;
- Eliminar manualmente o mecánicamente la sal de los cueros frescos y las pieles antes del remojo;
- Instalar sistema de piquelado sin sal y usar polímeros no expandibles de ácido sulfónico (esto puede afectar a las características del cuero);
- Usar descalcantes sin amonio (por ejemplo, ácidos débiles o ésteres) o descalcilar con CO<sub>2</sub> en lugar de sales de amonio;
- Usar baños cortos durante el curtido para reducir la carga de sustancias químicas mediante el uso de técnicas de curtido con alta extracción como baños cortos, aumento de la temperatura, aumento de los tiempos de curtido, incremento de la alcalinización, y disminución del nivel de sales neutras<sup>3</sup>;

- Reciclar directamente el baño de piquelado, cuando sea práctico (si se realiza el curtido en el mismo baño, sólo se pueden reciclar parcialmente los residuos extraídos);
- Reciclar directamente los baños de curtido.<sup>4</sup>
- Reciclar el sobrenadante de la recuperación para mejorar el ahorro de cromo;
- Usar colorantes líquidos y sintanes.

### *Sulfuros*

En el proceso de depilado se emplean sulfuros inorgánicos (NaHS o Na<sub>2</sub>S) y el tratamiento con cal, que pueden arrojar licores sulfurosos en el efluente de aguas residuales. Aunque no sería práctica una sustitución total de los sulfuros usados en este proceso, especialmente para las pieles bovinas, se recomiendan las siguientes técnicas para reducir el uso y el vertido de azufre:

- Usar un proceso enzimático de depilado;
- Para los procesos convencionales de pelambre, emplear una solución general de azufre y cal del 20-50 por ciento;
- Mantener el pH alcalino (>10) de las aguas residuales sulfurosas. El tratamiento convencional produce la oxidación de las aguas residuales con cal y azufre (tanques de oxidación catalítica o tanques de aireación). Se debe tener cuidado de evitar una expulsión en función de la acidez (pH<7) de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), provocada, por ejemplo, por una mezcla inapropiada de flujos alcalinos y ácidos, y escapes incontrolados procedentes de las fases de desnitrificación.

<sup>3</sup> La tasa de fijación del cromo puede aumentarse mediante estas técnicas y combinarse con componentes de cromo autoalcalinizantes y ácido dicarboxílico. El curtido de alta extracción puede permitir la reducción del 80-98 por ciento del cromo en el licor y la concentración de cromo en el efluente (4-25 mg / litro). Se puede lograr una reducción del vertido de cromo en el efluente de 5-6 kg de cromo por tonelada de pieles (con el curtido tradicional) y de 0,2-0,5 kg por tonelada (con el curtido de alta extracción).

<sup>4</sup> Esta técnica puede reducir significativamente los niveles de efluente de cromo procedente del curtido (hasta el 20 por ciento del cromo utilizado en un proceso de curtido tradicional, y hasta el 50 por ciento para las pieles de oveja con lana). El licor con exceso de cromo que no pueda reciclarse fácilmente, puede precipitarse y después reciclarse.

### *Compuestos nitrogenados*

Los procesos de curtido conllevan habitualmente una cantidad significativa de nitrógeno y el vertido resultante de nitrógeno de amoníaco. El uso de sales de amonio en el proceso es la fuente principal de nitrógeno de amoníaco en los efluentes de la curtiduría (hasta 40 por ciento). Las proteínas colorantes y animales generadas en las operaciones de ribera son otras fuentes de nitrógeno de amoníaco. La mayoría del nitrógeno orgánico (medido en función del nitrógeno total Kjeldahl, NTK) procede del proceso de encalado en las operaciones de ribera, que, en general, constituye alrededor del 85 por ciento del NTK en una curtiduría.

Las medidas de prevención y control para reducir la carga orgánica (DQO / DBO<sub>5</sub>) también pueden reducir los niveles de nitrógeno. Las medidas adicionales para reducir la carga de nitrógeno en los efluentes incluyen:

- Usar descalcantes sin amonio (por ejemplo, ácidos débiles o esteres) si no se utiliza un descalcado con CO<sub>2</sub>;
- Cuando el vertido de amoníaco pueda dañar el agua receptora, incluir la desnitrificación en el tratamiento de las aguas residuales para convertir el nitrógeno de amoníaco en nitratos, aunque es necesario un control y una gestión cuidadosos para limitar el posible riesgo de formación de H<sub>2</sub>S.

### *Cromo y otros curtientes*

Las sales de cromo trivalente (Cr III) son uno de los curtientes más empleados y constituyen la mayoría (aproximadamente el 75 por ciento) del cromo en el flujo de aguas residuales. El resto se genera normalmente en los procesos de poscurtido húmedos, el escurrido y el rendido. Las características reductoras de los sedimentos de la curtiduría ayudan a estabilizar el Cr(III) con respecto al contenido de cromo

hexavalente (Cr VI), lo que conlleva la presencia de materia orgánica y azufre<sup>5</sup>.

Se deben adoptar las siguientes medidas para limitar el uso y el vertido de cromo:

- Considerar el uso de curtientes alternativos en sustitución o adición al cromo, teniendo en cuenta la toxicidad y la persistencia de los agentes alternativos, así como el uso final y las características deseadas del producto.<sup>6</sup>
- Evitar el uso de cromo (VI), limitando el tipo de cromo empleado al cromo (III);
- Reciclar los baños de curtido con cromo. Esta técnica puede reducir significativamente el uso de cromo hasta el 20 por ciento en un proceso de curtido tradicional, y hasta el 50 por ciento para las pieles de oveja con lana. El licor con exceso de cromo que no pueda reciclarse fácilmente, puede precipitarse, acidificarse y después reciclarse<sup>7</sup>.
- Reducir la concentración de cromo en el baño residual mediante el uso de sales de cromo con alta extracción y productos alcalinos y/o aumentando la temperatura del baño;

<sup>5</sup> La International Union of Environment Commission, parte de la Unión Internacional de Sociedades de Químicos y Técnicos del Cuero (International Union of Leather Technologists and Chemists Societies, IULTCS) sostiene que una curtiduría integrada que transforme el cuero fresco en wet blue, el nivel práctico más bajo de cromo es 5.000 mg Cr(III) por kg de sólidos secos en el sedimento combinado de la curtiduría, lo que puede lograrse mediante las mejores prácticas y tecnologías disponibles.

<sup>6</sup> Los curtientes minerales alternativos pueden incluir el aluminio, el dióxido de titanio y el circonio. Entre los curtientes orgánicos se encuentran los curtientes vegetales, los sintanes, las resinas, los poliacrílatos y los aldehídos. Los curtientes vegetales tienen generalmente un bajo riesgo para el medio ambiente, la salud y la seguridad. Algunos sintanes, resinas, poliacrílatos y aldehídos pueden tener una biodegradabilidad baja y pueden incluir nitrógeno o componentes tóxicos para los humanos y la vida acuática, como formaldehído, glutaraldehído o monómeros (por ejemplo, ácido acrílico).

<sup>7</sup> Los precipitantes que pueden usarse normalmente incluyen el carbonato de sodio, el hidróxido de sodio y el óxido de magnesio. La adición de polielectrolitos puede mejorar la floculación. El sedimento obtenido después de la sedimentación y filtración puede volver a disolverse en ácido sulfúrico. En la curtiduría tradicional, el resultado de este proceso de reciclado es un efluente clarificado, que normalmente tiene menos de 10mg/l de cromo (expresado como Cr). El efluente clarificado puede reutilizarse para el piquelado, el curtido o el remojado.

- Evitar el uso de cromo porque quedar adsorbido en la superficie de partículas orgánicas de varios tamaños y no precipitarse en la solución. Se debe tener cuidado de no mezclar y verter estas partículas con el efluente de la curtiduría, usando polielectrolitos;
- Evitar la eliminación del sedimento del curtido con cromo mediante la incineración, las condiciones de alcalinidad y la presencia de un exceso de oxígeno puede provocar la conversión del Cr(III) en el Cr(VI) más tóxico.

### *Sustancias químicas para el poscurtido*

Las operaciones de poscurtido conllevan el uso de varias clases de sustancias químicas que incluyen engrasantes, componentes orgánicos clorados, impregnantes, complejantes, reactivos y colorantes. Los impregnantes se emplean para mejorar la resistencia al desgaste, lograr la repelencia del aceite y propiedades antielectrostáticas, reducir la permeabilidad al gas, disminuir la abrasión y actuar como retardadores del fuego. Otros complejantes (por ejemplo, ácidos carboxílicos, ácidos dicarboxílicos y sus sales respectivas) se utilizan como reactivos en el curtido con cromo (ciertos ftalatos, como el ftalato de disodio (DSP), también se emplean como reactivos).

Las medidas para prevenir que estos compuestos químicos se introduzcan en el flujo de aguas residuales incluyen:

- Evitar el uso de compuestos halogenados (por ejemplo, en engrasantes);
- Recuperar los impregnantes de los efluentes;
- Evitar el uso de complejantes y humectantes con componentes de baja biodegradabilidad (por ejemplo, etileno diamino tetracético);
- Evitar el uso de ácidos dicarboxílicos para la precipitación del cromo durante el tratamiento previo del efluente;

- Evitar el uso de azocolorantes con aminas carcinógenas (por ejemplo, difenil 4 amina, benzidina);<sup>8</sup>
- Sustituir los colorantes basados en solventes orgánicos por colorantes no halogenados y solventes/acuosos e hidrosolubles para las operaciones de teñido y acabado.

### *Biocidas*

Los biocidas forman parte de la mayoría de las fórmulas de compuestos químicos líquidos como colorantes, engrasantes y acabados con caseína. Los biocidas pueden ser tóxicos e incluyen bactericidas y fungicidas. Los bactericidas se emplean principalmente al principio del proceso de fabricación del cuero, durante las fases de curado y remojado. Los fungicidas se utilizan normalmente desde la fase de piquelado hasta la fase de secado, debido a que las condiciones de pH en estos procesos son idóneas para el enmohecimiento. Además, también se pueden encontrar los pesticidas empleados en las explotaciones agropecuarias (por ejemplo, ectoparasiticidas) en los cueros frescos y las pieles.

Los biocidas que se aplican en la industria del curtido son esencialmente no oxidantes, y consisten en componentes cuaternarios de amonio, isotiazoles, tiocarbamatos y otros (entre ellos compuestos heterocíclicos con azufre como los derivados del benzotiazol, por ejemplo, 2-(tiocianatometil)-1,3-benzotiazol [TCMTB] y glutaraldehído). Los fungicidas incluyen derivados del fenol (ortofenilfenol), TCMTB y carbamatos, entre otros. También se pueden emplear compuestos orgánicos halogenados (por ejemplo, bronopol [2-bromo-2-nitro-propano-1.3-diol]).

Se recomiendan las siguientes medidas para reducir la posible repercusión de los biocidas en las aguas residuales:

<sup>8</sup> Directiva del Parlamento y del Consejo Europeo que modifica la Directiva 76/769/EEC del Consejo.

- Evitar el uso de fenoles clorados/halogenados prohibidos, así como los biocidas prohibidos menos biodegradables que contengan arsénico, mercurio y sustancias cloradas;<sup>9</sup>
- Controlar el uso de biocidas mediante un inventario de las entradas y salidas.
- En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se ofrecen orientaciones para la gestiones de sustancias químicas peligrosas.

### *Tratamiento de aguas residuales de procesos*

Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de proceso en este sector incluyen la clasificación por origen y el pretratamiento para la recuperación/eliminación del cromo; filtros de grasas, desespumadores o separadores de agua/aceite para separar los sólidos flotantes; filtración por separación de sólidos filtrables; equalización de flujo y carga; sedimentación para la reducción de sólidos en suspensión utilizando clarificadores; tratamiento biológico, normalmente aeróbico, para reducir las sustancias orgánicas solubles (DOB); eliminación de nutrientes biológicos para la reducción de nitrógeno y fósforo; cloración de los efluentes siempre que se requiera la desinfección; drenaje y eliminación de residuos en vertederos designados para residuos peligrosos. Es posible que se requieran controles de ingeniería adicionales para i) la eliminación avanzada de metales empleando filtros de membrana y otras técnicas de tratamiento físico/químico, ii) la reducción de la toxicidad en los efluentes empleando la tecnología adecuada (como por ejemplo ósmosis inversa, intercambio iónico, carbón activo, etc.), iii) la reducción de TDS en los efluentes empleando la ósmosis inversa o la evaporación y iv) el confinamiento y la neutralización de olores molestos.

<sup>9</sup> De acuerdo con el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se explica la gestión de aguas residuales industriales y se ofrecen ejemplos de enfoques para su tratamiento. Mediante el uso de estas tecnologías y técnicas recomendadas para la gestión de aguas residuales, los establecimientos deberían cumplir con los valores para la descarga de aguas residuales que se indican en el cuadro correspondiente de la Sección 2 del presente documento para la industria del curtido.

### *Otras corrientes de aguas residuales y consumo de agua*

En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se dan orientaciones sobre el manejo de aguas residuales no contaminadas procedentes de operaciones de servicios públicos, aguas pluviales no contaminadas y aguas de alcantarillado. Las corrientes contaminadas deberían desviarse hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales. Las recomendaciones para reducir el consumo de agua, especialmente en aquellos sitios en que pueda ser un recurso natural escaso, se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

### **Emisiones al aire**

Las emisiones al aire de las curtidorías incluyen solventes orgánicos procedentes de las operaciones de curtido y acabado del cuero; sulfuros del tratamiento en la ribera y las aguas residuales; amoníaco de las operaciones de ribera, curtido y poscurtido; polvo/partículas totales de varios procesos; y olores. Se pueden producir emisiones de dióxido de sulfuro durante el blanqueado, las operaciones de poscurtido o el descalcado con CO<sub>2</sub>, aunque no suelen ser una fuente importante de emisiones.



### *Solventes orgánicos*

Se utilizan solventes orgánicos en los procesos de desengrasado y acabado. Las emisiones de solventes orgánicos no tratados pueden oscilar entre 800 y 3.500 mg/m<sup>3</sup> en los procesos convencionales. Aproximadamente el 50 por ciento de las emisiones de COV proceden de las máquinas pulverizadoras de acabado y el otro 50 por ciento de las secadoras. Se pueden emplear compuestos orgánicos clorados que producen emisiones en los procesos de remojado, desengrasado, teñido, engrasado y acabado.

Entre las medidas para prevenir y controlar la contaminación se encuentran las siguientes:

- Considerar el uso de fórmulas acuosas (con pequeñas cantidades de solventes) para el teñido por pulverizado;
- Utilizar técnicas de acabado que ahorren solventes orgánicos como la aplicación con rodillos o cortinas, cuando sea posible (por ejemplo, aplicación de capas gruesas de acabado) y, en cualquier caso, utilizar vaporizadores con economizadores y pistolas de alto volumen/baja presión;
- Prohibir el uso de solventes internacionalmente prohibidos;<sup>10</sup>
- Controlar las emisiones de COV mediante la aplicación de los controles secundarios descritos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Algunos ejemplos de controles específicos para la industria son la depuración con agua (que incluye el uso de un oxidante para oxidar el formaldehído), adsorción con carbón activo, biofiltrado (para eliminar olores), tratamiento criogénico y oxidación catalítica o térmica.

<sup>10</sup> Utilizar como referencia la lista de solventes prohibidos por el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. El calendario para la retirada de solventes concretos puede estar determinado por los reglamentos de cada país.

### *Sulfuros*

Los sulfuros se utilizan en el proceso de depilado. Puede liberarse sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) al acidificar los licores sulfurosos o durante las operaciones normales (por ejemplo, apertura de bombos durante el proceso de desencalado, operaciones de limpieza / remoción de fangos en las tinas y las canaletas, y bombeo de grandes cantidades de licores ácidos o cromados en contenedores con soluciones de sulfuro de sodio). El H<sub>2</sub>S es irritante y asfixiante.

Las medidas de prevención y control de las emisiones de azufre incluyen las siguientes:

- Mantener un pH básico por encima de 10 en los tanques de equalización y oxidación del azufre;
- Prevenir las condiciones anaeróbicas en los licores y los fangos sulfurosos;
- Agregar sulfato de manganeso al efluente tratado, cuando sea necesario, para facilitar la oxidación de los sulfuros;
- Cuando se pueda formar H<sub>2</sub>S, utilizar una ventilación adecuada para capturar las emisiones, además de un tratamiento de depuración con agua o biofiltrado (especialmente en las unidades de tratamiento de aguas residuales).

### *Amoníaco*

Algunos de los procesos de ribera pueden generar amoníaco (por ejemplo, desencalado y depilado, y durante el secado si se emplea para facilitar la penetración de colorantes). La prevención y el control de las emisiones de amoníaco se pueden lograr mediante una ventilación adecuada, además de la depuración con una solución ácida.

### Polvo

Varias operaciones pueden generar polvo/partículas totales (por ejemplo, almacenamiento y manejo de productos químicos en polvo, rebajado en seco, descarnadura, desempolvado a máquina, batanado y apilamiento). Las emisiones de polvo deben controlarse mediante un sistema centralizado y el empleo de ciclones, depuradores y/o bolsas de filtrado, cuando sea necesario.

### Olores

Pueden surgir olores procedentes de los cueros frescos y las pieles, la putrefacción y sustancias como sulfuros, mercaptanos y solventes orgánicos. Entre las medidas para prevenir y controlar las emisiones de olores se encuentran:

- Curar inmediatamente los cueros frescos;
- Reducir el tiempo que permanecen los fangos en el tanque de sedimentación, desecar el lodo sedimentado mediante centrifugado o filtrado de presión, y secar el fango resultante. El lodo que contiene menos de 30 por ciento de materia sólida puede generar olores especialmente fuertes;
- Ventilar las áreas de la curtiduría y controlar el escape de las zonas con olores (por ejemplo, donde se espesa y deseca el lodo de las aguas residuales) mediante biofiltrado y/o depurado con ácido, alcalinos u oxidantes.

### Residuos sólidos

Los residuos sólidos incluyen la sal del desempolvado y el recortado de las pieles y cueros frescos; el pelo procedente del proceso de encalado y pelambre, que puede contener cal y sulfuros; y el descarnado de pieles y cueros frescos. Otros residuos sólidos incluyen la raspadura de wet blue, que contiene óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ); los recortes de wet blue,

procedente de los procesos de acabado y que contiene óxido de cromo, sintanes y colorantes; y el polvo del desempolvado a máquina que también contiene óxido de cromo, sintanes y colorantes. Las características reductoras del fango de la curtiduría estabilizan el Cr(III) con respecto al Cr(VI), debido a la presencia de materia orgánica y sulfuros.

Las medidas de prevención y control de los residuos sólidos incluyen lo siguiente:

- Reducir el uso de agentes en el proceso (especialmente precipitantes en el tratamiento de las aguas residuales) en la medida en que sea práctico;
- Segregar las diferentes partes de desecho/residuo para facilitar su recuperación y reutilización (por ejemplo, para fabricar juguetes y comida para mascotas, paneles de cuero);
- Reciclar el fango para compost/acondicionador del suelo o para generar energía mediante digestiones anaeróbicas. El sedimento del proceso puede emplearse para abonos/agricultura una vez que se haya examinado adecuadamente su posible contaminación e impacto sobre el suelo y las aguas superficiales;<sup>11</sup>
- Deshacerse de los residuos y el fango no recuperables ni reciclables con métodos apropiados, dependiendo del nivel de peligrosidad de los desechos, como se explica en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Se debe hacer referencia a los requisitos de cada país sobre los límites de sustancias peligrosas en los sedimentos agrícolas.

<sup>12</sup> La incineración se debe realizar únicamente de acuerdo con las buenas prácticas de la industria para temperatura, tiempo de residencia y otras condiciones necesarias para evitar emisiones de sustancias tóxicas (por ejemplo, cromo (VI), dioxinas / furanos).

## Materiales peligrosos

Los procesos de curtido y acabado del cuero conllevan el uso de varias sustancias químicas peligrosas. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad ofrecen orientación sobre la gestión de materiales peligrosos, lo que incluye su manejo, almacenamiento y transporte.

### 1.2 Higiene y seguridad ocupacional

Las cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional asociadas con la construcción y el desmantelamiento de centros de curtido y acabado del cuero coinciden con las de la mayoría de las instalaciones industriales y son tratadas en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Las cuestiones sobre higiene y seguridad en el trabajo relacionadas específicamente con las operaciones de las instalaciones de curtido y acabado del cuero incluyen principalmente lo siguiente:

- Exposición a sustancias químicas;
- Exposición a riesgos de origen biológico.

### Riesgos de origen químico

Los trabajadores de las curtidurías pueden estar expuestos a riesgos de origen químico durante la carga, la descarga, el manejo y la mezcla de sustancias químicas; durante el lavado y el desecho de recipientes químicos; y durante el manejo y el desecho de residuos y efluentes químicos. Las sustancias químicas peligrosas deben manejarse de acuerdo con las directrices de las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Otras recomendaciones aplicables a los centros de curtido y acabado del cuero incluyen las siguientes:

- Reemplazar los compuestos químicos basados en solventes orgánicos por compuestos acuosos en los procesos de desengrasado y acabado;
- Limitar la exposición a sustancias químicas peligrosas promoviendo procedimientos de gestión de estos productos, y dosificando o transfiriendo estas sustancias en sistemas automatizados y total o parcialmente cerrados;
- Implementar procedimientos y controles de manejo del vaciado de los baños en las molinetas y los bombos;
- Utilizar equipamiento y técnicas (por ejemplo, impregnación por rodillo) para minimizar la contaminación del aire interior (por ejemplo, durante el pulverizado y la aplicación general de tratamientos de acabado);
- Utilizar sistemas de extracción del aire y ventilación en áreas/máquinas para el rebajado en seco, el desempolvado, el pulverizado y el pesado (por ejemplo, de productos químicos);
- Usar equipo de protección personal (por ejemplo, guantes, gafas, botas, delantales, mascarillas, capuchas y respiradores), especialmente en las zonas de ribera de la curtiduría. Se deben usar respiradores/mascarillas con filtros de partículas y gafas para el manejo de compuestos químicos líquidos y en polvo.

### *Almacenamiento y manipulación de sustancias químicas*

Además de las medidas para la gestión de materiales peligrosos que se explican en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, se deben emplear las siguientes medidas en los centros de curtido y acabado del cuero:

- Se deben segregar las sustancias químicas que puedan reaccionar entre ellas. En concreto, los ácidos y el sulfuro

- de sodio deben almacenarse por separado, al igual que las sustancias alcalinas y las sales de amonio, con el fin de evitar su mezcla accidental y un escape de gases peligrosos (por ejemplo, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>);
- Las tuberías, las válvulas y otros equipos deben diseñarse de manera que se prevenga la adición o la mezcla incorrectas de sustancias químicas incompatibles (por ejemplo, de una cisterna a un tanque de almacenamiento equivocado, particularmente ácido en una solución sulfurosa);
  - Los pequeños recipientes (por ejemplo, con colorantes y muestras de engrasantes) deben almacenarse con cuidado en soportes y estantes. Los recipientes más pesados (especialmente los que contengan sustancias líquidas, como ácidos) deben almacenarse en palés de madera o plástico al nivel del suelo;
  - Los productos químicos deben distribuirse desde un corredor situado en la ribera y los bombos de curtido/poscurtido. El corredor debe estar equipado con tanques adaptados conectados al eje del bombo.

### Riesgos de origen biológico

Los trabajadores pueden estar expuestos a agentes portadores de enfermedades como bacterias, hongos, ácaros y parásitos que pueden aparecer en las pieles o durante el proceso de fabricación. Las medidas de gestión que pueden adoptarse para evitar las repercusiones negativas de la exposición de los trabajadores a los riesgos de origen biológico incluyen lo siguiente:

- Informar a los trabajadores de los posibles riesgos asociados con la exposición a agentes biológicos y ofrecer formación para el reconocimiento y la mitigación de dichos riesgos;

- Suministrar equipo de protección personal para reducir el contacto con materiales que puedan contener patógenos;
- Garantizar que los que hayan desarrollado reacciones alérgicas a agentes biológicos no trabajen con estas sustancias.

Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen orientaciones adicionales sobre la prevención y el control de riesgos de origen biológico.

### 1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los impactos en la higiene y la seguridad durante las operaciones de curtido y acabado del cuero son comunes a los de la mayoría de las instalaciones industriales y se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Estos impactos incluyen, entre otros, la seguridad en el traslado de materiales peligrosos, desde la entrega de materias primas al transporte de productos acabados.

Aunque los olores procedentes del curtido del cuero no son generalmente peligrosos, puede convertirse en una molestia para la comunidad que rodea las instalaciones. Además de las medidas de prevención y control de las emisiones de olores antes descritas. Los proyectos de acondicionamiento deben tener en cuenta la ubicación y la distancia de la instalación propuesta con respecto a las zonas residenciales y otras áreas comunitarias.

## 2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

### 2.1 Medio ambiente

#### Guía sobre emisiones y efluentes

En el Cuadro 1 se presentan las guías sobre efluentes para este sector. Las cantidades correspondientes a las emisiones y efluentes de los procesos industriales en este sector son indicativas de las prácticas internacionales recomendadas para la industria, reflejadas en las normas correspondientes de los países que cuentan con marcos normativos reconocidos. Dichas cantidades pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas y utilizadas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento. Estos niveles se deben lograr, sin dilución, al menos el 95 por ciento del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

Las guías sobre emisiones procedentes de la combustión relacionadas con centrales de generación de vapor y energía a partir de fuentes con una capacidad igual o inferior a 50 MW se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, y las guías sobre emisiones procedentes de centrales de mayor capacidad se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad para centrales térmicas. En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se proporciona orientación acerca de consideraciones ambientales basadas en la carga total de emisiones.

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recogida de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

**Cuadro 1. Niveles de efluentes para el curtido y el acabado del cuero**

Contaminantes	Unidades	Valor de referencia
pH	S.U.	6-9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	50
DQO	mg/L	250
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50
Sulfuro	mg/L	1,0
Cromo (hexavalente)	mg/L	0,1
Cromo (total)	mg/L	0,5
Cloro	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	300
Amoníaco	mg/L	10
Aceite y grasa	mg/L	10
Nitrógeno total	mg/L	10
Fósforo total	mg/L	2
Fenoles	mg/L	0,5
Bacteria coliforme total	CMP <sup>a</sup> / 100 ml	400
Aumento de temperatura	°C	<3 <sup>b</sup>
<b>Notes:</b> a CMP = Cifra más probable b Al borde de una zona de mezcla científicamente establecida que toma en cuenta la calidad del agua ambiente, el uso del agua receptora, los receptores potenciales y la capacidades de asimilación.		



## Cuadro 2. Niveles de emisiones al aire para el acabado del cuero

Contaminantes	(kg de CPA emitidos por cada 100 m <sup>2</sup> de cuero procesado)
Cuero de marroquinería (≥ 4 gramos de aditivo/pie <sup>2</sup> )	1,3 / 0,2
Cuero de marroquinería (< 4 gramos de aditivo/pie <sup>2</sup> )	3,3 / 1,2
Cuero resistente al agua/especial	2,7 / 2,4
Cuero no resistente al agua	1,8 / 1,1

Fuente: Contaminantes peligrosos de la atmósfera (CPA) conforme a United States 40 CFR, Part 63, Subpart TTTT.

## Uso de los recursos

En los siguientes cuadros 2 a 7 se proporcionan ejemplos de indicadores específicos para el consumo de recursos y la generación de residuos en este sector. Los valores de referencia de la industria se consignan únicamente con fines comparativos, y cada proyecto debería tener como objetivo lograr mejoras en estas áreas.

## Cuadro 3. Cargas de efluentes de los procesos de curtiduría<sup>abc</sup>

Valores por tonelada de pieles frescas	Agua (m <sup>3</sup> /t)	DQO (kg/t)	DBO <sub>5</sub> (kg/t)	SS (kg/t)	Cr(III) (kg/t)	Sulfuros (kg/t)
Procesamiento de piel bovina salada <sup>d</sup>	12–50	145–230	48–86	85–155	3–7	2–9
Piel de cerdo	32–69	140–320	52–115	70–135	3–6	3–7
Piel de oveja (en salmuera)	110–265	330–1005	135–397	175–352	9–15	6–20
Piel de oveja con lana	360	780	220	195	20	—

Notas:  
<sup>a</sup> Cargas habituales de contaminantes en condiciones de buenas prácticas. Incluyen la contaminación generada en la ribera, las operaciones de curtido y las operaciones de poscurtido, teñido y acabado.  
<sup>b</sup> Todos los valores indicados están asociados con el procesamiento en condiciones de buenas prácticas. La IUE señala que los márgenes indican las variaciones en las materias primas y los procesos.  
<sup>c</sup> La IUE tiene en cuenta la importancia creciente de la conservación del agua y señala que esta práctica produce un mayor nivel de contaminación en términos de concentración. Por este motivo, la comisión de la IUE ha solicitado a los organismos reguladores que limiten los vertidos en términos de masa en lugar de concentración.  
<sup>d</sup> Las pieles de cabra generan cargas similares que las de oveja.  
 Fuentes: IUE (2004); EC IPPC (2001)





**Cuadro 4. Cargas de efluentes de los procesos de curtiduría<sup>abc</sup> (continuación)**

Valores por tonelada de pieles frescas	NTK (kg/t)	Cloros (kg/t)	SO <sub>4</sub> (kg/t)	Aceite/grasa (kg/t)	STD (kg/t)
Procesamiento de piel bovina salada <sup>d</sup>	10–17	145–220	45–110	9–18	300–520
Piel de cerdo	12–20	80–240	40–100	34–71	180–500
Piel de oveja (en salmuera)	21–44	210–640	45–110	40–150	—
Piel de oveja con lana	21	910	—	40–150	1520

Notas:  
<sup>a</sup> Cargas habituales de contaminantes en condiciones de buenas prácticas. Incluyen la contaminación generada en la ribera, las operaciones de curtido y las operaciones de poscurtido, teñido y acabado.  
<sup>b</sup> Todos los valores indicados están asociados con el procesamiento en condiciones de buenas prácticas. La IUE señala que los márgenes indican las variaciones en las materias primas y los procesos.  
<sup>c</sup> La IUE tiene en cuenta la importancia creciente de la conservación del agua y señala que esta práctica produce un mayor nivel de contaminación en términos de concentración. Por este motivo, la comisión de la IUE ha solicitado a los organismos reguladores que limiten los vertidos en términos de masa en lugar de concentración.  
<sup>d</sup> Las pieles de cabra generan cargas similares que las de oveja.  
 Fuentes: IUE (2004); EC IPPC (2001)

**Cuadro 5. Generación de sedimento en el tratamiento de las aguas residuales de una curtiduría**

Parámetros	Producción de fango kg F/tonelada de pieles
Fango (total)	200 <sup>a</sup>
Tratamiento primario	
Mezclado + Sedimentación	80
Mezclado + Tratamiento químico + Sedimentación	150–200
Mezclado + Tratamiento químico + Flotado	150–200
Tratamiento biológico	
Primario o químico + aireación extendida	70–150 <sup>b</sup>
Primario o químico + aireación extendida con nitrificación y desnitrificación	130–150 <sup>b</sup>
Primario o químico + aireación alternativa en laguna	100–140
Tratamiento anaeróbico (laguna o UASB) <sup>c</sup>	60–100
Biorreactor de membrana (MBR)	d

Notas:  
<sup>a</sup> 500 kg (aprox. 40 por ciento de materia seca)  
<sup>b</sup> Sin tratamiento químico  
<sup>c</sup> Mezclado con 75 por ciento del alcantarillado doméstico, UASB = sistema anaerobio de flujo ascendente (upflow anaerobic sludge blanket)  
<sup>d</sup> Aproximadamente el 7% del DQO metabolizado se incorpora al excedente de producción de lodo, en comparación con el 30-50% en un sistema convencional de activación de lodo  
 Fuente: IUE (2004), EC IPPC (2001)

**Cuadro 6. Generación de residuos sólidos**

Residuos por unidad de producto	Unidad	Valor de referencia de la industria
Residuos sólidos (Peligrosos / no peligrosos) (pieles bovinas saladas, curtido tradicional con cromo)	kg/tonelada	450–730
Emisiones al aire (solventes orgánicos) (pieles bovinas saladas, curtido tradicional con cromo)	kg/tonelada	Aprox. 40

Fuente: EC IPPC (2001)

**Cuadro 7. Consumo de recursos y energía**

Consumo por unidad de producto	Unidad	Valor de referencia de la industria
<b>Energía/combustible</b> Consumo de energía por unidad de producción (pieles bovinas saladas, curtido tradicional con cromo)	GJ/tonelada	9,3-42
<b>Materiales</b> Consumo de sustancias químicas (pieles bovinas saladas, curtido tradicional con cromo)	kg/tonelada	Aprox. 500
Source: EC IPPC (2001)		

### Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

## 2.2 Higiene y seguridad ocupacional

### Guía sobre higiene y seguridad ocupacional

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre la materia que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)<sup>13</sup>, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)<sup>14</sup>, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)<sup>15</sup>, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea<sup>16</sup> u otras fuentes similares.

### Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas

<sup>13</sup> Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>.

<sup>14</sup> Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

<sup>15</sup> Disponibles en: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadispl.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadispl.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992).

<sup>16</sup> Disponibles en: [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/).

Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)<sup>17</sup>.

## **Seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional**

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados<sup>18</sup> como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

<sup>17</sup> Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

<sup>18</sup> Los profesionales acreditados pueden incluir a higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

### 3.0 Referencias

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 1997. AP-42 Emission Factors. Leather Tanning. Sección 9.15. Washington, DC: US EPA.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Effluent Limitations Guidelines, Leather Tanning and Finishing Point Source Category. 40 CFR Part 425. Washington, DC: US EPA.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 2002 National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Leather Finishing Operations; Final Rule. 40 CFR Part 63, Subpart TTTT. Febrero de 2002. Washington, DC: US EPA.

COTANCE (Confederación de Asociaciones Nacionales de Curtidores de la Unión Europea). 2002. The European Tanning Industry Sustainability Review. Bruselas, Bélgica: COTANCE.

Comisión Europea. Dirección General del Centro Común de Investigación. Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). 2001. Documento de referencia de las mejores técnicas disponibles para la industria del curtido de pieles. BREF. Mayo. Sevilla, España: IPPC.

Comisión de Medio ambiente (IUE) de la Unión Internacional de Sociedades de Químicos y Técnicos del Cuero (IULTCS). 2004. Technical Guidelines for Environmental Protection Aspects for the World Leather Industry. Pembroke, UK: IULTCS. Disponible en <http://www.iultcs.org/environment.asp>.

Departamento de Trabajo de Estados Unidos (US Department of Labor), Bureau of Labor Statistics. 1995–2003. Leather Tanning and Finishing, Occupational Injuries and Illnesses: Industry Data, Years 1995–2003. Washington, DC: US Department of Labor.

Environment Australia. 1999. National Pollutant Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Leather Tanning and Finishing. Canberra, Australia:

Japan International Center for Occupational Safety and Health (JICOSH). 2001–02. Accident Frequency Rates and Severity Rates by Industry. Tokio, Japón: JICOSH.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Dirección de Medio ambiente. 2004. Emission Scenario Document on Leather Processing. ENV/JM/MONO(2004)13. París, Francia: OECD.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). 2000. Pollutants in Tannery Effluents. Regional Program for Pollution Control in the Tanning Industry in South-East Asia. Elaborado por M. Bosnic, J. Buljan y R.P. Daniels. US/RAS/92/120.: UNIDO.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). 2000. Occupational Safety and Health Aspects of Leather Manufacture – Guidelines and Recommendations for Managers and Supervisors of Tanneries and Effluent Treatment Plants. Elaborado por J. Buljan, A. Sahasranaman y J. Hannak. India: RePO-UNIDO and Council for Leather Exports (CLE).

## **Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria**

En los centros de curtido y acabado del cuero se convierten generalmente el cuero fresco y las pieles en cuero, que posteriormente se acaba y utiliza para fabricar toda una serie de productos. El curtido es el proceso empleado para estabilizar el cuero fresco o las pieles y convertirlas en cuero, un producto no putrescible.

Esta guía se centra en el procesamiento de las pieles bovinas y ovinas. En general, los procesos de producción en una tenería pueden dividirse en cuatro etapas principales que incluyen el almacenamiento de las pieles y las operaciones relacionadas con la tenería: curtido, recurtido y acabado.

### **Prealmacenamiento/almacenamiento de cuero fresco y pieles y operaciones de ribera**

Los cueros frescos y las pieles se obtienen normalmente de los mercados de cuero y pieles, o directamente de los mataderos, y se suministran a las curtidurías o peleterías (centros de tratamiento de pieles y cueros, principalmente pieles de oveja, antes del curtido). Cuando es necesario, el curado del cuero y las pieles se suele realizar antes de su transporte a la curtiduría/peletería, para prevenir la putrefacción. En la curtiduría/peletería se realiza la selección preliminar, el recortado, el curado y el almacenamiento de los cueros y las pieles.

#### *Selección y recortado*

La selección de los cueros y las pieles se realiza en función de los diferentes niveles de tamaño, peso, calidad y el sexo del animal. El recorte se realiza generalmente durante el proceso de selección.

#### *Curado y almacenamiento*

Normalmente, cuando el cuero fresco y las pieles no se pueden procesar inmediatamente, se curan para prevenir la putrefacción. Entre los métodos de curado para la preservación a largo plazo (hasta seis meses) se encuentran el salado, la salmuera, el secado (a la sombra) o el salado seco. La preservación a corto plazo (normalmente dos a cinco días) se logra mediante el enfriamiento con hielo picado o la conservación en frío, además de biocidas / antisépticos / fungicidas (e.g. 2-[metiltio tiocianato]-1,3-benzotiazol conocido como TCMTB, isotiazolones, dimetil ditiocarbamato de potasio, clorito de sodio, cloruro de benzalconio, fluoruro de sodio y ácido bórico). Algunos de estos agentes también se utilizan durante el remojo, el piquelado y la preservación wet blue.

Aunque el curado suele realizarse en el matadero o en el mercado de cueros frescos, se puede repetir el proceso en la curtiduría para un almacenamiento más largo y eficiente. Los cueros frescos y las pieles se almacenan generalmente en palés dentro de zonas ventiladas o enfriadas con aire acondicionado. Desde el almacén, los cueros frescos y las pieles se llevan a la tenería. Entre los procesos que se realizan normalmente en la ribera de una curtiduría están el remojo, el depilado, el encalado y el descarnado, mientras que las peleterías llevan normalmente a cabo los mismos procesos específicamente para las pieles ovinas.

#### *Remojado*

El remojo sirve para que los cueros frescos y las pieles reabsorban el agua perdida después del desuello, así como para limpiar y eliminar la materia interfibrilar. El remojo suele realizarse en recipientes de procesamiento (por ejemplo, mezcladores, bombos, tinas o canaletas) en dos fases: un

remojado en sucio para la eliminación de la sal y la suciedad, y un remojo principal. El líquido de remojo se suele cambiar cada ocho horas para prevenir el desarrollo de bacterias. Los aditivos para el remojo incluyen tensoactivos, preparados enzimáticos, bactericidas y productos alcalinos.

### *Depilado y encalado de cueros frescos bovinos*

El depilado y el encalado de los cueros frescos se realizan para eliminar el pelo, los componentes interfibrilares y la epidermis, y abrir la estructura fibrosa. Estos procesos se llevan a cabo en recipientes (por ejemplo, bombos, molinetas, mezcladores o tinas). El depilado conlleva el uso de tratamientos químicos y no químicos, con o sin destrucción de pelo. Para la eliminación de la materia queratinosa (por ejemplo, pelo, raíces y epidermis) y la grasa de la piel se utilizan sulfuros ( $\text{NaHS}$  o  $\text{Na}_2\text{S}$ ) y tratamiento con cal. El tratamiento con componentes orgánicos como los mercaptanos o el tioglicolato de sodio, en combinación con fuertes componentes alcalinos y aminos, es una alternativa al tratamiento sulfuroso. Se pueden agregar preparados enzimáticos para mejorar el depilado. Estos se consideran una tecnología más limpia que el proceso convencional de pelambre-calado.

### *Pintado y encalado de pieles de oveja*

El pintado se utiliza para romper la raíz de la lana dentro de la piel de oveja con el fin de facilitar el arranque de la fibra de lana de la piel. El pintado consiste generalmente en una mezcla muy viscosa de sulfuro de sodio y cal que se aplica a la parte carnosa de la piel mediante una máquina difusora o a mano, y se deja reposar durante varias horas. A continuación se arranca la lana de la piel manualmente o mecánicamente. Una vez arrancada la lana, las pieles se encalan en recipientes de procesamiento de manera similar a los cueros frescos bovinos.

### *Descarnado*

El descarnado es un proceso mecánico para eliminar el exceso de materia orgánica del cuero fresco (por ejemplo, tejido conectivo y grasa). La máquina de descarnado consiste en rodillos y cuchillas rotativas que tratan las pieles. El descarnado de cueros frescos después del remojo se denomina “descarnado en verde”. El descarnado que se realiza después del encalado y el depilado se denomina “descarnado con cal”.

### *Operaciones de tenería*

Las operaciones de tenería transforman las pieles curadas en cuero e incluyen normalmente desencalado, rendido, desengrase, piquelado, precurado, curtido, escurrido/secado, dividido y rebajado. El desencalado, el rendido y el piquelado también pueden realizarse en las peleterías, que venden pieles piqueladas como un producto intermedio.

### *Desencalado*

El desencalado consiste en la eliminación de la cal residual de las pieles y su preparación para el rendido. El proceso convencional conlleva la reducción gradual del pH mediante el lavado y la adición de sustancias químicas desencalantes (por ejemplo, sulfato de amonio  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ , amonio clorhídrico  $[\text{NH}_4\text{Cl}]$ , bisulfuro de sodio  $[\text{NaHSO}_3]$ , entre otros); un aumento de la temperatura y, finalmente, la eliminación de las sustancias químicas residuales y los componentes degradados de la piel.

Los procesos alternativos incluyen el desencalado con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) o el uso de desencalantes libres de amonio (por ejemplo, ácidos débiles o ésteres) que pueden sustituir totalmente o parcialmente las sales de amonio empleadas en el desencalado tradicional. Para las pieles más gruesas se aumenta la temperatura del baño (hasta  $35^\circ\text{C}$ ), se incrementa la duración del proceso y se agregan pequeñas cantidades de

productos auxiliares para el desenchalado. Generalmente, el desenchalado se realiza en recipientes de procesamiento (por ejemplo, bombos, mezcladores o molinetas).

### *Rendido*

El rendido facilita la degradación parcial de las proteínas no colagénicas mediante preparados enzimáticos, y mejora la textura de la piel y la consiguiente suavidad y flexibilidad del cuero. Las proteínas no estructurales (por ejemplo, raíces de pelo y otras materias no deseadas) también se eliminan en esta fase. La cantidad de enzimas empleadas es el principal factor determinante de las características finales del cuero en términos de dureza (por ejemplo, es necesaria una menor concentración enzimática) o suavidad (por ejemplo, mayor concentración enzimática) de los productos acabados.

### *Desengrasado*

El desengrasado elimina el exceso de grasa de las pieles grasientas (por ejemplo, las de oveja o cerdo) para prevenir la formación de jabones de cromo y depósitos de grasas insolubles (la materia blanca grasienta de la superficie del cuero) en una etapa posterior. Es difícil eliminar la grasa de la piel debido a la presencia de ceras y la necesidad de una temperatura superior de fundición. Los tres métodos empleados más habitualmente son el desengrasado en un medio acuoso con tensoactivos no iónicos y desengrasantes; el desengrasado en un medio acuoso con solventes orgánicos, tensoactivos no iónicos y desengrasantes; y el desengrasado en un medio con solventes orgánicos.

Se puede recuperar parcialmente el solvente empleado para el desengrasado (por ejemplo, parafina, *white spirit*, butil oxitol, etil oxitol, TCE, PCE, monoclorobenceno y perclorobenceno),

reciclar las aguas de extracción y recuperar la grasa natural para uso comercial.

### *Piquelado*

El piquelado se realiza para disminuir el pH de la piel antes del curtido mineral y ciertos curtidos orgánicos (por ejemplo, curtido con cromo, curtido con glutardialdehído, curtido vegetal, curtido con resinas y sintético). Es muy frecuente que se realice el curtido en la salmuera. Las pieles piqueladas pueden comercializarse y contienen fungicidas para evitar el desarrollo de mohos durante el almacenamiento. Las salmueras (el licor acuoso en el que se desarrolla el proceso de piquelado) se caracterizan normalmente por una alta concentración de sal, que puede reducirse mediante el uso de ácidos que disminuyen la absorción de agua de las pieles (por ejemplo, ácidos que no aumentan de volumen, ácidos sulfónicos típicamente aromáticos).

### *Precurtido wet-white*

Los procesos de precurtido cambian las características físicas y químicas del cuero y mejoran su calidad, especialmente con respecto a la permeabilidad de la flor y la absorción de cromo, lo que reduce la aportación de cromo. Entre los agentes de precurtido se encuentran las sales de aluminio, el aluminio combinado con poliacrilatos, derivados de glutaraldehído, sintanes (taninos sintéticos obtenidos habitualmente mediante el tratamiento de sustancias aromáticas, como cresoles, fenoles y naftalenos, con formaldehído y ácido sulfúrico), óxido y sales de titanio o sílice coloidal. El circonio es un agente eficaz para la obtención de cuero blanco.

Algunos agentes de precurtido pueden aumentar significativamente la temperatura de encogimiento del colágeno. El cuero precurtido puede dividirse y rebajarse, evitando por lo

tanto las actividades de rebajado con cromo y reduciendo aún más la aportación de cromo necesaria para la producción de cuero. Se pueden combinar ciertas fórmulas de precurtido con agentes sin cromo para producir cuero libre de cromo. Sin embargo, no procede un precurtido libre de cromo cuando se deseen obtener los efectos del curtido con cromo en el producto final o el efecto del precurtido sea una coloración inaceptable para el cuero.

### *Curtido*

El curtido permite la estabilización de la fibra de colágeno mediante una acción de reticulación. El cuero fresco y las pieles curadas son productos intermedios comerciables (wet blue). Los agentes de curtido pueden categorizarse en tres grupos principales: agentes de curtido minerales (cromo); agentes de curtido vegetal; y agentes de curtido alternativos (por ejemplo, sintanes, aldehídos y agentes de curtido oleaginosos). Alrededor del 90 por ciento de las pieles se curten con sales de cromo (en su forma trivalente), especialmente sulfato de cromo (III).

El proceso de curtido vegetal no es una alternativa al proceso de curtido con cromo, ya que los dos procesos producen diferentes resultados. El curtido vegetal produce un cuero relativamente denso de color avellana claro que tiende a oscurecerse con la exposición a la luz natural. El curtido vegetal se emplea frecuentemente para producir suelas, cinturones y otros productos de marroquinería. Sin embargo, a menos que se aplique un tratamiento específico, los cueros con curtido vegetal tienen baja estabilidad hidrotérmica, limitada resistencia al agua y son hidrófilos. La recuperación de baños de curtido vegetal por lo general se realiza utilizando la ultrafiltración.

El curtido con agentes orgánicos, mediante polímeros o polifenoles vegetales condensados con reticuladores

aldehídicos, puede producir un cuero libre de minerales con una elevada estabilidad hidrotérmica, similar a la de la curtiembre con cromo. Sin embargo, el cuero curtido orgánicamente suele estar más condensado (por ejemplo, cuero con intersticios rellenos de material) y ser más hidrófilo que el cuero curtido con cromo. El curtido con semimetales también puede producir cuero libre de cromo, con una estabilidad hidrotérmica igualmente elevada. Este proceso de curtido se lleva a cabo con una combinación de sales metálicas, preferiblemente, aunque no exclusivamente, aluminio (III), y un polifenol vegetal que contiene pirogalol, con frecuencia en forma de taninos hidrolizables.

### *Escurreo y secado*

Después del curtido, se desecan, enjuagan y cuelgan los cueros o se descargan en cajas para proceder a escurrirlos (por ejemplo, para obtener un estado semiseco uniforme, eliminado 50 a 60 por ciento del contenido de agua, necesario para ciertas operaciones de acabado, pasándolos por una máquina escurridora o rodillos de presión) para reducir el contenido de humedad antes de proceder con otras operaciones mecánicas. Se puede realizar un secado (trabajar la flor del cuero húmedo para eliminar el exceso de agua, las arrugas y los granulados, obtener un buen patrón y eliminar las tensiones para que el cuero quede plano) para estirar el cuero.

### *Dividido*

La función de la operación de dividido es cortar las pieles o cueros con un grosor fijado. Si el cuero o la piel es suficientemente grueso, con el dividido se puede obtener una parte de napa y otra de descarnado que pueden procesarse para obtener cuero acabado. Aunque el dividido se puede realizar antes del curtido, después del curtido o después del secado, normalmente se realiza después del curtido.



### *Rebajado*

El rebajado sirve para obtener un grosor uniforme en todo el cuero curtido o la corteza del cuero. El rebajado se lleva a cabo cuando no es posible el dividido o cuando hay que realizar pequeños ajustes de grosor.

### **Operaciones de poscurtido**

Las operaciones de poscurtido consisten en el neutralizado y blanqueado, seguidos del recurtido, el teñido y el engrasado. Estos procesos se realizan en la mayoría de los casos en un solo recipiente de procesamiento. También se pueden llevar a cabo operaciones especiales para agregar ciertas propiedades al cuero (por ejemplo, repelencia o resistencia al agua, oleofobia, permeabilidad al gas, retardancia del fuego, resistencia a la abrasión y propiedades antielectroestáticas).

### *Neutralizado*

El neutralizado es el proceso mediante el que se modifica el pH del cuero curtido a un nivel adecuado para el recurtido, blanqueado y engrasado. Para el neutralizado se utilizan alcalinos débiles (por ejemplo, bicarbonato de sodio o de amonio, formiato o acetato). Después del neutralizado se puede secar el cuero para generar un producto comerciable intermedio denominado white crust (costra blanca).

### *Blanqueado*

Las pieles y los cueros con lana y piel curtidos vegetalmente pueden requerir un blanqueado para eliminar las manchas o reducir el color antes del recurtido y el teñido. La difuminación del color del cuero puede lograrse mediante un tratamiento químico (por ejemplo, blanqueadores) o la exposición al sol y la intemperie.

### *Recurtido*

El proceso de recurtido sirve para mejorar las características del cuero y las propiedades de remojado (por ejemplo, la introducción de líquido, como agua, en los cueros frescos y las pieles o el cuero seco) de las pieles, necesarias para facilitar y optimizar el consiguiente proceso de teñido. Se puede emplear toda una variedad de sustancias químicas en el recurtido del cuero, entre ellos extractos vegetales, sintanes, aldehídos, resinas y agentes minerales.

### *Teñido*

El teñido sirve para dar color a los cueros y las pieles. Los productos de teñido habituales incluyen los colorantes ácidos acuosos. Es menos habitual el uso de colorantes básicos o reactivos. Existe una amplia gama de productos de teñido con diferentes características y resistencias físico-químicas (por ejemplo, a la luz, a la migración de PVC, a la perspiración, entre otras).

### *Engrasado*

El engrasado consiste en la lubricación de los cueros para lograr características específicas del producto y restablecer el contenido graso perdido en los procesos anteriores. Los aceites pueden ser de origen animal o vegetal, o pueden ser productos sintéticos basados en aceites minerales. El adobado es una técnica antigua que se empleaba principalmente para el cuero más pesado curtido vegetalmente. Los cueros secos se tratan en un bombo con una mezcla de grasa derretida. Los cueros recurtidos, teñidos y engrasados se acidifican con ácido fórmico para la fijación y suelen lavarse antes del curado para que la grasa pueda pasar de la superficie al interior de la piel.

### *Secado*

El objetivo del secado es secar el cuero a la vez que se optimiza su calidad. Las técnicas de secado incluyen el escurrido, el secado superficial, el centrifugado, el secado a mano, el secado al vacío y el toggling (se seca el cuero sostenidos en tensión en marcos metálicos con ganchos especiales), pasting (método de secado para el cuero superior con flor corregida) y el sobresecado. El escurrido y el secado superficial se emplean para reducir mecánicamente la humedad antes de aplicar otra técnica de secado. Después del secado, el cuero puede denominarse “crust”, que es un producto intermedio comerciable y almacenable.

### **Operaciones de acabado**

Las operaciones de acabado mejoran la apariencia del cuero y ofrecen las características esperadas del producto acabado con respecto al color, el lustre, el tacto, la flexibilidad y la adhesión, así como otras propiedades tales como la flexibilidad, la falta de agrietamiento, la resistencia a la luz y la perspiración, la permeabilidad al vapor, y la resistencia al agua. Las operaciones de acabado pueden dividirse entre procesos mecánicos y aplicación de capas superficiales.

### *Procesos mecánicos de acabado*

Se pueden realizar toda una serie de operaciones mecánicas de acabado para mejorar la apariencia y el tacto del cuero. En la siguiente lista se incluyen las operaciones de acabado utilizadas normalmente, aunque no se trata de una lista exhaustiva y pueden existir otras operaciones para cueros especiales:

- Acondicionado (optimizar el contenido de humedad en los cueros para las operaciones subsiguientes);
- Ablandado (ablandado y estiramiento del cuero);

- Desempolvado / esmerilado (esmerilado de la superficie del cuero y limpieza del polvo resultante);
- Secado (ablandado mecánico);
- Lustrado;
- Impresión / repujado (Imprimir o repujar una forma en el cuero).

Estas operaciones pueden realizarse antes, después o entre la aplicación de capas superficiales.

### *Aplicación de capas superficiales*

Existe una amplia variedad de métodos para la aplicación de capas superficiales, que incluyen:

- Impregnar o aplicar con brocha la mezcla de acabado sobre la superficie del cuero;
- Pulverizar el producto de acabado con aire a presión en cabinas especiales;
- Aplicación con cortina pasando el cuero por una cortina de producto;
- Aplicación con rodillo del producto de acabado;
- Aplicación por transferencia pegando una capa plastificada o metalizada al cuero previamente tratado con un adhesivo.

Los productos de acabado incluyen poliuretanos, acrílicos, silicona, componentes oleaginosos y cerosos.