

ESTRATEGIA PARA LA GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE TENERÍA

Pablo Angel Galindo Llanes*, Mariela Rizo Porro**, Hilda Oquendo Ferrer**, Erenio González Suárez**, Amaury Pérez Martínez*
*Universidad de Camaguey, **UCLV

Se aplicó una metodología para la gestión de calidad y ambiental integrada al análisis de procesos industriales para la prevención de los problemas ambientales en la tenería Abel Santamaría. Se analizó la política ambiental, se evaluó de aceptable el desempeño técnico-económico de la fábrica durante los últimos años y de deficiente el ambiental, por cuanto no realizan acciones directas para disminuir la emisión de contaminantes al medio y la evaluación del impacto ambiental causado por la fábrica, arroja resultados negativos. Se definieron los indicadores fundamentales para el monitoreo del desempeño técnico-económico y ambiental de la fábrica. Como resultado, se propone una modificación a la tecnología basada en la recirculación de licores de pelambre y la oxidación catalítica a los residuales contaminados con iones sulfuro.

Palabras clave: gestión ambiental, gestión de la calidad, análisis de procesos, producción más limpia, P+L, tenería.

The implementation of a methodology for environmental and quality management systems integrated to process analysis for the prevention of environmental problems was applied in Abel Santamaría Tannery. The environmental policy of that industry was analyzed and the qualification of technical and economical development was acceptable. In difference form the environmental one was unacceptable because the residuals are not treated in adequate form causing negative environmental impacts. The environmental indicators for the monitoring it technical, economical and environmental develop were defined. As a result was suggested a technological modification based in the reuse of the liquors employed in the elimination of skin's hairs and catalytic oxidation of sulfurs ions.

Key words: environmental management, quality management, process analysis, cleaner production, P & L, tannery.

Introducción

El desarrollo industrial ha provocado la transformación del medio ambiente en distintas maneras, cambiado así la naturaleza y el grado de los impactos ambientales de las disímiles actividades que se realizan. El agotamiento de recursos naturales, la contaminación de las aguas, del aire y los suelos, son ejemplos típicos actuales. Esas actividades pueden ser acumulativas y sinérgicas en el tiempo.

El divorcio, entre la gestión productiva de la organización y la gestión de protección al medioambiente, trae como consecuencia una repercusión negativa en los órdenes técnico, económico y ambiental, pues la aparición de indisciplinas tecnológicas y consumos innecesarios de materias primas y energía, conllevan a la generación innecesaria de desechos provocados por la actividad industrial provocando daños al entorno.

Es importante señalar que si se concentran las acciones solamente en minimizar la generación de los residuos, el esfuerzo desencadena en la industria modificaciones profundas, que no sólo afectan a la forma de producir, sino que repercuten en la selección de los objetivos sociales, en los procesos de investigación y desarrollo de nuevos productos, en la estrategia comercial, en los esquemas organizativos, y en los sistemas de gestión y control, demostrándose así, el estrecho vínculo entre el enfoque de la gestión de calidad, la ambiental, y el análisis de procesos para lograr un adecuado desempeño global de la industria.

La industria tenera, transformadora de la piel en cuero para diferentes usos, es por naturaleza altamente consumidora de agua y generadora de residuales agresivos al medio, difíciles de tratar de conjunto debido a la variada gama de productos químicos que se utilizan para llevar a cabo esta

transformación. Esta industria tampoco escapa de la tendencia general de centrar los esfuerzos en la gestión productiva en detrimento del medioambiente.

Fundamentación teórica

Hasta el momento se obtienen resultados a partir del análisis de procesos, empleando las técnicas tradicionales de esta disciplina, alcanzando un mayor nivel en la obtención de estrategias óptimas para solucionar los problemas a partir de la introducción de conceptos tales como: la incertidumbre, fiabilidad, sensibilidad, y de herramientas de integración másica y energética obteniéndose resultados importantes en los órdenes técnico y económico. Si además de estas herramientas de análisis de procesos se involucran, de forma ordenada e integrada, las herramientas de gestión empresarial como la gestión de calidad y la ambiental, se alcanzará la síntesis en el análisis de procesos como resultado cualitativamente superior obtenido a través de su carácter transdisciplinario.

Recientemente el perfeccionamiento empresarial ha involucrado como un nuevo subsistema a la gestión ambiental. Una gestión integrada de los procesos empresariales en la organización de los procesos internos de la industria química, basada en el análisis de procesos, permitirá la obtención de información estratégica y organizada para la prevención y solución de la problemática ambiental.

Actualmente el enfoque de la solución de la contaminación industrial, ha estado limitado a solucionar problemas internos para cumplir con normativas ambientales, y no a satisfacer las demandas de un entorno ambientalmente degradado del cual la propia industria forma parte, se beneficia, y a quien debe aportar los elementos necesarios para alcanzar su desarrollo sostenible. Así mismo se hace evidente que al generar alternativas de diferente naturaleza, jerarquizarlas para facilitar la toma de decisiones, y emplear los indicadores definidos para la evaluación y mejora continua del proceso se facilita la aplicación de un sistema integrado de gestión empresarial que busca el incremento global de la eficiencia del sistema en toda su complejidad.

Referido a la aplicación de estrategias ambientales, puede decirse que hasta el momento se

ha llegado al planteamiento, diseño y ejecución de alternativas que solucionan problemas ambientales ya generados condicionando estos la actuación ingenieril. Por otro lado la toma de decisiones para la solución de los mismos ha estado sujeta a criterios técnicos y económicos fundamentalmente, sin involucrar de forma acertada otros criterios como el ambiental. Se hace evidente que la aplicación de estas estrategias ha estado dirigida a la solución, y no a la prevención, y por ende no han estado concebidas como estrategias de análisis de procesos que apoyen el control, la gestión de la calidad y la prevención de la contaminación.

La aplicación de una metodología estratégica, integradora y sistémica que permita realizar el análisis de los procesos industriales, considerando como un sistema integrado los elementos de sistemas de gestión de calidad, ambiental y de análisis de procesos en la solución de los problemas ambientales, sin ir en detrimento de los aspectos técnicos y económicos; así como el diseño, y determinación de indicadores que midan la eficiencia técnica, económica y ambiental en los procesos, para aplicar el necesario enfoque de mejoramiento continuo, permitirá aunar esfuerzos para el desarrollo sostenible de las empresas del sector industrial.

Desde el punto de vista ambiental, la industria tenera se considera como una industria en esencia contaminante, sin embargo, dicha actividad aprovecha la piel, un subproducto de la producción de carne, el que, de no aprovecharse, contribuiría significativamente a la degradación del medio ambiente. No obstante, el proceso de curtición genera una importante carga contaminante, la que tomando las medidas y precauciones necesarias, se puede disminuir sensiblemente, minimizando así el impacto ambiental causado por esta industria.

Los materiales que pueden aparecer en los residuales de tenerías, incluyen, entre otros: pelo, pedazos de piel y carne, sangre, estiércol, sal común, sales de cromo y sulfuros. Los residuales pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos. Esto, conjuntamente con el consumo muchas veces desmedido de agua, hace que los residuales de las tenerías cubanas sean tenidos en cuenta dentro de las prioridades de la Unión de Cuero y Calzado y del MINIL.

Para resolver este problema, las soluciones más sencillas y de menor costo están contempladas dentro de las opciones de producción más limpia de amplia introducción en este sector en otros países. La industria de Tenerife en los últimos años, ha estado inmersa en un proceso de introducción de estas técnicas factibles de introducir en las condiciones de de nuestro país.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación se diseñó una metodología que integró a las técnicas de análisis de procesos las herramientas de gestión de calidad y de gestión ambiental basada en lo planteado por /1-5/, y que está compuesta por las siguientes etapas:

Etapas I: Definición aplicación y revisión de la política ambiental empresarial.

Etapas II: Caracterización del desempeño técnico-económico y ambiental de la industria. Empleando herramientas de análisis de procesos.

Etapas III: Evaluación del desempeño técnico-económico y ambiental de la industria. Determinando los indicadores de desempeño técnico, económico y ambiental

Etapas IV: Generación de alternativas para implementación de opciones que conlleven al mejoramiento del desempeño técnico-económico y ambiental a través de opciones de producción más limpias.

Etapas V: Ejecución de alternativas.

Etapas VI: Monitoreo y control.

Análisis de los resultados

La empresa cuenta con una estrategia ambiental acertada, fundamentada en objetivos y metas a cumplir encaminados a resolver los problemas medioambientales detectados, acorde a la política ambiental trazada por el MINIL, que guía a la organización hacia el monitoreo de la tecnología y las prácticas de gestión apropiadas, todo

ello con el objetivo supremo de dar cumplimiento a la legislación vigente sobre materia de protección al Medioambiente. Sin embargo, no se concretan las acciones planteadas, y sólo se materializan hasta el nivel de proyecto, debido fundamentalmente a factores de índole económico que dificultan las inversiones.

Esta fábrica produce cuero para suela a partir de culata de res, y su proceso de curtición se basa en el empleo de curtientes vegetales con contenido de taninos, su producción se centra en la obtención de culata piquelada.

A partir del análisis del proceso se determinaron los principales factores impactantes al medio y que a continuación se relacionan:

- Lavado de pieles en las etapas de pre-remojo, remojo y pelambre que produce el vertimiento de residuales ricos en proteínas solubles, detergentes iónicos, restos de pieles, cal no disuelta y elevadas concentraciones de iones sulfuro.
- Vertimiento de residuales líquidos en el proceso de curtición con elevadas concentraciones de taninos.
- Vertimiento de residuales líquidos con sales neutras, recurtientes, colorantes y grasas emulsionadas, provenientes de las etapas de recurtido y engrase.
- Consumo de elevados volúmenes de agua en el proceso productivo.

Con el objetivo de caracterizar el desempeño técnico-económico y ambiental de la tenería, se analizó el comportamiento del gasto de materias primas, materiales y agua durante cinco años (2003-2007) teniendo como base las normas de consumo de cada uno de ellos y la producción real de culata piquelada (producto principal) reportada por la industria.

Diariamente se procesan en la fábrica 3000 kg de pieles saladas, que es la cantidad que puede procesarse según su capacidad de producción actual. En la siguiente tabla se muestran las normas de consumo de materias primas y materiales, así como sus costos para producir 1000 kg de culata piquelada.

No.	Materias primas y materiales	U.M	Norma de consumo	Precio por kg	Costo Total \$
1	Piel salada	kg	1282,05	2,12	2717,95
2	Deterpiel PF- 14	kg	8,97	1,61	14,44
3	Sulfuro de Sodio	kg	32,05	0,85	27,24
4	Riversal PLE	kg	12,82	1,55	19,87
5	Hidróxido de calcio	kg	51,28	0,09	4,62
6	Tripsol Doble	kg	3,85	1,06	4,08
7	Sulfato de Amonio	kg	38,46	0,28	10,77
8	Bisulfito de Sodio	kg	6,41	0,77	4,94
9	Cloruro de sodio	kg	76,92	0,05	3,85
10	Acido Fórmico	kg	25,64	13,0	0,78
11	Aseptante WF	kg	2,56	0,78	20,0
12	Celesal CC	kg	12,82	6,77	17,33
13	Retanal BW	kg	64,1	1,71	21,92
14	Agua (m ³)	(m ³)	30,9	0,30	9,27

Al analizar el consumo de materiales en el proceso y sus costos asociados para 1000 kg de culata piquelada producida a través del diagrama de Pareto, puede apreciarse que cerca del 20 % de la frecuencia acumulada se refiere al sulfuro de sodio, por lo que atendiendo a sus propiedades contaminantes y a su influencia en los costos, resulta estratégico que las acciones estén dirigidas al incremento de su aprovechamiento.

Otro aspecto importante resultó el elevado consumo de agua, algo característico en este proceso, y que aunque su costo no es representativo si resulta de gran importancia ambiental. Los valores que a continuación se muestran son resultado de los balances de agua realizados en la etapa de remojo – pelambre. El proceso productivo comienza a partir de la carga de una batea con capacidad de 8 m³ para procesar de una vez 3000 kg de pieles saladas. A continuación se realiza un lavado inicial que se vierte (8m³), se vuelve a llenar de agua y se añaden los productos de la etapa del proceso llamada pelambre que luego del tiempo establecido de rotación es vertido al medio (8m³). Seguidamente se realizan tres

lavados de pelambre que igualmente se drenan (3x8m³)=24m³, para un estimado de 40 m³ de agua empleados en el proceso de apelmbrado. Si se analiza la norma de consumo puede observarse que se emplean aproximadamente 10 m³ de agua en exceso.

Los indicadores técnico-económicos y ambientales se elaboraron a partir de las cantidades de materiales totales, materiales tóxicos, materiales reciclados, y al agua que se consume en todo el proceso productivo atendiendo a las deficiencias detectadas en el proceso productivo.

El sistema de indicadores a emplear por la empresa para el control del proceso y su mejoramiento continuo, debe basarse en la siguiente propuesta, lo cual no excluye que en el tiempo estos puedan ser enriquecidos.

En la siguiente tabla, se muestran el valor de cada indicador definido para las condiciones actuales de la industria sin que haya sido aplicada ninguna opción de producción más limpia. Estos valores son representativos para tenerías con similares características.

Materias primas y materiales	Indicador
Agua (m ³)	m ³ de agua/kg de producto
	0,03
	kg de productos tóxicos/kg de producto
Sulfuro de Sodio	0,032
	kg de desechos sólidos no curtidos/kg de producto
Piel hidratada no curtida	0,005 9
	Consumo de agua en pelambre (m ³)/Consumo total de agua (m ³)
Agua (m ³)	0,552
	Gasto por consumo de materiales en el proceso (\$)/Gasto total por materiales (\$)
Sulfuro de Sodio	0,101 281
Cal	0,162 050

A partir de los resultados expuestos se definieron como problemas estratégicos a resolver la contaminación por iones sulfuros y el excesivo consumo de agua en el proceso productivo. Para lo cual se proyectarán dos alternativas basadas en técnicas de reciclaje interno y eliminación de iones sulfuro por oxidación catalítica.

Valor de los indicadores definidos para las condiciones actuales de la fábrica sin la aplicación de ninguna técnica de PML. Año 2007.

Volumen de producción de 468 993 kg de culata piquelada.

Alternativa: Recirculación de licores de pelambre y oxidación catalítica de iones sulfuro.

A continuación se muestra el diagrama de bloques del proceso productivo de culata piquelada para una mejor comprensión de la alternativa propuesta, que tiene como base la aplicación de modificaciones tecnológicas al proceso industrial y que está prevista dentro de las posibles opciones de producción más limpia.

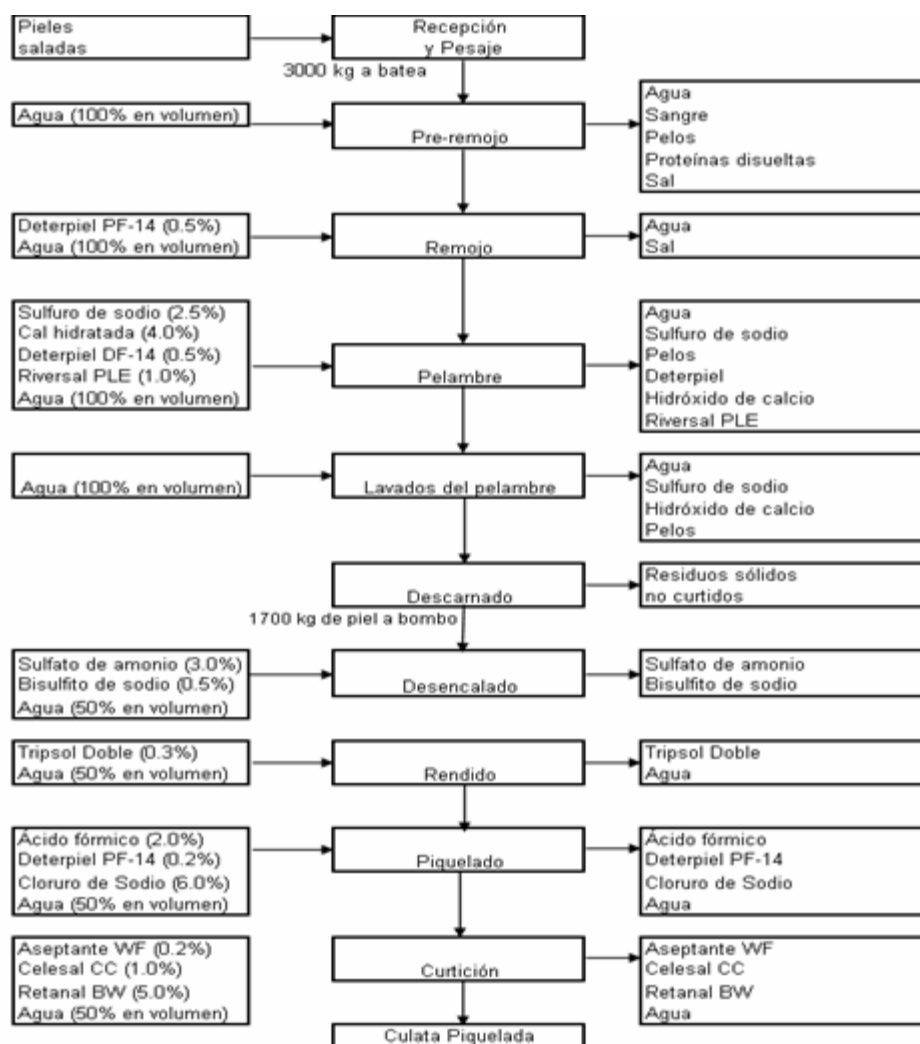


Diagrama de bloques del proceso de producción de culata piquelada.

La alternativa combina la recirculación de los licores de pelambre, y el posteriormente tratamiento de los licores agotados mediante la oxidación catalítica de los iones sulfuros a sulfatos.

En la recirculación se plantea como principal interferencia el incremento de las materias en suspensión que provocan un incremento de la densidad del licor de pelambre, recomendándose instalar un tamiz para la eliminación de la contaminación grosera del residual.

Como resultado fundamental se obtuvo la realización de 8 ciclos de recirculaciones teniendo un efecto económico marcado y una disminución de la contaminación por el vertimiento de los residuales de esta etapa.

En este sistema se requiere crear condiciones en planta. Esto significa instalar un tanque para recolectar y almacenar el residual del pelambre, así como una bomba para transportar el licor almacenado hasta las bateas nuevamente, además de las tuberías o mangueras y las válvulas para el adecuado funcionamiento del sistema.

Se obtiene ahorro de agua, sulfuro de sodio y cal hidratada. Dada la reducción en el drenaje de los baños de pelambre, se puede prever una importante disminución en la carga contaminante de los residuales líquidos de este proceso (S-2, DBO, DQO y SS).

Los residuales líquidos desechados de la

recirculación del pelambre, contienen una buena cantidad de iones S^{2-} . Se propone eliminarlo oxidándolo catalíticamente a sulfato, y para esto se proyecta la construcción de un tanque en el que se verificará la operación.

La operación de oxidación catalítica, se realizará solamente a los residuales líquidos agotados del pelambre más las aguas del primer lavado. Esto representa un volumen de unos 16 m³ con un contenido de sulfuro de entre 1 500 y 6 000 mg/L.

El proceso está basado en suministrar aire al residual de pelambre, mediante un soplador centrífugo de flujo regulable durante 8 h. En el mismo

también se dosifica un agente catalizador (oxidante), en este caso el sulfato de manganeso. Para el desarrollo de este proceso se requieren cantidades entre 16 y 230 mg/L de sulfato de manganeso comercial que equivalen a 3,7 kg a utilizar en cada tratamiento.

La necesidad de aire para el proceso se calcula partiendo del supuesto de que una media de 6 000 mg/L de concentración de iones sulfuro equivalen a 96 kg de S^{2-} . Para oxidar 1 kg de S^{2-} se requieren 4 kg de O_2 . Requiriéndose 384 kg de oxígeno que equivalen a 1 422 m³ de aire. Si se trabaja durante un turno de 8 h se requiere un flujo de aire de aproximadamente 178 m³/h.

Equipo	Costo de adquisición (\$)
tamiz	250,00
Valor estimado de la bomba	3 000,00
Tanque almacenamiento residual	200,00
Reactor de oxidación catalítica	400,00
Soplador	6 000,00
Costo total de adquisición estimado	9 850,00

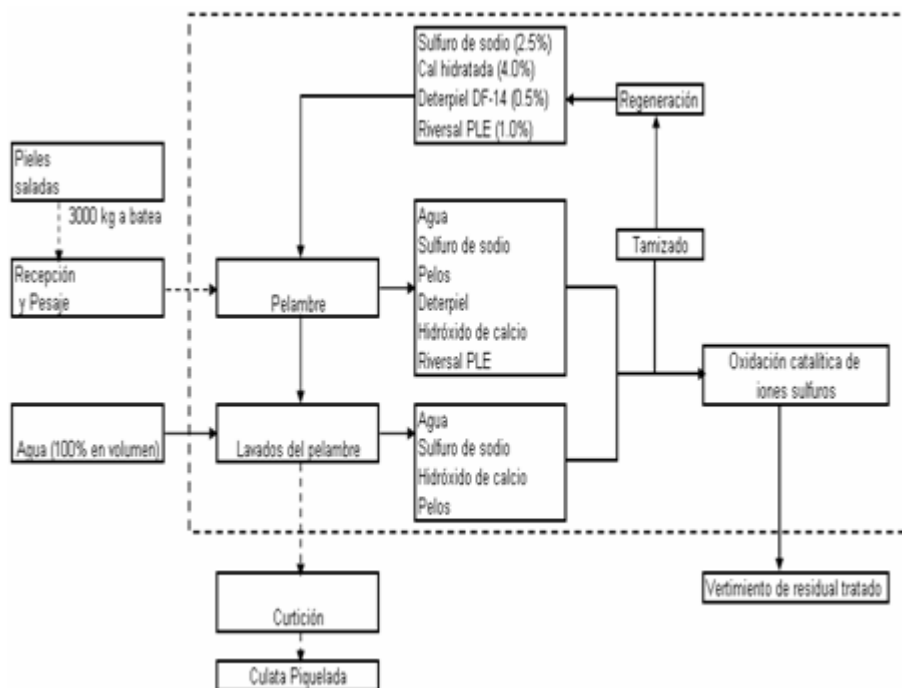


Diagrama 2. De Bloques alternativa 1. Recirculación de licores de pelambre.

Conclusiones

1. El desempeño técnico-económico de la fábrica durante los últimos años, puede catalogarse de aceptable, pues logran obtener beneficios con la venta de sus producciones, y su desempeño ambiental ha sido deficiente por cuanto no realizan acciones directas para disminuir la emisión de contaminantes al medio
2. Se definieron los indicadores fundamentales para el monitoreo del desempeño técnico, económico y ambiental de la fábrica.
3. Se propone como alternativa de solución, una modificación tecnológica al proceso de remojo y pelambre basada en la recirculación de licores de pelambre y la oxidación catalítica a sulfatos, generando la misma un impacto global positivo en el desempeño técnico, económico y ambiental.

Bibliografía

1. Sistemas de Gestión Ambiental, Requisitos con orientación para su uso, [ISO 14001:2004 (Traducción certificada), IDT], NC-ISO 14001:2004, (2004 h).
2. Sistemas de gestión ambiental - directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo, [ISO 14004:2004 (Traducción certificada), IDT], NC-ISO 14004:2004. (2004 i).
3. Cantú Delgado H. Desarrollo de una Cultura de Calidad, 2da ed. México,D.F., McGraw-Hill/Interamericana Editores., 2001.
4. Ley del Medio Ambiente, No. 81. (1997a).
5. CIGEA, La P+L en las políticas y prácticas vigentes en Cuba, La Habana, CITMA - CIGEA 2003 d Contract No., Document Number|.