

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“TÉCNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA
DE CURTIEMBRE”**

GABRIEL ESTEBAN GORDILLO MORENO
CARLOS ENRIQUE TOLEDO DUQUE

Quito, Marzo 2013

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“TÉCNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA
DE CURTIEMBRE”

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingenieros
Ambientales Grado Académico de Tercer Nivel.

GABRIEL ESTEBAN GORDILLO MORENO
CARLOS ENRIQUE TOLEDO DUQUE

Quito, Marzo 2013

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Nosotros, GABRIEL ESTEBAN GORDILLO MORENO y CARLOS ENRIQUE TOLEDO DUQUE en calidad de autores del trabajo de tesis "*TECNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE*", por la presente se autoriza a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 08 de Mayo de 2013



FIRMA

Gabriel E. Gordillo M.

CI. 1717467094



FIRMA

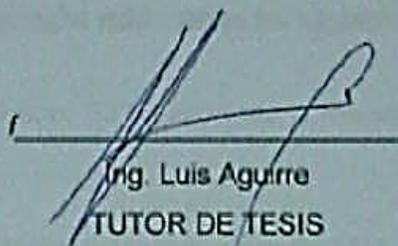
Carlos E. Toledo D.

CI 1717088692

INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor de Grado, presentado por los señores **GABRIEL ESTEBAN GORDILLO MORENO** y **CARLOS ENRIQUE TOLEDO DUQUE** para optar el Título o Grado de **INGENIEROS AMBIENTALES** cuyo título es "Técnicas Ambientales de Producción más Limpia en la Industria de Curtiembre", considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designo

En la ciudad de Quito a los 10 días del mes de mayo del 2013



Ing. Luis Aguirre
TUTOR DE TESIS

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

"TÉCNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE"

El tribunal constituido por:

Ing. Eduardo Espín,

Ing. Fausto Peñafiel

Dr. Carlos Ordoñez.

Luego de recibir la presentación del trabajo de grado previo a la obtención del título de grado de Ingenieros Ambientales elaborada íntegramente por los señores Gabriel Esteban Gordillo Moreno y Carlos Enrique Toledo Duque, con el título de "TÉCNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE"

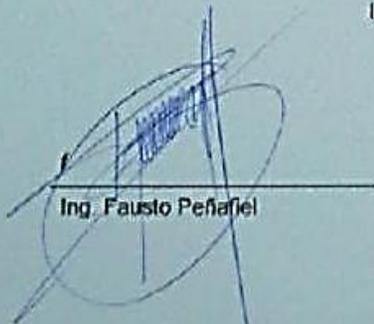
Ha emitido el siguiente veredicto: Se ha aprobado el Proyecto de Tesis para su Defensa Oral.

En la ciudad de Quito a los 09 días del mes de mayo del 2013

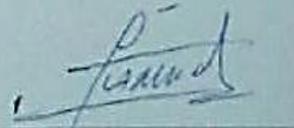
Para constancia de lo actuado



Ing. Eduardo Espín



Ing. Fausto Peñafiel



Dr. Carlos Ordoñez

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental de la Universidad Central, por brindarnos las bases de conocimiento y abrirnos las puertas para una larga estancia durante nuestro paso.

Al Ing. Luis Aguirre, profesor de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, por la tutoría brindada para que el presente proyecto cumpla con los objetivos trazados.

Al Ing. Boroshilov Castro por el soporte técnico brindado para el diseño del sistema hidráulico.

A LABFIGEMPA, a través del Dr. Alfredo Maldonado y al Dr. Gabriel Cevallos, por facilitar las instalaciones, equipos y reactivos necesarios para el desarrollo experimental del proyecto, así como el soporte técnico adecuado.

Al Ing. Fabián Hidalgo, representante legal de Curtiduría “Hidalgo”, por permitir el acceso a sus instalaciones y a la información requerida para el desarrollo del presente proyecto, así como también un agradecimiento especial al Sr. Kléver Aguilar, Jefe de Producción por su asesoría durante la recolección de los datos de campo.

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme criado y formado como persona, y que gracias a su amor y sacrificio diario, he logrado alcanzar el final de otra etapa de mi vida como hombre de bien.

A mi hermana Paulina, ya que sin ella no podría haber continuado mis estudios, gracias por el apoyo en los momentos más críticos.

A mis hermanas Mónica y Patricia, que a su manera particular, continuaron dándome los ánimos para culminar la presente carrera.

A mi esposa Karina, que ha sido mi apoyo constante y que me ha dado fortaleza para seguir adelante en los momentos de frustración.

Una dedicatoria especial a Gabriel, por acompañarme en estos años de carrera y por ser el pilar fundamental en este proceso de graduación que iniciamos juntos.

Carlos,

DEDICATORIA

A mi Dios y a mi Madre Dolorosa, compañeros en este caminar diario para culminar una de mis metas.

A mis padres José y Silvana quienes me han guiado por el camino del bien, brindándome su apoyo, cariño, amor, comprensión, tiempo, paciencia y dedicación, un pequeño regalo para ustedes en retribución al gran esfuerzo realizado las malas noches, los enojos; no habría llegado hasta aquí sin ustedes.

A mi Hermana Andreita quien me demostró que la fortaleza y la convicción te lleva a donde te propones, a mi Ocho mi gordita quien es mi ejemplo de lucha y tenacidad me demostró que las adversidades se pueden vencer y que la vida es un rato y hay que aprovecharla compartiendo sonrisas, me enseñaste a luchar y que el espacio que uno ocupa en la tierra hay que saber ganárselo.

A mi Mami Mariana y a mi Papi Lucho quienes me enseñaron el valor del trabajo, el valor de la vida el valor de la familia.

A mi abuelito Manuel quien supo ayudarme en todo y en cada momento, y a ti mi Inesita aunque no puedas estar presente se que estarías muy orgullosa de mi.

A Carlangas quien a mas de ser un compañero se convirtió en un gran amigo, en mi soporte y en mi consejero.

Y a ti Estefy que estuviste en este largo paso, fuiste mi compañera, amiga y confidente, de ti aprendí muchas cosas de las cuales estaré eternamente agradecido.

A mis Amigos quienes jamás dejaron de confiar en mí brindándome el soporte necesario para concluir este gran paso.

Gabo,



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA EN GEOLOGIA,
MINAS, PETROLEOS Y AMBIENTAL (FIGEMPA)
B I B L I O T E C A

RESUMEN DOCUMENTAL

OBJETIVO GENERAL: Aplicar Técnicas Ambientales de Producción Más Limpia en la Industria de Curtiembre. **PROBLEMA:** El proceso de curtido de piel en el país se desarrolla de manera artesanal, generando problemas ambientales, que incluyen el consumo excesivo del recurso agua y posterior generación de efluentes contaminantes con presencia de sulfuros, sales de cromo, elevados niveles de DQO, DBO, sólidos suspendidos que son descargados al sistema de alcantarillado y conducidos a un cuerpo receptor. **HIPÓTESIS:** Mediante el análisis de insumos y variables del proceso de curtición de cuero permitirá aplicar medidas técnicas y económicamente de producción más limpia en Curtiduría Hidalgo, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Izamba.

Con **MARCO REFERENCIAL:** Curtiduría Hidalgo se encuentra localizada en la calle Augusto Salazar s/n, sector Pisque Bajo, en la parroquia de Izamba, cantón Ambato, provincia Tungurahua. **MARCO TEÓRICO:** generalidades de proceso de curtido, impactos ambientales generales relacionados con el proceso de curtido, producción más limpia, aplicaciones de la producción más limpia, metas, beneficios, barreras y metodología de la producción más limpia. **MARCO METODOLÓGICO:** recuperación de sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire, recuperación de sulfuro transformándolo a Sulfuro, mediante oxidación por burbujeo de aire y adición de cal apagada, recuperación de Sulfuro por precipitación transformándolo en Sulfuro de Hierro III, Recuperación de Cromo mediante precipitación y reacidulación; como **CONCLUSIÓN GENERAL:** Aplicando Técnicas de Producción Más Limpia, los resultados experimentales reflejan que es factible la reutilización de cromo como sulfato básico en el proceso de curtido, permitiendo además obtener agua clarificada la cual puede ser recirculada al proceso productivo, logrando reducir la carga contaminante en las descargas líquidas **RECOMENDACIÓN GENERAL:** La implementación y operación de las técnicas de producción más limpia establecidas en el presente proyecto, deben implementarse paulatinamente a fin de obtener resultados globales para la protección del ambiente, mejoramiento de la imagen competitiva de la empresa (sello verde) e incrementar sus beneficios económicos.

DESCRIPTORES:<CURTIDO> <CROMO> <PELAMBRE> <SULFURO>
<PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA>

CATEGORIAS TEMATICAS:<CP-INGENIERIA AMBIENTAL><CP-PRDUCCIÓN MÁS LIMPIA><CS-RECUPERACIÓN DE SULFUROS><CS-RECUPERACIÓN DE CROMO>



ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. HIPÓTESIS	3
1.4. INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.5. OBJETIVOS	4
1.6. JUSTIFICACIÓN	4
1.7. IMPORTANCIA Y APLICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO DEL PROCESO DE CURTIDO.....	6
2.1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE CURTIDO	6
2.2. IMPACTOS AMBIENTALES GENERALES RELACIONADOS CON EL PROCESO DE CURTIDO	21
CAPÍTULO III	
3. MARCO TEÓRICO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	24
3.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	24
3.2. APLICACIONES.....	25
3.3. METAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	25
3.4. BENEFICIOS	28
3.5. BARRERAS PARA SU APLICACIÓN	28
3.6. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN.....	30

3.7.	MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA APLICABLE AL SECTOR CURTIEMBRE.....	35
3.8.	PROYECTO DEL NUEVO PARQUE INDUSTRIAL PARA LAS INDUSTRIAS DE CURTIEMBRE EN AMBATO.....	45
CAPÍTULO IV		
4.	ANÁLISIS SITUACIONAL DE CURTIDURÍA HIDALGO	46
4.1.	ANTECEDENTES	46
4.2.	UBICACIÓN	46
4.3.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO	47
4.4.	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	51
4.5.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	82
CAPÍTULO V		
5.	PROCESO EXPERIMENTAL	95
5.1.	PROCESO EXPERIMENTAL SELECCIONADO	95
5.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL.....	96
CAPÍTULO VI		
6.	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN CURTIDURÍA HIDALGO	140
6.1.	METAS DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL PROYECTO	140
6.2.	RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN LAS SALES DE CROMO	141
6.3.	REUTILIZACIÓN DE AGUA CLARIFICADA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CROMO.....	150
6.4.	REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE SALES DE CROMO	151
CAPÍTULO VII		
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	156
7.1.	TABLA DE RESULTADOS.....	156

7.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS TÉCNICO – AMBIENTALES	158
7.3.	ECONÓMICOS	159
7.4.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RECOMENDADO	160
CAPÍTULO VIII		
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
8.1.	CONCLUSIONES	164
8.2.	RECOMENDACIONES.....	166
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
9.1.	BIBLIOGRAFÍA	168
9.2.	WEBGRAFÍA.....	169
9.3.	CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. INSUMOS DEL PROCESO DE PELAMBRE-CALERO.....	13
TABLA 2. INSUMOS DEL PROCESO DE DESENCALADO.....	15
TABLA 3. INSUMOS DEL PROCESO DE NEUTRALIZADO.....	19
TABLA 4. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA....	28
TABLA 5. RAZONES POR LAS CUALES NO SE ADOPTA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LOS ESTADOS UNIDOS.....	30
TABLA 6. TABLA DE AGENTES PRECIPITANTES DEL CROMO	38
TABLA 7. COORDENADAS DE UBICACIÓN DE CURTIDURÍA HIDALGO	47
TABLA 8. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DESCARGAS LÍQUIDAS DEL PROCESO DE PELAMBRE....	48
TABLA 9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DESCARGAS LÍQUIDAS DEL PROCESO DE CURTIDO	49
TABLA 10. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DESCARGAS LÍQUIDAS DEL PROCESO DE RECURTIDO	49
TABLA 11. MAQUINARIA UTILIZADA POR LA EMPRESA.....	51
TABLA 12. INSUMOS QUÍMICOS EMPLEADOS EN CURTIDURÍA HIDALGO	58
TABLA 13. ETAPAS Y ACTIVIDADES DE PROCESO PRODUCTIVO DE CURTIDURÍA HIDALGO	82
TABLA 14. COMPONENTES AMBIENTALES.....	83
TABLA 15. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	85
TABLA 16. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	89
TABLA 17. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD DE IMPACTO	90
TABLA 18. IMPACTOS SIGNIFICATIVOS POR COMPONENTE AMBIENTAL.....	92
TABLA 19. IMPACTOS SIGNIFICATIVOS POR ACTIVIDAD	93
TABLA 20. DETERMINACIÓN DE pH IN SITU	99
TABLA 21. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA MUESTRA CRUDA – PELAMBRE.....	100
TABLA 22. RESULTADOS DE SEDIMENTACIÓN.....	102
TABLA 23. CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	103
TABLA 24. CÁLCULO DE COEFICIENTES A Y B	104
TABLA 25. ANÁLISIS DE AGUA DE PELAMBRE TRATADA.....	109
TABLA 26. ANÁLISIS DEL PRECIPITADO	109
TABLA 27. COMPARACIÓN PARÁMETROS ENTRE MUESTRA DE PELAMBRE CRUDA Y MUESTRA TRATADA.....	111

TABLA 28. MUESTRA DE PELAMBRE TRATADA CON CAL	115
TABLA 29. PRECIPITADO DE PELAMBRE	115
TABLA 30. COMPARACIÓN PARÁMETROS ENTRE MUESTRA DE PELAMBRE CRUDA Y MUESTRA TRATADA CON CAL APAGADA	115
TABLA 31. MUESTRA DE PELAMBRE TRATADA CON NITRATO DE HIERRO III.....	119
TABLA 32. DETERMINACIÓN DE pH IN SITU	123
TABLA 33. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA MUESTRA CRUDA – CURTIDO	123
TABLA 34. RESULTADOS DE SEDIMENTACIÓN.....	125
TABLA 35. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN PARA SEDIMENTACIÓN DE AGUA DE CURTIDO.....	126
TABLA 36. VARIACIÓN DE pH CON RESPECTO A LA ADICIÓN DE NAOH.....	130
TABLA 37. CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS.....	131
TABLA 38. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CROMO	139
TABLA 39. RESULTADOS DE OBTENIDOS CON LAS TÉCNICAS PROPUESTAS	148
TABLA 40. PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN: TANQUE DE RECUPERACIÓN DE CROMO	148
TABLA 41. RUBROS DE OPERACIÓN: RECUPERACIÓN DE CROMO	149
TABLA 42. COSTOS DE INSUMOS REQUERIDOS PARA RECUPERACIÓN DE CROMO.....	149
TABLA 43. AHORRO POR RECUPERACIÓN DE CROMO	150
TABLA 44. RESULTADOS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA.....	151
TABLA 45. AHORRO POR REUTILIZACIÓN DE AGUA CLARIFICADA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CROMO	151
TABLA 46. RESULTADOS DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SULFATO BÁSICO DE CROMO...	152
TABLA 47. COSTO ANUAL DE USO DE AGOTADOR DE CROMO	153
TABLA 48. AHORRO ANUAL EN EL CONSUMO DE SULFATO BÁSICO DE CROMO.....	153
TABLA 49. RESULTADOS DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SULFURO DE SODIO.....	154
TABLA 50. COSTO ANUAL DE USO DE ENZIMAS DE PELAMBRE.....	154
TABLA 51. AHORRO ANUAL EN EL CONSUMO DE SULFURO DE SODIO.....	155
TABLA 50. RESULTADOS TÉCNICO – AMBIENTAL	156
TABLA 51. ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE GESTIÓN: SITUACIÓN ACTUAL, MEDIDAS IMPLEMENTADAS Y BENCHMARKING INTERNACIONAL.....	157
TABLA 52. RESULTADOS ECONÓMICOS	158

TABLA 53. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ACCIONES PROPUESTAS – TÉCNICO AMBIENTAL	159
TABLA 54. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ACCIONES PROPUESTAS – ECONÓMICA.....	160

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. ÁREA DE RECEPCIÓN Y SALADO DE PIELES.....	52
FOTOGRAFÍA 2. CANALETAS DE RECOLECCIÓN DEL ÁREA DE RECEPCIÓN	52
FOTOGRAFÍA 3. BOMBOS	52
FOTOGRAFÍA 4. BOMBO DE PRUEBAS	52
FOTOGRAFÍA 5. DESCARNADORA	53
FOTOGRAFÍA 6. DIVIDIDORA	53
FOTOGRAFÍA 7. SECADO AÉREO	53
FOTOGRAFÍA 8. REBAJADORA O RASPADORA.....	54
FOTOGRAFÍA 9. ABLANDADORA	54
FOTOGRAFÍA 10. LIJADORA	54
FOTOGRAFÍA 11. RECTIFICADORA	55
FOTOGRAFÍA 12. ESTACADORA	55
FOTOGRAFÍA 13. ÁREA DE PINTADO (PRIMERA PLANTA)	55
FOTOGRAFÍA 14. PRENSA	56
FOTOGRAFÍA 15. MEDIDORA	56
FOTOGRAFÍA 16. ÁREA DE PINTADO (SEGUNDA PLANTA)	56
FOTOGRAFÍA 17. QUÍMICOS DE LACADO Y PINTADO	56
FOTOGRAFÍA 18. ZARANDA	57
FOTOGRAFÍA 19. COMPRESOR DE AIRE	57
FOTOGRAFÍA 20. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS LÍQUIDOS	58
FOTOGRAFÍA 21. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS SÓLIDOS	58
FOTOGRAFÍA 22. RESERVORIO DE AGUA.....	63
FOTOGRAFÍA 23. CONDUCCIÓN DEL AGUA DE ACEQUIA HACIA EL RESERVORIO	63
FOTOGRAFÍA 24. TANQUE PARA CALENTAR AGUA CON GLP INDUSTRIAL.....	63
FOTOGRAFÍA 25. CALDERO.....	63
FOTOGRAFÍA 26. VESTIDORES	64
FOTOGRAFÍA 27. TOMA DE MUESTRAS DE PELAMBRE.....	98
FOTOGRAFÍA 28. COMPARACIÓN CON LA ESCALA COLORIMÉTRICA.....	98
FOTOGRAFÍA 29. REFRIGERACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	99
FOTOGRAFÍA 30. TRASVASE DE LA MUESTRA	101

FOTOGRAFÍA 31. INICIO DE SEDIMENTACIÓN	101
FOTOGRAFÍA 32. FINAL DE LA SEDIMENTACIÓN	101
FOTOGRAFÍA 10. AIREACIÓN DE LA ALÍCUOTA	107
FOTOGRAFÍA 34. FILTRACIÓN DE LA ALÍCUOTA DE AGUA DE PELAMBRE	108
FOTOGRAFÍA 35. LIMPIEZA DEL FILTRO CON AGUA DESTILADA	108
FOTOGRAFÍA 36. SÓLIDOS RETENIDOS EN EL PAPEL FILTRO	109
FOTOGRAFÍA 37. MEDICIÓN DEL pH IN SITU DE LA MUESTRA FILTRADA	111
FOTOGRAFÍA 38. AIREACIÓN DE LA MUESTRA DE PELAMBRE	113
FOTOGRAFÍA 39. ADICIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO.....	114
FOTOGRAFÍA 40. PRECIPITADO PRESENTE EN LA MUESTRA TRATADA.....	114
FOTOGRAFÍA 41. FILTRACIÓN DE LA MUESTRA DE PELAMBRE TRATADA	115
FOTOGRAFÍA 19. SULFURO DE HIERRO PRECIPITADO	119
FOTOGRAFÍA 43. MEDICIÓN DE PH	122
FOTOGRAFÍA 44. COMPARACIÓN CON LA ESCALA COLORIMÉTRICA.....	122
FOTOGRAFÍA 45. SEDIMENTACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA DE CURTIDO.....	125
FOTOGRAFÍA 46. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE NAOH AL 25% P/V	128
FOTOGRAFÍA 47. EQUIPO ARMADO	129
FOTOGRAFÍA 48. CALENTAMIENTO DE LA MUESTRA 1.....	130
FOTOGRAFÍA 49. VARIACIÓN DE PH EN LA TITULACIÓN DE LA MUESTRA 3.	131
FOTOGRAFÍA 50. MUESTRA 3 PRECIPITADA.	131
FOTOGRAFÍA 51. FILTRACIÓN DE LA MUESTRA 1.	132
FOTOGRAFÍA 52. FILTRADO DE LA MUESTRA 1	133
FOTOGRAFÍA 53. PRECIPITADO MUESTRA 1.....	135
FOTOGRAFÍA 54. COLOCACIÓN DE PRECIPITADO EN VASO DE PRECIPITACIÓN DE 250 mL.....	135
FOTOGRAFÍA 55. SOLUCIÓN DE SULFATO BÁSICO DE CROMO OBTENIDO	136
FOTOGRAFÍA 56. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON LA MUESTRA DE AGUA DE CURTIDO	137

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ENLACES ENTRE SAL DE CROMO Y FIBRAS DE COLÁGENO	17
FIGURA 2. ENLACES ENTRE TANINO VEGETAL Y FIBRAS DE COLÁGENO	17
FIGURA 3. CICLO DE IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	31
FIGURA 4. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	31
FIGURA 5. EVALUACIÓN EN PLANTA	32
FIGURA 6. EVALUACIÓN EN PLANTA	33
FIGURA 7. EVALUACIÓN EN PLANTA	34
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CURTIDURÍA HIDALGO	66
FIGURA 9. BALANCE DE MASA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CURTIDURÍA HIDALGO	76
FIGURA 10. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SULFURO TRANSFORMÁNDOLO A SULFATO, MEDIANTE OXIDACIÓN POR BURBUJEO DE AIRE	97
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SULFURO TRANSFORMÁNDOLO A SULFATO, MEDIANTE OXIDACIÓN POR BURBUJEO DE AIRE Y ADICIÓN DE CAL APAGADA.....	112
FIGURA 12. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SULFURO POR PRECIPITACIÓN, TRANSFORMÁNDOLO EN SULFURO DE HIERRO III.	117
FIGURA 13. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CROMO MEDIANTE PRECIPITACIÓN Y REACIDULACIÓN.....	121
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE Cr^{3+} EN FUNCIÓN DEL pH EN UNA SOLUCIÓN EN EQUILIBRIO CON $Cr(OH)_3$	127
FIGURA 15. BALANCE DE MASA DE PRECIPITACIÓN	133
FIGURA 16. BALANCE DE MASA DE FILTRACIÓN	134
FIGURA 17. BALANCE DE MASA DE FILTRACIÓN	137
FIGURA 18. DISEÑO DE SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CROMO.....	146
FIGURA 19. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO DEL PROCESO RECOMENDADO	162

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. RESULTADOS DE SEDIMENTACIÓN	102
GRÁFICO 2. CURVA LOGARÍTMICA PARA LA SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS DE PELAMBRE ...	105
GRÁFICO 3. CURVA LOGARÍTMICA PARA LA SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS DE CURTIDO	126

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. CAPAS DE LA PIEL	7
ILUSTRACIÓN 2. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN CURTIDURÍA HIDALGO	10
ILUSTRACIÓN 3. MAPA DE UBICACIÓN DE CURTIDURÍA HIDALGO.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Glosario de Términos

Anexo B: Plano de Instalaciones

Anexo C Matrices de evaluación de impactos ambientales

Anexo D: Análisis de Descarga del Proceso de Teñido y Recurtido 10/07/2012

Anexo E: Análisis de Descarga del Proceso de Pelambre 10/07/2012

Anexo F: Análisis Muestra Cruda de Pelambre 06/07/2012

Anexo G: Análisis Muestra Cruda de Pelambre 13/09/2012

Anexo H: Análisis Muestra Cruda de Curtido 14/09/2012

Anexo I: Análisis Muestra Tratada de Pelambre 14/09/2012

Anexo J: Análisis Muestra Tratada de Curtido 21/09/2012

Anexo K: Análisis Muestra Tratada de Pelambre con Cal 12/10/2012

Anexo L: Análisis Muestra de Pelambre Cruda y Tratada con Nitrato de Hierro III
22/11/2012

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
“TÉCNICAS AMBIENTALES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA
DE CURTIEMBRE”

Autores: Gabriel Gordillo

Carlos Toledo

Tutor: Ing. Luis Aguirre

Fecha: Marzo, 2013.

RESUMEN

Las Técnicas Ambientales de Producción más Limpia aplicables a Curtiduría Hidalgo, se enfocaron en la reducción de la contaminación del agua a través de un proceso de recuperación de cromo del baño agotado de curtido, mediante precipitación con hidróxido de sodio, que permitió alcanzar una remoción del 99.97% de cromo presente en el agua residual, facilitando su reutilización a través de la redisolución del precipitado empleando ácido sulfúrico para obtener sulfato básico de cromo, recuperándose además el 40% de agua clarificada útil para ser reutilizada en el proceso productivo. En lo que se refiere al control de olores se llevó a cabo la oxidación del sulfuro del baño agotado de pelambre obteniendo sulfato con una reducción del 64% de sulfuro; y como medida alternativa se optó por la precipitación de sulfuro mediante la adición de nitrato de hierro III con una remoción del 95.7%. Adicionalmente se establecieron medidas alternativas para reducir el 7.14% en el consumo de cromo y de 19% en el consumo de sulfuro en las etapas de curtido y pelambre respectivamente. Con estas medidas se pretende disminuir considerablemente la contaminación producida por la curtiembre, generando además ahorros a la industria.

Palabras Clave: Curtido, Cromo, Pelambre, Sulfuro, Producción Más Limpia.

“CLEANER PRODUCTION ENVIRONMENTAL TECHNIQUES TO TANNING INDUSTRY”

ABSTRACT

The Cleaner Production Environmental Techniques applying to Curtiduría Hidalgo, it was focused on reducing to water pollution through chrome recovery process from a tanning spent bath, by precipitation with sodium hydroxide which achieved a removal of 99.97% chromium present in the waste water, and going to enable its reuse through redissolution of precipitated by using sulfuric acid to obtain basic chromium sulphate, besides it allowed to recover a 40% of clarified water useful to be reused in productive process. In regards to odor control, was conducted with sulfide oxidation from liming spent bath, obtaining sulfate with a reduction of 64% of sulphide, and as alternative it chose by sulfide precipitation by addition of iron nitrate (III) with a removal of 95.7%. Additionally, it established alternative measures to reduce chromium consumption in 7.14%, and sulfur consumption in 19%, in the stages of tanning and liming respectively. These measures are intended to significantly reduce the pollution caused by the tannery, besides generating savings to the industry.

Keywords: Tanning, Chromium, Liming, Sulphide, Cleaner Production.

INTRODUCCIÓN

En el cantón Ambato se concentra una importante industria manufacturera correspondiente a las tenerías, dedicadas a la transformación de pieles de ganado vacuno y ovino, en material no putrescible llamado cuero, materia prima utilizada en la elaboración de distintos productos como calzado, prendas de vestir, carteras, billeteras, revestimiento para autos y muebles; etc.

Debido a que, los procesos llevados a cabo en las tenerías son mayoritariamente artesanales, se ha generado un problema relevante por el manejo inadecuado de los sistemas internos de producción, lo que desemboca en alteraciones al ambiente y a la comunidad circundante.

Las prácticas internacionales en este tipo de industria han demostrado que es posible mejorar los sistemas de producción orientando a la aplicación de técnicas de producción más limpia, lo que ha contribuido a la optimización de los procesos a través de un control de variables de las distintas actividades operativas, permitiendo ahorros en el consumo de insumos, recursos energéticos, sustitución y/o recuperación de insumos; así como la reducción en la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos.

En el presente proyecto de investigación se establecen medidas técnica, ambiental y económicamente viables, de producción más limpia enfocadas al sector curtiembre, tomando como base informativa la situación actual del proceso llevado a cabo en Curtiduría Hidalgo.

CAPÍTULO I

1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de transformación de piel de ganado vacuno en cuero en el país, ejecuta una serie de procesos que permiten la obtención de acabados de distinta índole conforme los usos a los que se encuentre destinado el cuero, en especial como materia prima en la confección de distintas prendas de vestir.

Uno de los principales centros donde se han agrupado las curtidorías o tenerías artesanales es el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, donde este tipo de industrias corresponden un representativo del cantón, debido a que sus productos son de amplia aceptación en distintas regiones del Ecuador y parte del exterior.

Lamentablemente, este proceso que en el país se desarrolla de manera mayoritariamente artesanal, presenta una serie de problemas ambientales, que incluyen el consumo excesivo del recurso agua y posterior generación de efluentes contaminantes con presencia de sulfuros, sales de cromo, elevados niveles de DQO, DBO, sólidos suspendidosⁱ que son descargados al sistema de alcantarillado y conducidos a un cuerpo receptor, afectando así al medio al ambiente urbano y rural; tal cual sucedió en el mes de noviembre del 2011ⁱⁱ

ⁱ Corporación Oikos. Casos de aplicaciones de tecnologías ambientales en el Ecuador

ⁱⁱ Diario "El Herald", Martes 8 de noviembre de 2011.

De igual manera, la producción de desechos sólidos peligrosos, generan problemas en la disposición final, ya que los residuos de este sector industrial no reciben una adecuada gestión y son dispuestos en el botadero autorizado por el municipio de Ambato.

Una de las formas para resolver este problema consiste en la aplicación de medidas técnicas de gestión dentro del proceso, que permitan un manejo ambientalmente adecuado para la obtención de cuero a partir de la piel de ganado vacuno.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El análisis de insumos y variables del proceso de curtición de cuero permitirá aplicar medidas técnicas y económicamente de producción más limpia en Curtiduría Hidalgo, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Izamba?

1.3. HIPÓTESIS

Mediante el análisis de insumos y variables del proceso de curtición de cuero permitirá aplicar medidas técnicas y económicamente de producción más limpia en Curtiduría Hidalgo, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Izamba.

1.4. INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los procesos e insumos que generan mayor contaminación durante la curtición de piel de ganado vacuno para la obtención de cuero en Curtiduría Hidalgo?

¿Se dispone de un registro riguroso de entradas y salidas de materia prima e insumos en cada actividad del proceso de curtición de cuero?

¿Las descargas industriales del proceso cumplen con los límites máximos permisibles estipulados en la legislación ambiental vigente?

¿Cómo comprobar la aplicabilidad de procesos complementarios al método tradicional de curtido a fin de reducir el impacto ambiental generado?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Aplicar Técnicas Ambientales de Producción Más Limpia en la Industria de Curtiembre.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Llevar a cabo ensayos de recuperación de Cromo y Sulfuro para determinar la factibilidad técnica de las medidas a ser tomadas en consideración.
- Identificar medidas alternativas para la reducción en el consumo de productos químicos contaminantes.
- Realizar la discusión de resultados técnicos, ambientales y económicos de las medidas planteadas.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La legislación ambiental ecuatoriana vigente como la Ley de Gestión Ambiental (LGA), el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULASMA), ordenanzas municipales, reglamentos y normas técnicas exigen realizar mejoras en los procesos productivos para alcanzar estándares de calidad, que permitan un desarrollo ambientalmente sustentable.

En base a lo antes descrito, la Curtiduría Hidalgo requiere la elaboración de un estudio de las variables del proceso productivo relacionadas con la contaminación ambiental y sus efectos, a fin de determinar acciones ambiental, técnica y económicamente viables mediante la aplicación de prácticas de producción más limpia dentro del proceso.

Cabe señalar que el presente estudio pretende, además, ser una herramienta de referencia a ser aplicada en las empresas dedicadas al procesamiento de pieles de ganado vacuno para la obtención de cuero; es necesario mencionar además que lo referente a Producción más Limpia aplicable al sector industrial en mención tomará como partida los puntos más críticos de contaminación: Sulfuros, Cromo y malos olores, lo cual será abordado en el presente proyecto.

1.7. IMPORTANCIA Y APLICACIÓN

La importancia del presente proyecto de investigación es establecer medidas de Producción más Limpia como estrategia ambiental preventiva e integrada, orientada hacia las diferentes fases del proceso productivo de elaboración de cuero, con el objetivo de reducir costos, incentivar innovaciones, y controlar riesgos ambientales inherentes al proyecto.

Se describirán además las técnicas de producción más limpia aplicable a la recuperación de insumos y de recursos, presente en los efluentes líquidos provenientes de las etapas productivas de transformación de la piel de ganado vacuno en cuero, la misma que, con los ajustes adecuados, permitirá reproducir los logros obtenidos, en otras empresas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO DEL PROCESO DE CURTIDO

2.1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE CURTIDO

El curtido es el proceso físico y químico que permite transformar la piel en un material no putrescible llamado cuero, para lo cual se agregan determinadas sustancias (curtientes) que se incorporan en los espacios intracelulares de la piel.

Los procesos físicos y químicos que intervienen en la transformación de la piel en cuero, son los siguientes¹:

- Físico: Absorción e incorporación del curtiente en la piel
- Químico: Combinación del curtiente con los componentes proteínicos de la piel formando complejos, sistema que continúa hacia las capas interiores de la misma, permitiendo que todo el conjunto se encuentre combinado.

2.1.1. La piel

La piel se encuentra estructurada por tres capas diferenciadas y varios constituyentes tales como²:

Epidermis: Corresponde a la parte externa de la piel, la cual presenta una renovación continua debido a que se encuentra expuesta a diferentes factores externos. No presenta vasos sanguíneos ni linfáticos.

Dermis: Esta capa se encuentra a continuación de la epidermis, y está compuesta por fibras colágenas, histiocitos, fibrocitos y mastocitos. Presenta gran cantidad de vasos sanguíneos y nervios. Consta de dos capas:

- Capa papilar, atravesada por orificios capilares y salidas de las excreciones producidas por las glándulas sebáceas y sudoríparas.
- Capa reticular, más profunda, compuesta principalmente por un gran número de filamentos cruzados responsables de la resistencia y solidez de la piel.

La dermis está constituida en un 90% por proteínas, en su mayor parte fibras de colágeno. Al preparar la piel se toma en cuenta las propiedades de las moléculas de colágeno, que absorben fácilmente el agua y ligan las distintas sustancias del curtido.

Tejido subcutáneo: formado por tejido conectivo laxo y grasa. Varía en cantidad de acuerdo con la ubicación. Es muy abundante donde la piel es muy móvil (la piel del cuerpo por ejemplo) y ausente donde es estática (labios, párpados, pezones).

El pelo: compuesto por tres partes: *cutícula*, *córtex* y *médula* que nacen en la raíz.

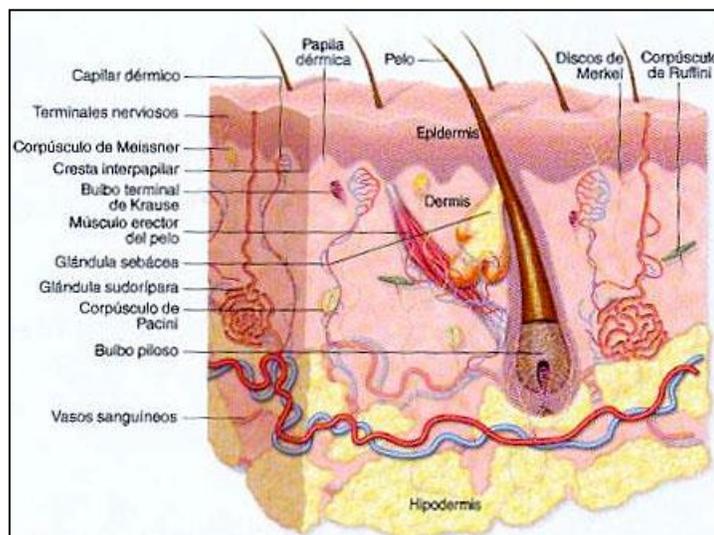


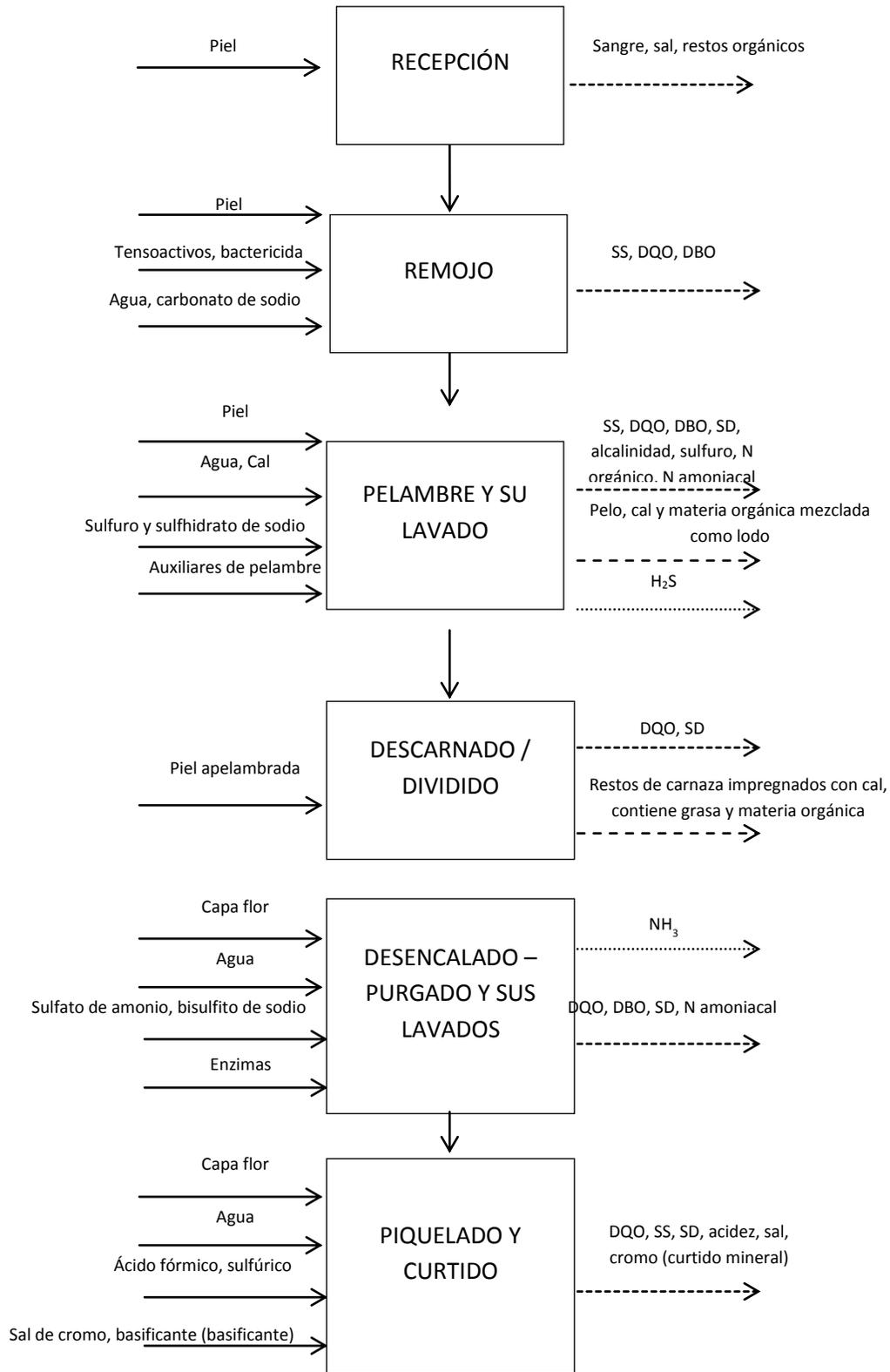
Ilustración 1. Capas de la piel
Fuente: <http://cuidaatupiel.blogspot.com>

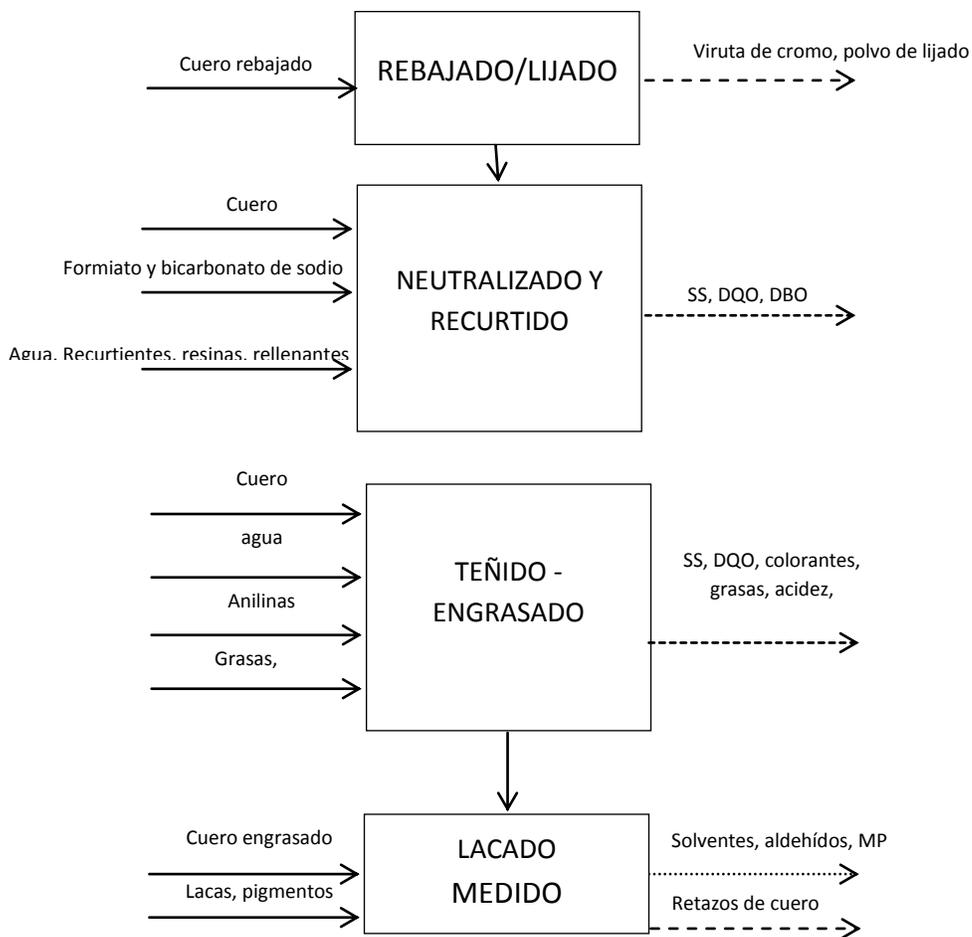
2.1.2. Sistemas de curtido

Las sustancias curtientes se engloban fundamentalmente en dos grupos: curtientes minerales y curtientes vegetales³.

- Curtientes minerales: Entre los curtientes minerales, el de mayor uso corresponde a sales de cromo. La importancia de este mineral en el proceso de curtido radica en el hecho de que permite una posterior recurtición mediante elementos vegetales.
- Curtientes vegetales: Los curtientes vegetales corresponden a los llamados taninos, que son sustancias orgánicas extraídas de la madera de determinados árboles como el quebracho, roble, sauce, alerce, nogal y eucalipto; de determinadas hojas, como el zumaque.

2.1.3. Etapas de curtido





Simbología

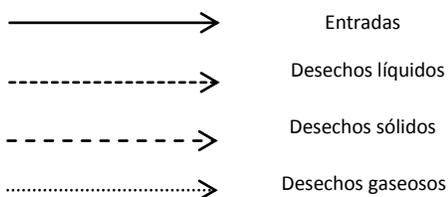


Ilustración 2. Entradas y Salidas del Proceso productivo en Curtiduría Hidalgo

Fuente: Curtiduría Hidalgo
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

El proceso de curtido de pieles se compone de cuatro procesos fundamentales: Ribera, Curtido, Post-curtido y Acabados⁴.

2.1.3.1. Etapa de ribera

La etapa de ribera tiene como objetivo preparar la piel para el curtido, mediante la limpieza y acondicionamiento de la misma. El consumo de agua de esta etapa representa alrededor del 50% del total utilizado durante todo el proceso de curtido. Los subprocesos de esta etapa se describen a continuación:

a) Recepción de pieles

Las pieles pueden llegar a la curtiduría en estado fresco o acondicionadas con sal en grano como sustancia deshidratante que permite preservar la piel.

Las pieles generalmente llegan sin previo lavado, por lo que aún presentan restos de sangre, heces, tierra y suciedad⁵. En el caso de las pieles saladas, se realiza un sacudido para eliminar el exceso de sal.

La sal que no ha sido eliminada durante el sacudido, queda adherida a la piel e ingresa al remojo, donde se descarga con el efluente. La sal utilizada para la preservación de las pieles puede variar entre el 20 y 35% del peso de la piel.

b) Remojo

El remojo y lavado permite limpiar la superficie de la piel de sangre, estiércol, tierra, sal, etc; además de rehidratar la piel.

Dependiendo si la piel se encuentra salada o fresca, el tiempo de remojo será mayor. En el caso de pieles frescas, el remojo no excede de las 8 horas.

Los tiempos de remojo son fundamentales, puesto que durante este proceso se interrumpe la conservación de la piel, favoreciendo la proliferación de bacterias que atacan a la piel, apoyadas en el medio acuoso, donde se reproducen⁶.

Si el proceso se lleva a cabo de manera mecánica en fulones, el tiempo de remojo es menor; por el contrario si el remojo se realiza de manera estática en piscinas o tanques, el tiempo se prolonga.

Adicionalmente, se agregan agentes tensoactivos para el lavado, bactericidas como agentes conservantes y para minimizar el daño ocasionado por las bacterias a la piel, además de humectantes para rehidratar la piel⁷.

c) Pelambre - Calero

El proceso de pelambre – calero, permite eliminar el pelo de la piel y posteriormente hincharla en y prepararla para el curtido, permitiendo el ingreso e incorporación de los agentes curtientes⁸.

El pelambre puede llevarse a cabo con la destrucción o no del pelo. En el caso de la destrucción del pelo, se utiliza sulfuro de sodio y cal; mientras que el proceso sin destrucción del pelo, se inmuniza al pelo previamente con un álcali.

La acción del sulfuro de sodio sobre la piel permite obtener los siguientes resultados⁹:

- Remoción del pelo y epidermis.
- Aumentar los espacios de la estructura de la piel, a fin de favorecer la penetración de los agentes curtientes. Además, al hinchar la piel se aumenta el espesor de la misma, facilitando las actividades de descarnado y dividido.
- Actuar sobre los enlaces de las fibras de colágeno, aumentando los puntos de reacción entre la piel y el curtiente.

El calero permite poner en contacto los productos alcalinos como Ca(OH)_2 , Na_2S , NaHS , aminas; y todos los productos involucrados en esta actividad tales como sales, tensoactivos, peróxidos, etc., que se hallan disueltos en agua, junto con la piel en aparatos agitadores

mecánicos (fulones) durante un tiempo más o menos prolongado, hasta conseguir los resultados deseados¹⁰:

El calero permite:

- Provocar un hinchamiento de las fibras del colágeno.
- Hidrolizar el colágeno, aumentando los puntos de reactividad.
- Ataque químico a las grasas, raíces del pelo, etc., facilitando su eliminación mediante su disolución en agua.
- Remover el exceso de sulfuro de la piel, al precipitarlo como sulfuro de calcio.

Tabla 1. Insumos del Proceso de Pelambre-Calero

Insumo	Formula	Descripción
Dimetilamina	$(\text{NH}(\text{CH}_3)_2$	Es una sustancia depilante que actúa sobre las fibras colágenas y sobre las proteínas del pelo, destruyéndolo. El uso de esta sustancia ha sido descontinuado debido al riesgo de formación de nitrosaminas con propiedades carcinógena, así como la generación de vapores de amoníaco, provocando olores irritantes ¹¹ .
Sulfuro de Sodio	Na_2S	Es una sustancia depilante que debido a su acción reductora destruye el pelo al atacar los puentes de disulfuro de la cistina convirtiéndola en cisteína, y posterior hidrólisis de la queratina, que son proteínas estructurales del pelo. ¹² Conforme las siguientes reacciones $\text{Na}_2\text{S}_{(s)} \leftrightarrow 2\text{Na}^+_{(ac)} + \text{S}^{2-}_{(ac)}$ $\text{S}^{2-}_{(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(liq)} \leftrightarrow \text{HS}^-_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$ $[\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}]_2 + 2\text{HS}^-_{(ac)} \rightarrow 2[\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}] + \text{S}^{2-}$
Sulfhidrato de Sodio	NaHS	Es una sustancia destructora de pelo con menor poder reductor que el sulfuro de hidrógeno, es empleado como intermediario para alcanzar pH básicos; conforme las siguientes reacciones.

Insumo	Formula	Descripción
		$NaHS \leftrightarrow Na^+_{(ac)} + HS^-_{(ac)}$ $[SCH_2CH(NH_2) - COOH]_2 + 2HS^-_{(ac)}$ $\rightarrow 2[HSCH_2CH(NH_2) - COOH] + S^{2-}$
Cal	CaO	Es una sustancia alcalina utilizada para alcanzar el pH del baño de pelambre hasta niveles entre 12 y 13, lo que evita el desprendimiento de H ₂ S por el uso del sulfuro o sulfhidrato de Sodio.

Fuente: CÁCERES, Fabián 2010

Elaborado Por: Gordillo G, Toledo C., 2013

d) Descarnado y dividido

El descarnado es la operación manual o mecánica que permite remover los residuos de carne, grasa y tejido conectivo de la piel. Estos residuos toman el nombre de carnaza.

El dividido es la separación mecánica de la piel en dos partes: la externa llamada flor, y la interna llamada costra. La parte útil corresponde a la capa flor, mientras que la costra corresponde a un subproducto empleado en otros procesos productivos como preparación de gelatina, juguetes para perro, etc.

2.1.3.2. Etapa de curtido

En esta etapa se transforma la capa flor en el material no putrescible llamado cuero. Las actividades de la etapa de curtido son: desencalado, purgado, desengrasado, piquelado y curtido propiamente dicho.

a) Desencalado y purgado

El desencalado es el proceso húmedo que permite la remoción de la cal y sulfuro remanentes en la capa flor, utilizados en el proceso de pelambre, para evitar la posterior formación de sales insolubles de calcio como sulfato de calcio y gas sulfhídrico respectivamente. Para

eliminar la cal se utiliza sulfato de amonio, mientras que para eliminar el sulfuro, se emplea bisulfito de sodio¹³.

El purgado o rendido corresponde a la adición de enzimas pancreáticas o bacterianas, que permiten la eliminación de las fibras no colágenas de la piel, incluyendo algunas raíces de pelo remanentes, a fin de mejorar la textura del cuero¹⁴. Esta actividad se realiza en un medio ligeramente básico, en un rango de pH entre 8 a 8.5, la cual se lleva a cabo en el mismo baño del desencalado, puesto que el sulfato de amonio y el bisulfito de sodio logran alcanzar este intervalo de pH¹⁵.

Tabla 2. Insumos del Proceso de Desencalado

Insumo	Formula	Descripción
Sulfato de Amonio	$(NH_4)_2SO_4$	Es empleado para eliminar la cal de la capa flor, mediante la siguiente reacción de neutralización. $(NH_4)_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O + 2NH_3$ El inconveniente de la utilización del $(NH_4)_2SO_4$ es la formación de vapores de amoníaco ¹⁶
Bisulfito de Sodio	$NaHSO_3$	El bisulfito de sodio es empleado para eliminar el sulfuro de la capa flor. Mediante una serie de complejas reacciones en presencia del sulfato de amonio produciendo diferentes compuestos de sulfuro incluyendo azufre elemental, tiosulfato y otros oxianiones de sulfuro. ¹⁷
Dióxido de Carbono	CO_2	Se utiliza como desencalante al neutralizar la cal conforme la siguiente reacción. $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
Peróxido de Hidrógeno	H_2O_2	Es un compuesto que puede ser empleado para la eliminación del sulfuro de la flor. Conforme la siguiente reacción: $S^{2-} + 4H_2O_2 \rightarrow (SO_4)^{2-} + 4H_2O$

Insumo	Formula	Descripción
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Este compuesto es un descalcante alternativo que elimina el hidróxido de calcio mediante la siguiente reacción de neutralización: $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$
Ácido Clorhídrico	HCl	Este compuesto es un descalcante alternativo que elimina el hidróxido de calcio mediante la siguiente reacción de neutralización: $2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$
Acido Fórmico	CHOOH	Este compuesto (ácido débil) es un descalcante alternativo que elimina el hidróxido de calcio mediante la siguiente reacción de neutralización: $2CHOOH + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(COOH)_2 + 2H_2O$

Fuente: CÁCERES, Fabián, 2010

Elaborado Por: Gordillo G, Toledo C., 2013

b) Piquelado

El piquelado es la actividad que permite acidificar el baño, alcanzando niveles de pH en un rango de 2.8 a 3.5, dependiendo del tipo de cuero que se desee obtener; para ello se emplea ácidos como el sulfúrico y/o fórmico.

La acidificación del baño produce hinchamiento de la capa flor, lo que provocaría resultados no favorables para la curtición, motivo por el cual se emplea cloruro de sodio.

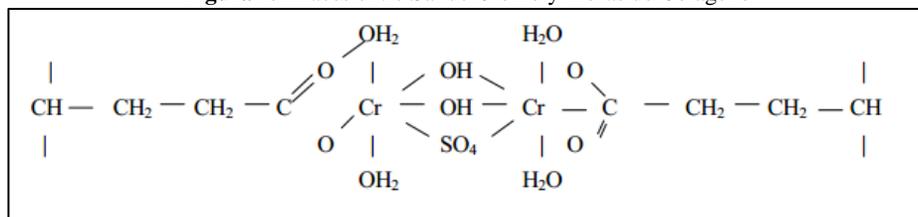
c) Curtido

Una vez preparada la capa flor, se agrega el agente curtiente mineral o vegetal, el cual se fija en las fibras de colágeno, estabilizándolas a través de uniones químicas¹⁸. Esta actividad generalmente se lleva a cabo en el mismo baño de piquelado, a fin de mantener el pH adecuado para la acción del curtiente.

Los agentes curtientes comúnmente empleados son:

- Sales de Cromo (Cr_2O_3) se expresan de manera genérica como Cr_2O_3 , debido a que existen diferentes sales curtientes con distinto nivel de basicidad. Dichas sales se fijan en las fibras de colágeno estabilizándose mediante uniones químicas. Como se ilustra a continuación:

Figura 1. Enlaces entre Sal de Cromo y Fibras de Colágeno

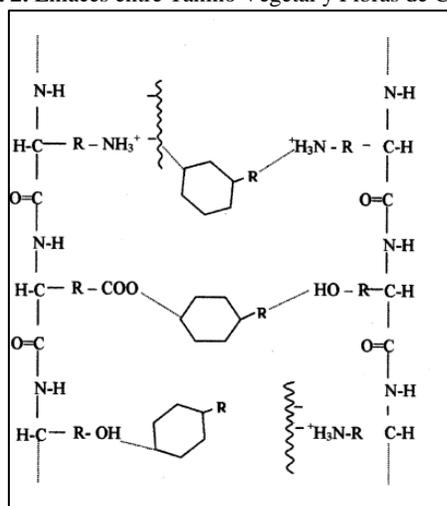


Fuente: LUDVIK, J. 2000

A través de estas uniones la piel tratada es transformada en cuero.

- Taninos vegetales: es el curtido tradicional empleando curtientes vegetales llamados taninos, estas sustancias son compuesto polifenólicos cuya fórmula condensada es $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_{11}$,¹⁹ obtenido de la corteza de determinados árboles como del Castaño. Los taninos se formas uniones electrostáticas entre el grupo hidroxilo del tanino y el grupo amino del colágeno; como se muestra en la siguiente figura²⁰:

Figura 2. Enlaces entre Tanino Vegetal y Fibras de Colágeno



Fuente: MADHAN, B.; MURALIDHARAN, C., 2011

El baño al final del proceso de curtido debe alcanzar niveles de pH entre 3.8 a 4.2, lo que se logra mediante la adición de un agente desacidulante que neutraliza la acción de los ácidos del piquelado, permitiendo una mayor fijación del agente curtiente. Los deacidulantes comúnmente utilizados son el bicarbonato de sodio y el óxido de magnesio.

Al final de este proceso se obtiene el cuero curtido el cual, en el caso de curtición con cromo, recibe el nombre de *wet blue*,

2.1.3.3. Etapa de post-curtido

La etapa de post-curtido permite preparar el cuero para los diferentes acabados; conforme el uso al cual sea destinado: vestimenta, calzado, tapizado; etc.

Las actividades llevadas a cabo en el post-curtido son: escurrido, rebajado, neutralizado, recurtido, teñido, engrasado y secado.

a) Escurrido

En el escurrido se elimina el exceso de humedad del *wet blue*, el cual puede llevarse a cabo de dos maneras:

- Colocando el *wet blue* sobre caballetes lo que permite eliminar el agua por gravedad.
- Mediante escurridora mecánica que elimina la humedad empleando vapor.

b) Rebajado

Esta operación mecánica permite reducir el espesor del *wet blue* a los niveles solicitados por el cliente.

c) Neutralizado

El neutralizado es el proceso húmedo que corresponde a la desacidulación del wet blue, elevando el pH desde 3.5 hasta 4.2, mediante la adición de formiato o bicarbonato de sodio dentro del fulón; lo que permite preparar al cuero para recibir a los agentes recurtientes.

Tabla 3. Insumos del proceso de neutralizado

Insumo	Formula	Descripción
Bicarbonato de sodio	NaHCO_3	Esta sal ácida permite elevar el pH de la solución de manera paulatina, hasta alcanzar el nivel deseado, bordeando el 4.2, conforme la siguiente reacción: $\text{NaHCO}_{3(s)} + \text{H}^+_{(ac)} \rightarrow \text{Na}^+_{(ac)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Formiato de sodio	HCOONa	El formiato de sodio es un desacidulante que eleva el pH de la solución de manera gradual, conforme la siguiente reacción: $\text{HCOONa}_{(s)} + \text{H}^+_{(ac)} \rightarrow \text{Na}^+_{(ac)} + \text{CH}_2\text{O}_{2(l)}$

Fuente: CÁCERES, Fabián, 2010

Elaborado Por: Gordillo G, Toledo C., 2013

d) Recurtido

Esta actividad permite formar los enlaces entre el curtiende y el cuero, en los sitios donde no fue posible hacerlo durante la etapa de curtido, agregando agentes recurtientes al baño del neutralizado.

El tipo de recurtiente puede ser igual o diferente al agente curtiende utilizado inicialmente, dependiendo del tipo de cuero deseado.

e) Teñido

El teñido se lleva a cabo con el objetivo de dar coloración al cuero, empleando anilinas y complejos metálicos, en el mismo baño de recurtido.

Al final del baño el pH debe estar en el rango de 3 a 3.5, para lo cual se añade ácido fórmico.²¹

f) Engrasado

En el engrasado, se incorporan grasas y aceites a fin de recuperar la lubricación del cuero perdido en las etapas anteriores, lo que evita su deshidratación, aumentando además su suavidad y flexibilidad. Las grasas utilizadas pueden ser naturales o sintéticas.

g) Secado

El proceso de secado permite eliminar la humedad del cuero. Esta actividad puede llevarse a cabo secando el cuero al aire, o mediante secadoras mecánicas, que transmiten el calor, a través de vapor o resistencias eléctricas.

2.1.3.4. Etapa de acabados

Los acabados brindan al producto las características especificadas por el cliente; permitiendo además obtener un mayor brillo del cuero, diferentes tonalidades de color, mejor resistencia a la acción dañina de la luz solar.

Dentro de la etapa de acabado se desarrollan las siguientes actividades:

a) Palizonado

El palizonado es el estirado mecánico de la piel por un breve lapso de tiempo y con una gran tensión.

b) Estacado

El estacado es el estiramiento mecánico del cuero a fin de incrementar la superficie del producto.

c) Batanado

El batanado consiste en el golpeteo mecánico del cuero en un bombo, cuyas paredes corresponden a mallas metálicas. Esta actividad se la realiza para dar mayor suavidad al cuero, especialmente para aquel destinado a la vestimenta.

d) Pintado y lacado

Con el objetivo de dar diferentes tonalidades y brillo al cuero se utilizan pinturas y lacas, que pueden ser a base de solvente o agua.

La dispersión de estas sustancias puede ser llevada a cabo de manera mecánica en pigmentadoras o manualmente a través de soplete.

e) Planchado

El planchado es la actividad que emplea maquinas hidráulicas que dotan de la presión y temperatura necesaria para alisar y dar uniformidad a la superficie del cuero. Adicionalmente permite imprimir grabados sobre el cuero según el tipo de plancha o rodillo empleado²².

2.2. IMPACTOS AMBIENTALES GENERALES RELACIONADOS CON EL PROCESO DE CURTIDO

El término Impacto ambiental según la Norma ISO 14000, se define como, “Cualquier alteración al medio ambiente que resulta de forma parcial o total, de las actividades, productos o servicios de una organización. Esta alteración puede ser negativa o positiva y, por ende

puede beneficiar o perjudicar el medio ambiente”, por lo que en la sección que se presenta a continuación se puntualizarán los diferentes tipos de impactos ambientales generados por la industria de curtido de cuero a los distintos aspectos ambientales.

2.2.1. Impactos a la Calidad del Aire

El impacto a la calidad del aire puede ser causado por la generación de ruido excesivo, así como olores molestos y la incorporación de sustancias tóxicas, que pueden afectar de una u otra manera la salud de la población circundante.

Con relación a las emisiones atmosféricas, los impactos más significativos se presentan por las elevadas cantidades de emisión de sulfuros, así como también por los compuestos orgánicos volátiles, COV, además de material particulado, procedentes de las operaciones de acabado.

Los malos olores generados son producto de las emisiones de sulfuro provenientes de pelambre y de las aguas residuales; las emisiones de amoníaco y vapores de solventes que provienen del desencalado y de la etapa de acabado; así como las carnazas y grasas de descarnado, son fuentes importantes de producción de olores que podrían eliminarse mediante un buen control de las operaciones de la industria.

2.2.2. Impactos a la Calidad del Agua

El impacto a la calidad del agua es producto de las descargas líquidas de proceso las cuales son dispuestas directamente en un cuerpo de agua receptor, ocasionando efectos negativos en la vida acuática y en los posteriores usos pecuarios.

El impacto al agua es producto de la degradación de grandes cantidades de proteínas y materia orgánica constituyentes de la carga contaminante en los vertidos.

Los indicadores de contaminación del agua pueden ser expresados por parámetros específicos como demanda bioquímica de oxígeno, DBO, y sólidos suspendidos.

La DBO es una medida de la cantidad de oxígeno requerida para oxidar completamente la materia orgánica presente en un vertimiento; por tanto, un alto valor de DBO afecta la calidad del agua disminuyendo el contenido de oxígeno disuelto en la misma. El contenido de oxígeno es una cualidad esencial en el agua, y su reducción crea estrés en el ecosistema, en ausencia total de oxígeno disuelto.

En las curtiembres, los valores altos de DBO son ocasionados por la presencia de materia orgánica en las descargas de pelambre y curtido vegetal. Los sólidos suspendidos, además de ser un factor antiestético, tienen su mayor efecto negativo cuando se sedimentan, ya que pueden taponar las redes de alcantarillado; y en los cuerpos de agua, el lodo sedimentado cubre la fauna natural destruyendo la vida acuática de la cual depende.

Es importante mencionar que otro impacto generado por las curtiembres consiste en los excesivos consumos de agua, sales de cromo, cloruro de sodio, sulfuro; además de la suciedad de la propia piel, potenciando así los efectos nocivos antes mencionados.

2.2.3. Impactos a la Calidad del Suelo

El impacto directo sobre la calidad del suelo es producto del manejo inadecuado de los residuos generados, ya que dentro de su composición contienen un alto porcentaje de materia orgánica contaminada con cal, sulfuros, aminos, del pelambre, y cromo III productos de la curtición propiamente dicha.

Adicionalmente se encuentran los lodos de la precipitación de sales insolubles que se forman en las trampas de sólidos.

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1.1. Producción más limpia (PML)

La Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados a la sociedad²³.

- En los **procesos productivos**, la Producción Más Limpia conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos, durante el proceso de producción.
- En los **productos**, la Producción Más Limpia busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.
- En los **servicios**, la Producción Más Limpia implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de servicios.

3.2. APLICACIONES

La Producción Más Limpia puede ser aplicada a procesos utilizados por cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad. Es un término amplio que comprende conceptos como eco-eficiencia, prevención de contaminación y productividad verde.

La aplicación de la Producción Más Limpia protege al medio ambiente, al consumidor y al trabajador, mientras mejora la eficiencia industrial, la rentabilidad y la competitividad²⁴.

3.3. METAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La meta general que pretende alcanzar un sistema de producción limpia es, reducir la generación de desechos y residuos así como disminuir el uso de materias primas y recursos²⁵.

A largo plazo, la producción limpia es la forma más rentable de explotar los servicios y procesos y de desarrollar y fabricar productos. El costo de los desperdicios y de las emanaciones, además de los impactos negativos sobre la salud y sobre el medio ambiente, pueden evitarse desde el comienzo mediante la aplicación del concepto de producción limpia

Las metas específicas de PML son las siguientes:

3.3.1. La minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía

Al determinar los puntos críticos de consumo y desperdicio de insumos agua y energía, permitirá mejorar y optimizar el uso de los recursos, empleando lo único y estrictamente necesario.

Esto se puede lograr con los siguientes controles.

- Control de entradas y salidas de consumo de agua: el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes, la detección, control y reparación de fugas, la utilización de válvulas reductoras de presión y en general la adquisición de tuberías, dispositivos y accesorios de bajo consumo.

En el caso de las descargas líquidas, es necesario identificar las condiciones para la posible recirculación del agua y su reutilización una vez tratada, a través de la implementación de un plan de monitoreo adecuado.

Como medidas de control del consumo de agua, no intrínsecas a los procesos productivos, se considera lo siguiente: uso de muebles sanitarios de bajo consumo, llaves con cierre temporizado en baños, fregaderos de pedal, llaves de cierre por palanca y micro aspersores para el riego de áreas verdes.

- Registrar y mantener los consumos pico y promedios de electricidad, combustible, vapor, etc.; y plantear alternativas de tecnologías más eficientes dentro de las capacidades económicas de la empresa.

Las actividades que permiten la optimización de recursos energéticos son: mantenimientos preventivos y correctivos de maquinaria, reportes de roturas de equipos; ejecución de auditorías energéticas, alumbrado con bombillos ahorradores en las áreas donde sea factible su uso, instalación de interruptores horarios en el alumbrado, priorizar la iluminación y ventilación natural, el aislamiento de las tuberías de flujo de vapor y otros fluido a elevada temperatura.

- Cuantificar el peso exacto de los insumos que son utilizados en las etapas del proceso de acuerdo a la producción, mediante un inventario donde se especifique la cantidad de productos utilizados por unidad de producto terminado.

3.3.2. La minimización del uso de insumos tóxicos

Es importante el conocimiento y manejo de las hojas de seguridad de los insumos utilizados, a fin de determinar su toxicidad al compararlos con el listado nacional de productos peligrosos y de uso restringido expedido por el Ministerio del Ambiente.

Esto permite además tener conocimiento de las características y los desechos que se generan por su uso, identificando así posibles productos sustitutos.

3.3.3. La minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo

Mediante la minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía; así como la reducción en el uso de insumos tóxicos, se logra disminuir el volumen y toxicidad de las emisiones, descargas y desechos generados en las distintas fases de los procesos productivos.

3.3.4. El reciclaje y/o reuso de residuos en la planta o fuera de ella

Con el propósito de disminuir el volumen de residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados, existen medidas de reciclaje y reuso a través de una caracterización adecuada de los desechos en función de las propiedades físico-químicas, permitiendo identificar sus usos potenciales, tal como se muestra a continuación:

Desechos sólidos: Reducción en la fuente que favorezca la reutilización y el reciclaje de: papel y cartón, envases plásticos, vidrio, metales y desechos orgánicos;

Descargas líquidas: Recuperación de sustancias útiles presentes en las descargas y recirculación de aguas tratadas.

Emisiones Gaseosas: Condensación y recirculación de vapor.

3.4. BENEFICIOS

La Tabla 4 muestra los beneficios de la implementación de técnicas ambientales de Producción Más Limpia.

Tabla 4. Beneficios de la Implementación de Medidas de Producción Más Limpia

Al reducir	Se incrementa
<ul style="list-style-type: none">- El uso de la energía en la producción- La utilización de materias primas- La cantidad de residuos y la contaminación- Los riesgos de accidentes laborales lo que a su vez implica reducción de costos- La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones- Costos en la producción - La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de generación de residuos contaminantes.- Los riesgos ambientales en caso de accidentes	<ul style="list-style-type: none">- La calidad del producto- La eficiencia, a través de una mejor comprensión de los procesos y actividades de la empresa- La motivación personal- El prestigio, al mejorar la imagen de la empresa al socializar los resultados del proceso- La competitividad en nuevos mercados nacionales e internacionales- Ingresos y ahorros de la empresa- Protección del ambiente- La mejora continua de la eficiencia ambiental en las instalaciones de la empresa y de los productos

Fuente: ONUDI, 1999; CONAM, 2003; PNUMA, 2003

3.5. BARRERAS PARA SU APLICACIÓN

Aun cuando las normativas ambientales de cada país exigen o fomentan a las empresas a desarrollar programas de producción más limpia, se presenta resistencia a innovar en cambios en el proceso, ya que la inversión en el cuidado del ambiente es visto como un gasto.

Las barreras que se citan a continuación, corresponde a realidades generales de las empresas²⁶.

Resistencia al cambio: Para asegurarse la eficacia y efectividad operacional, las organizaciones crean fuertes defensas contra el cambio, rechazando proyectos nuevos de producción más limpia, debido al problema de capacitaciones y hábitos de producción.

No se tienen en cuenta los problemas ambientales: Aun cuando en legislaciones se incluya la obligación de llevar a cabo estudios ambientales, en algunos casos las empresas no se encuentran informadas al respecto e incluso llegan a pensar que no están causando algún tipo de contaminación.

Costos: Como algunos procesos de producción más limpia resultan costosos, las empresas prefieren no invertir, ya que no ven más allá del corto plazo, y no piensan en una recuperación del capital.

Planeación a corto plazo: Complementario al tema de costos, las empresas no ven a la producción más limpia como una inversión a largo plazo, puesto que piensan a corto plazo y mantienen la idea de que resulta más un gasto que una inversión.

No poseen información pertinente para realizar cambios: Las empresas, al tener desconocimiento de que determinadas actividades pueden ser generadoras de impactos ambientales, no llevan a cabo investigaciones para implementar metodologías de aplicación de producción más limpia.

No existe cultura para cuidado ambiental en la empresa: El gerente de la empresa no le da suficiente importancia al cuidado del ambiente y no habla del tema con sus subalternos, además no se encuentra bien informado en el tema del cuidado ambiental

Dificultad de aplicación de los métodos: La aplicación de los métodos puede demandar equipos que, además de ser costosos, son difíciles de incorporar en una empresa

Acorde a un estudio realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) en empresas norteamericanas, el 20% de las empresas mantienen una resistencia burocrática frente a invertir en métodos de producción más limpia²⁷.

Tabla 5. Razones por las cuales no se adopta Producción Más Limpia en los Estados Unidos

PORCENTAJE		
Porcentaje de Políticas (60%)	Resistencia Burocrática	20
	Tendencia humana conservadora	10
	Legislación sin coordinar	10
	Sensación de los medios de comunicación	10
	Ignorancia del público	10
Financieras (30%)	Subsidios para la disposición	10
	Escasez de fondos	10
	Arraiga en la industria de los desechos	10
Técnicas (10%)	Falta de información confiable centralizada	5
	Falta de apoyo al aplicar la minimización de desechos a las necesidades individuales	5
Total		100

Fuente: Manual de Introducción a la Producción Más Limpia en la Industria (2006)

3.6. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial en 1999, indico cuatro fases para la implementación de Programas de Producción Más Limpia²⁸:

Figura 3. Ciclo de Implementación de Producción Más Limpia



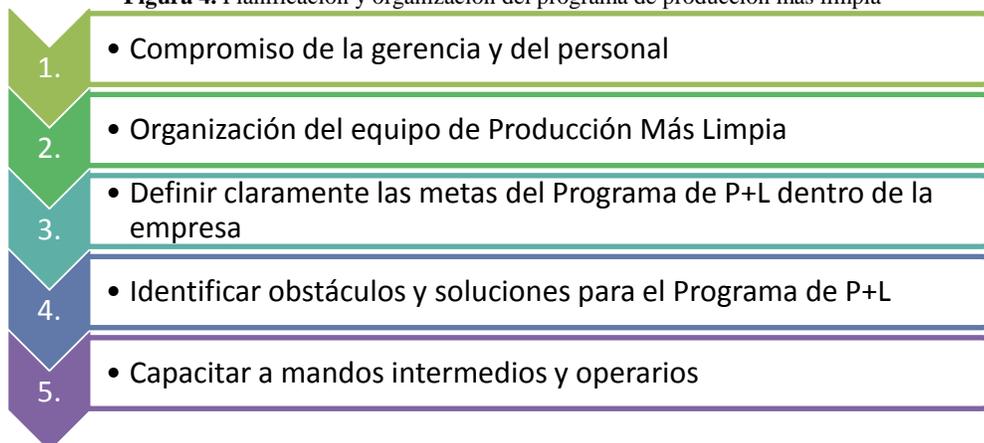
Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras (2006)

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

3.6.1. Planificación y organización del programa de producción más limpia

La primera etapa para la implementación de un programa de Producción Más Limpia consiste en establecer el compromiso de la empresa, dar a conocer la iniciativa al personal y definir los grupos de trabajo y sus responsabilidades.

Figura 4. Planificación y organización del programa de producción más limpia



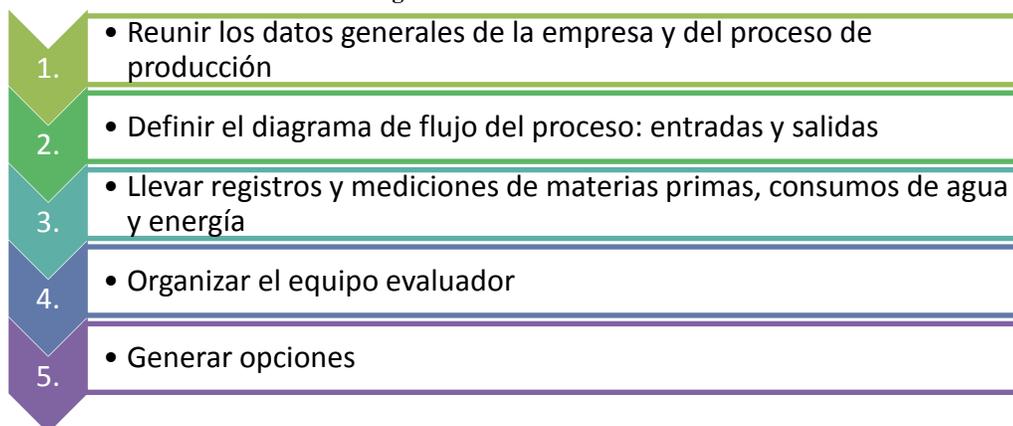
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

- **Compromiso de la gerencia y del personal:** Deben estar convencidos de los beneficios de las medidas
- **Organización del equipo de Producción Más Limpia:** Los integrantes de los equipos son los responsables de coordinar el programa, implementarlo y realizar el seguimiento respectivo.
- **Definir claramente las metas del Programa de P+L dentro de la empresa:** Definir claramente las metas y establecer el plan de acción para las medidas de corto, mediano y largo plazo.
- **Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de P+L:** Es necesario conocer de antemano los posibles obstáculos de las medidas de P+L.
- **Capacitar a mandos intermedios y operarios:** Se debe capacitar sobre las bases necesarias de implementación del programa.

3.6.2. Evaluación en planta

Se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora. Las actividades a desarrollar son:

Figura 5. Evaluación en Planta



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

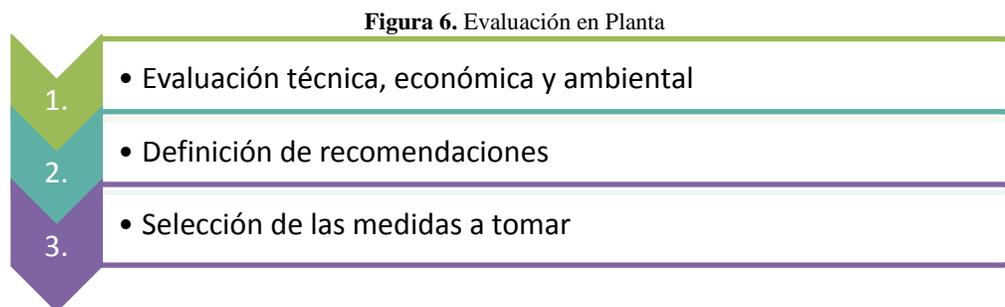
- **Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción:** Se requiere obtener información sobre el volumen de materiales, residuos y emisiones en el proceso productivo. Por lo tanto, mediante una lista de chequeo, se deben establecer

indicadores de comparación que permitan evaluar los avances y logros obtenidos con las medidas adoptadas.

- **Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas:** Al recorrer, analizar y diagramar el flujo del proceso se podrá visualizar los espacios físicos destinados para cada área, definir si la secuencia de las acciones es la más conveniente y generar las recomendaciones pertinentes.
- **Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía:** Se debe crear formatos de registro y formularios para cuantificaciones de materias primas y consumos de agua y electricidad, a fin de establecer comparaciones a través de indicadores.
- **Organizar el equipo evaluador:** Se debe organizar un equipo evaluador conformado por empleados competentes, responsables y experimentados en donde se represente cada etapa del proceso industrial.
- **Generar opciones:** se deben identificar puntos críticos en las distintas áreas del proceso, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos energía, agua y materia prima; así como en la generación de residuos de producción. La evaluación de la planta generará información sobre metas e intervenciones, que se incorporarán en el plan de acción.

3.6.3. Estudio de Factibilidad

En esta fase se elaboran los análisis económicos, tecnológicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

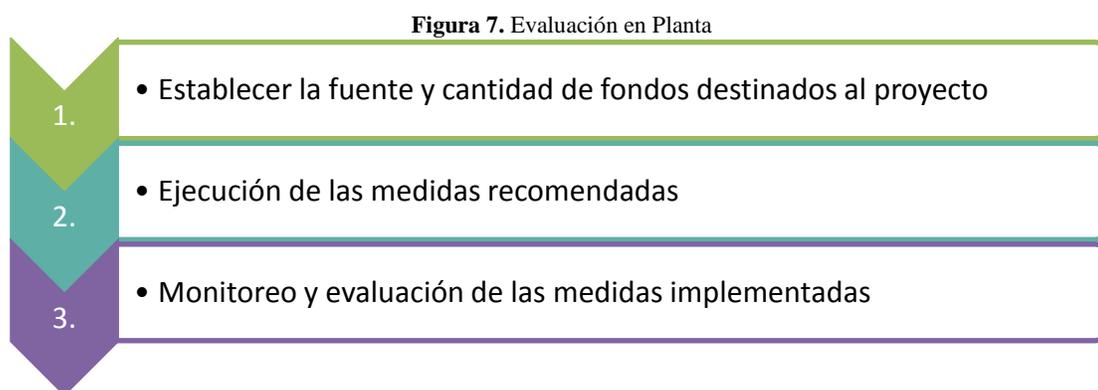


Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

- **Evaluación técnica, económica y ambiental:** establecer indicadores que muestren los puntos críticos del proceso, los cuales podrán transformarse en las oportunidades de mejora a recomendar.
- **Definición de recomendaciones:** Al hacer una recomendación es importante definir con claridad el tipo medidas a tomar y su forma de implementación, los recursos logísticos y humanos necesarios, el costo preciso de inversión requerida, los resultados, beneficios económicos y ambientales que se obtendrán.
- **Selección de las medidas a tomar:** Al momento de seleccionar las medidas a implementar, se debe analizar la relación costo-beneficio de la inversión, así como el periodo de retorno de las acciones.

3.6.4. Implementación

Esta es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Para la implementación se requiere:



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

- **Establecer la fuente y cantidad de fondos destinados al proyecto:** Se debe asegurar que las acciones relacionadas con la implementación de P+L estén dentro del presupuesto financiero disponible. Una vez analizados los costos y beneficios de la intervención es necesario gestionar los fondos necesarios

- **Ejecución de las medidas recomendadas:** Una vez asegurados los fondos para la implementación de las medidas, estos deben asignarse a las dependencias involucradas en su ejecución y reafirmar su responsabilidad.
- **Monitoreo y evaluación de las medidas implementadas:** La implementación de acciones, debe ser precedida del diseño de un plan de control y seguimiento, en el que se definan participativamente indicadores de desempeño, puntos y tiempos de control, formatos de registro, informes y otras acciones que se consideren pertinentes para realizar un seguimiento adecuado.

3.7. MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA APLICABLE AL SECTOR CURTIEMBRE

3.7.1. Reúso y reciclado de residuos

El tema que se aborda a continuación se centra en la gestión de los desechos provenientes del descarnado de las pieles; por ser un residuo orgánico cuyo volumen generado, dificulta una adecuada gestión y disposición final.

Una medida sugerida por la Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CTPS²⁹, corresponde a realizar un descarnado previo al pelambre o pre-descarnado. Esta actividad permite alcanzar los siguientes beneficios:

- Reducción en la cantidad de insumos requeridos en el remojo y pelambre, debido a que éstos son agregados en función al peso de la piel, además de que gran parte de los químicos son absorbidos por la carnaza, lo que incrementa la cantidad de residuos generados.
- Oportunidad de utilizar los residuos no contaminados con químicos, en la elaboración de abono orgánico o en la alimentación de ganado.
- Reducción de la carga orgánica de los efluentes provenientes del remojo y pelambre de las pieles, facilitando la recirculación de estos baños.

- Al reducir la cantidad de carnaza en la piel antes del pelambre, facilita que los químicos utilizados se incorporen a la capa útil (dermis).

El pre-descarnado debe realizarse, en lo posible, en pieles limpias y frescas, con el fin de disminuir el grosor atribuido a la presencia de estiércol y suciedad. En caso de recibir pieles sucias, se deberá realizar un lavado inicial; si las pieles se reciben saladas, de preferencia se las debe ingresar en el remojo antes de realizar el descarne.

Si las pieles necesitan ser preservadas mediante la adición de sal en grano, éstas deberán ser descarnadas antes de salarlas.

Hay que tomar en cuenta ciertos problemas mecánicos relacionados con el pre-descarnado, fundamentalmente en lo que se refiere a la presencia de pelo en la piel, provocando daños en las cuchillas de la descarnadora, lo que puede prevenirse con un mantenimiento adecuado.

3.7.2. Reciclaje de aguas de curtido al cromo

Estudios realizados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales CEPIS han demostrado la viabilidad técnica de la recirculación directa de aguas de curtido, obteniendo un producto final de óptima calidad, dicha técnica es aplicable y puede presentar ahorros de hasta el 17% en Cromo.³⁰

Este sistema plantea la recolección del baño, en el cual se debe diseñar canales adecuadamente protegidos de la acción ácida del líquido; una vez recolectado el licor de cromo, este ingresa a un tratamiento preliminar, que debe contar con un tanque con tamices de malla fina, en el cual se remueven sólidos que pueden interferir en el reuso de las aguas, además es necesario implementar una trampa de grasas para remover el exceso de grasa que contiene el agua residual.

Una vez que dicho líquido almacenado se someta al pre tratamiento, deberá ser almacenado en un tanque, el cual también deberá ser diseñado en base a las características ácidas del líquido a contener, posteriormente será bombeado al fulón en donde se mida la concentración

de cromo y se añade la cantidad necesaria de cromo en el baño de acuerdo a la formulación del proceso.³¹

La ventaja de la recirculación directa de los baños de cromo consiste en que el cromo puede ser nuevamente reutilizado en nuevas tandas minimizando el contenido de Cromo en las aguas residuales de curtido.

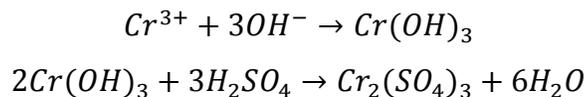
Asimismo, se presenta un ahorro substancial de sal en el proceso, lo cual también disminuye la presencia de cloruros e iones sodio en los efluentes residuales.

La recirculación directa es posible, y es utilizada en algunas tenerías de centro América en donde es posible realizar hasta 15 ciclos de recirculación con resultados satisfactorios.

3.7.3. Recuperación de cromo

La industria de la curtiembre utiliza mayoritariamente cromo en forma de su sal trivalente, cuya naturaleza permite una recuperación mediante precipitación y posterior redisolución.

Los baños agotados de curtido poseen Cromo (III) disuelto, el cual se precipita al formar $Cr(OH)_3$ y disolviendo nuevamente con H_2SO_4 , conforme a las siguientes reacciones:

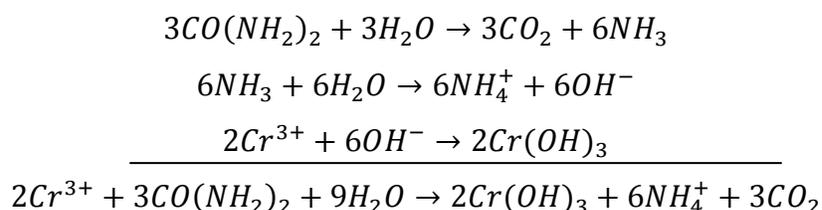


Acorde al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), es factible recuperar el cromo mediante la adición de una base que eleve el pH del baño agotado hasta 9, en el cual es posible recuperar hasta el 99% del cromo trivalente precipitado, cuya constante de solubilidad en la forma de $Cr(OH)_3$ es de 1.24×10^{-8} M.³²

En este proceso de recuperación de cromo, el baño agotado es precipitado con una solución de NaOH al 25% (p/v), agitado mecánicamente hasta llegar al valor de pH 9, calentando posteriormente la solución entre 70 a 80 °C.

Otra alternativa de precipitación incluye el uso de cal apagada Ca(OH)_2 añadiendo la cantidad estequiométrica del álcali con respecto a la cantidad de cromo presente en el baño agotado, hasta llegar a un valor de pH 9, posteriormente calentando el precipitado entre 70 y 80°C.

En el caso de utilizar urea como agente precipitante, es necesario regular inicialmente el pH con hidróxido de sodio en un rango de 8 a 9, intervalo en el cual se da la precipitación del cromo como hidróxido, para posteriormente añadir la cantidad estequiométrica de urea, en base a las siguientes ecuaciones:



En el estudio realizado por el IBTEN los resultados de los ensayos en base a descargas de una curtiembre que utilizaba óxido de cromo (III) como agente curtiente con una concentración de 1.5 g/L, se muestra a continuación:

Tabla 6. Tabla de agentes precipitantes del cromo

Parámetro de evaluación	Agente precipitante		
	Na(OH)	Ca(OH) ₂	CO(NH ₂) ₂
pH (baño)	3.4	3.2	2.4
pH (precipitación)	9	-	9
pH (filtrado)	7.2	7.7	8
Tiempo de decantación / horas	10	10	10
Altura del precipitado / cm	¼ h	1/3 h	¼ h
Cr ₂ O ₃ / mgL ⁻¹ (en el filtrado)	0.1 a 2	8 a 15	0.2
Cr ₂ O ₃ / % (en el precipitado)	23 a 25	7 a 12	26
Recuperación / %	99	97 a 99	98 a 99

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear - IBTEN et al, 2004

Se observa que los mejores resultados se obtienen mediante precipitación con hidróxido de sodio, puesto que se alcanza concentraciones más bajas de cromo trivalente en el filtrado y mayores en el precipitado, lo que permite obtener una mayor cantidad de cromo recuperado por redisolución. Los valores obtenidos con la urea representarían una mejor alternativa, pero debido a que se requiere inicialmente elevar el pH del baño utilizando hidróxido de sodio antes de añadir la urea, hace inclinar el resultado por utilizar únicamente hidróxido de sodio.

Para la redisolución, se recomienda que se lo haga de manera inmediata, ya que la solubilidad se reduce conforme avanza el tiempo.³³

Las recomendaciones del IBTEN para la redisolución del precipitado de cromo, son las siguientes:

- Separar el precipitado mediante filtración o decantación.
- Mezclar con agua destilada en una proporción del 50% y luego se debe añadir una solución de ácido sulfúrico al 50% muy lentamente y con agitación. Se deberá añadir la cantidad estequiométrica más un 5% de exceso calculada con base a la determinación hecha del contenido de Cr_2O_3 en el baño ensayado. La solución debe alcanzar un pH entre 2,5 a 3.

3.7.4. Incremento en la eficiencia del proceso de curtido: agotamiento del cromo

Un incremento en el agotamiento del cromo permite aumentar la fijación del curtiente entre las fibras de colágeno, con una menor pérdida del insumo y menor carga de este contaminante en el efluente. El objetivo de un mayor agotamiento del cromo es, además, el de permitir que el elemento se fije fuertemente en la piel, evitando que se desprenda del cuero en procesos posteriores al curtido.

Generalmente los curtidores emplean una sobrecarga de cromo con la finalidad de alcanzar una mayor cobertura del curtiente sobre la piel. Al incrementar la eficiencia del cromo, se

facilita que la piel absorba mayor cantidad del cromo presente en el baño, sin la necesidad de aumentar cromo adicional para alcanzar los rendimientos de curtición esperados (entre el 60 y 70%). Para lograr eficiencias de curtido por encima del 80%, se recomienda controlar la concentración del cromo en la solución, tiempo de curtido, temperatura, pH.³⁴

a) Optimización de la concentración de cromo

La concentración del cromo, depende del volumen de agua empleado en el baño, y la duración del mismo es decir: a mayor tiempo del baño, menor será la concentración de cromo, y a baños más cortos, mayor será la concentración del cromo..

La oferta del cromo se expresa como la cantidad de cromo presente en la sal efectiva. El cromo comercial utilizado presenta determinada concentración de la sal respectiva (óxido o sulfato).

A continuación se indica la optimización con dos ejemplos del CPTS:

Opción A: Mayor oferta de cromo en baño tradicional.

- Oferta de sal de cromo = 8% (8 kg por 100 kg de piel)
- Contenido de Cr_2O_3 en sal de cromo = 26%
- Contenido de cromo en Cr_2O_3 = 68%
- Oferta de cromo = $8\% \times 0.26 \times 0.68 = 1.41\%$
- Agua = 120% (120 L de agua por 100 kg de piel)
- Concentración cromo = $1.41 \text{ kg} \times (1,000 \text{ g/kg}) / (120 \text{ L}) = 12 \text{ g/L}$

Opción B: Menor oferta de cromo en baño corto.

- Oferta de sal de cromo = 5% (5 kg por 100 kg de piel)
- Contenido de Cr_2O_3 en sal de cromo = 26%
- Contenido de cromo en Cr_2O_3 = 68%

- Oferta de cromo = $5\% \times 0.26 \times 0.68 = 0.88\%$
- Agua = 60% (60 L de agua por 100 kg de piel)
- Concentración cromo = $0.88 \text{ kg} \times (1,000 \text{ g/kg}) / (60 \text{ L}) = 15 \text{ g/L}$

Como se puede observar, aumenta la concentración del cromo ofertado (efectivo) dentro de un baño con menor cantidad de agua y de cromo comercial utilizado. A mayor concentración de cromo disuelto en el baño, se logra una mayor velocidad de reacción entre el colágeno y el cromo, y una mayor penetración de este metal trivalente en la estructura de la fibra.

El volumen de agua no puede reducirse totalmente, puesto que es necesario un volumen mínimo para una determinada carga de pieles a ser curtidas, a fin de realizar el trabajo mecánico sin dañar la piel.

a) Optimización del pH, temperatura y tiempo del curtido al cromo

El pH, la temperatura y el tiempo de curtido presentan rangos donde el agotamiento del cromo es óptimo, y que se controlan bajo las siguientes características:

pH: Su rango óptimo es de 3.8 a 4.2, lo que se logra agregando un desacidulante al final del baño. El pH debe ser incrementado conforme disminuya la concentración de cromo en la solución, ya que se puede causar la precipitación del cromo como hidróxido, dañando la piel.

Temperatura: El incremento de la temperatura (entre 35 a 40°C) aumenta la fijación del cromo en el colágeno.

Tiempo: Un mayor tiempo de proceso (12 a 15 horas) permitirá una mayor fijación de cromo sobre el colágeno.

3.7.5. Alternativas de insumos para pelambre

Las alternativas para sustitución del sulfuro de sodio deben permitir la posterior recuperación del pelo sin destruirlo, a fin de reducir la carga orgánica en el efluente.

El Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles indica dos tipos de pelambre que pueden ser aplicables como sustitutos al proceso tradicional:

Método con sulfhidrato de sodio (NaHS) y cloruro de calcio: Se remoja la piel en una solución básica (pH = 10) de NaHS y cloruro de calcio. El medio básico evita la generación del sulfuro de hidrógeno. Este baño de remojo es posible recuperarlo previa filtración y reutilizarlo en un nuevo lote de producción. A continuación se somete a la piel remojada a una solución de NaOH, lo que permite transformar el ión HS⁻ en sulfuro activo (S²⁻), que es el agente que destruye la base del pelo, recuperándolo entero. El baño también puede ser reciclado previa filtración y compensación de sulfhidrato perdido.

Las ventajas de este tipo de pelambre radican en el hecho de que se emplea una menor proporción de sulfuro, reduciendo la generación de sulfuro gaseoso causante de los malos olores; así mismo no se generan lodos de cal, cuyo volumen de generación pudiera resultar un problema para la disposición final.

Pelambre enzimático: Corresponde a una combinación de proteasas y queratinasas con sulfuro. Esto permite un menor consumo de sulfuro y menor generación de malos olores, pero se necesita un mayor control por el daño que pudieran ocasionar las enzimas a la piel, así como un mayor consumo de agua por el lavado adicional necesario para eliminar los residuos de las enzimas.

3.7.6. Reducción de sulfuro

El pelambre sin destrucción de pelo (pelambre “ecológico”), conlleva a un menor consumo de sulfuro, que ampliamente se ha extendido en el curtido tradicional, logrando además una menor concentración de carga contaminante en el efluente y los vapores de gas sulfhídrico. Esto se logra con un acondicionamiento previo de la piel, para disolver la raíz del pelo (inmunización del pelo). Una vez extraído el pelo de la piel, éste debe ser removido del baño de pelambre en forma inmediata, a fin de evitar que el sulfuro continúe disolviéndolo.³⁵

El proceso de acondicionamiento de la piel inicia con tratamiento con cal, que permite la posterior remoción del pelo con sulfuro con una menor destrucción del mismo. Se recomienda el tratamiento entre $\frac{3}{4}$ de hora y 1 hora y media. Los parámetros más importantes que deben controlarse son la oferta de cal, el volumen de agua, el tiempo, las características de la piel (grosor, tipo de pelaje), la forma de conservarla (si ha sido o no salada) y la calidad del agua (temperatura, contenido de sales).³⁵

A continuación, se adiciona el sulfuro o sulfhidrato de sodio (el sulfhidrato posee una menor proporción de sulfuro, logrando en algunas pieles el mismo nivel de eficiencia). Y finalmente se lleva a cabo la filtración del baño de manera inmediata con un tamiz, para evitar que el sulfuro siga afectando al pelo, destruyéndolo. Las pieles deben permanecer en el fulón mientras extrae el baño de pelambre, que puede ser reutilizado³⁵.

3.7.7. Recirculación de aguas de pelambre

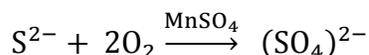
La recirculación de los baños de pelambre es una herramienta efectiva para ahorro de consumo de agua y de insumos (principalmente sulfuro), pero requiere un mayor control químico. El sistema de recuperación de sulfuro recomendado es el que sigue a continuación³⁶:

- Recuperación del baño: El baño se recolecta en canales protegidos contra la corrosión del sulfuro.
- Tratamiento preliminar: Retener el material más grueso a través de un sistema de rejillas.
- Tanque de almacenamiento o igualación. Debido a que las descargas en el proceso del pelambre no son continuas, debe realizarse una igualación del caudal en un tanque de concreto.
- Tratamiento primario. Su objetivo es eliminar los sólidos que puedan interferir en el reciclado. La sedimentación debe ser hecha en sedimentadores de sección rectangular o circular.

3.7.8. Eliminación de Olores por recuperación de Sulfuro en Sulfato

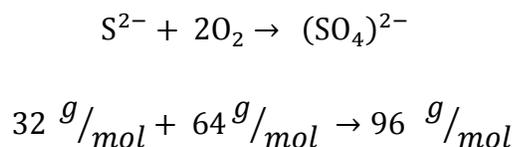
En el desarrollo experimental para la reducción de sulfuros llevado a cabo por Gilberto Salas C, se propone el método de oxidación de sulfuro a sulfato, mediante burbujeo de aire.³⁷

La reacción total para la oxidación de sulfuro en sulfato es la que se muestra a continuación:



Los sistemas de oxidación por aeración utilizan el oxígeno del aire como agente oxidante, al ser un gas poco soluble en agua, es necesario establecer mecanismos que permitan mantener una mayor cantidad de oxígeno disuelto, para lo cual se recomienda aumentar la superficie y el tiempo de contacto de las burbujas de aire con la solución, mediante la producción de burbujas de aire cuyo tamaño sea lo más pequeño posible.

Para oxidar el sulfuro a sulfato la cantidad estequiométrica (teórica) de oxígeno requerida es de 2 g O₂/g S²⁻, de acuerdo a la siguiente reacción:



Gilberto Salas, indica además que en la práctica la dosis de oxígeno debe ser mayor ya que depende de factores como:

- Concentración del sulfuro,
- Temperatura y,
- Eficiencia del sistema de aeración (tamaño de las burbujas y tiempo de contacto), que puede variar del 25-30%.

Para reducir el tiempo de reacción se puede adicionar un catalizador que, en el caso del experimento de Salas, corresponde a sulfato de manganeso.

3.8. PROYECTO DEL NUEVO PARQUE INDUSTRIAL PARA LAS INDUSTRIAS DE CURTIEMBRE EN AMBATO

A inicios del 2012, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato, lanza la propuesta para la construcción del complejo industrial exclusivo para las curtiembres, motivo por el cual se contrató a la consultora Acosta & Asociados, a fin de establecer el sitio adecuado para la reubicación de las mismas, en base a dos puntos fundamentalesⁱⁱⁱ:

- Disponibilidad de espacio físico
- Disponibilidad de agua para los procesos

Dentro del alcance de la consultoría, se estableció la implementación de un sistema de tratamiento unificado para los vertidos líquidos de todas las tenerías reubicadas.

De manera preliminar, las opciones que cumplen con los requisitos anteriores, para la reubicación de las tenerías de Ambato son: Cunchibamba, Santa Rosa, Picaihua y la parroquia Salasaca.

Como alternativa para la reubicación, los curtidores del sector Pisque Bajo, ubicado en la parroquia de Izamba cantón Ambato, plantean al Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio, declarar el sector en mención como zona industrial, debido a la densidad de empresas dedicadas a las actividades de curtiembre (14 empresas)^{iv}.

ⁱⁱⁱ Diana Fiallos, Dirección del Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato

^{iv} Marco Buestán, Gerente ECOTUNGURAHUA

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS SITUACIONAL DE CURTIDURÍA HIDALGO

4.1. ANTECEDENTES

La industria de las Curtiembres es una de las operaciones manufactureras más comunes en el cantón Ambato el cual tiene una superficie: 1200 km² aproximadamente y su población alcanza los 329.856 hab.

Entre sus parroquias están: La parroquia de Ambatillo, Atahualpa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, Cunchibamba, Huachi Grande Izamba y de Juan B. Vela.

Es de suma importancia mencionar que la distribución de las tenerías no es uniforme, ya que se han ido instaurando a lo largo del tiempo en predios adquiridos por los propietarios, procurando la cercanía al Parque Industrial de Ambato, y en su defecto a orillas de acequias o ríos para abastecerse de este recurso.

Cabe recalcar que las industrias en mención se localizan en su mayoría en parroquias rurales, donde existe un desarrollo urbanístico, aceptable.

4.2. UBICACIÓN

Curtiduría Hidalgo se encuentra localizada en la calle Augusto Salazar s/n, sector Pisque Bajo, en la parroquia de Izamba, cantón Ambato, provincia Tungurahua.

Tabla 7. Coordenadas de Ubicación de Curtiduría Hidalgo

Coordenadas			
UTM WGS84 Zona 17 S		Geográficas	
Este	Norte	Latitud	Longitud
768076	9865462	1° 12' 58.24'' S	78° 35' 29.12'' W

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

Ilustración 3. Mapa de Ubicación de Curtiduría Hidalgo



Fuente: Google Earth V.6.2.2.6613

La planta ocupa una superficie de 3150 m², de los cuáles 941.8 m² corresponde al área operativa.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

A continuación se presenta una descripción sucinta del área de implantación del proyecto, tomando en consideración un Área de Influencia de 500 m, acorde al Estudio de Impacto Ambiental realizado por la consultora ambiental EMSOL (5).

4.3.1. Hidrología

La curtiduría se encuentra dentro de la subcuenca del río Patate, que forma parte de la cuenca del río Pastaza. Aproximadamente a 520 m hacia el NE de la planta, a la altura de Taigua, se encuentra una acequia que posteriormente forma parte la quebrada de Ishiguana.

4.3.2. Calidad de Aguas

Los análisis de descarga de agua realizados por la empresa muestran parámetros que superan los límites permisibles (Ver Anexos D, E y F) establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana. A continuación se muestra el nivel de cumplimiento:

Tabla 8. Resultados de análisis de descargas líquidas del proceso de Pelambre

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite permisible^v	Cumplimiento
DBO5	mg/L	> 5000	250	NO
DQO	mg/L	63800	500	NO
Aceites y grasas	mg/L	220	100	NO
pH		12.52	5 - 9	NO
Sólidos sedimentables	MI/L	200	20	NO
Sólidos suspendidos	mg/L	15500	220	NO
Cromo VI	mg/L	< 0.002	0.5	SI
Cromo total	mg/L	0.21	-	-
Sulfuros	mg/L	3410	1.0	NO
Nitratos	mg/L	4571	-	-
Sulfatos	mg/L	2950	400	NO
Temperatura	°C	27	< 40	SI

Fuente: Análisis de Descargas Líquidas De curtiduría Hidalgo, LABCESTTA 2012 (Ver Anexo D)

^v Tabla11, Anexo 1, Libro VI, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Como se muestra en la Tabla 8, en las descargas líquidas del proceso de pelambre, los parámetros DBO5, DQO, Aceites y Grasas, pH, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos, Sulfuros y Sulfatos superan los límites máximos permisibles.

Tabla 9. Resultados de análisis de descargas líquidas del proceso de Curtido

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite permisible	Cumplimiento
DBO5	mg/L	3400	250	NO
DQO	mg/L	7820	500	NO
Aceites y grasas	mg/L	19.9	100	SI
pH		3.18	5 - 9	NO
Sólidos sedimentables	MI/L	60	20	NO
Sólidos suspendidos	mg/L	650	220	NO
Cromo VI	mg/L	0.018	0.5	SI
Cromo total	mg/L	3811	-	-
Sulfuros	mg/L	0.9	1.0	SI
Nitratos	mg/L	< 2.3	-	-
Sulfatos	mg/L	25770	400	NO
Temperatura	°C	38.5	< 40	SI

Fuente: Análisis de Descargas Líquidas De curtiduría Hidalgo, LABCESTA 2012 (Ver Anexo E)

En la Tabla 9 se puede apreciar que en las descargas líquidas del proceso de curtido, los parámetros DBO5, DQO, pH, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos, y Sulfatos superan los límites máximos permisibles.

Tabla 10. Resultados de análisis de descargas líquidas del proceso de Recurtido

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite permisible ^{vi}	Cumplimiento
DBO5	mg/L	4100	250	NO
DQO	mg/L	9625	500	NO
Aceites y grasas	mg/L	8.5	100	SI
pH		3.44	5 - 9	NO

^{vi} Tabla11, Anexo 1, Libro VI, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite permisible ^{vi}	Cumplimiento
Sólidos sedimentables	MI/L	30	20	NO
Sólidos suspendidos	mg/L	220	220	SI
Cromo VI	mg/L	0.019	0.5	SI
Cromo total	mg/L	268.49	-	-
Sulfuros	mg/L	0.15	1.0	SI
Nitratos	mg/L	3.96	-	-
Sulfatos	mg/L	7290	400	NO
Temperatura	°C	55	< 40	NO

Fuente: Análisis de Descargas Líquidas De curtiduría Hidalgo, LABCESTA 2012 (Ver Anexo F)

La Tabla 10 muestra que en las descargas líquidas del proceso de recurtido, los parámetros DBO5, DQO, pH, Sólidos Sedimentables, Sulfatos y Temperatura superan los límites máximos permisibles.

4.3.3. Climatología

La ciudad de Ambato posee un clima templado, con variaciones estacionales de temperatura y precipitación.

Acorde a datos climatológicos del período Jul 2011- Mar 2012 en la estación meteorológica Ambato Aeropuerto, se ha tenido una temperatura media de 15.9°C, con una máxima de 24.1°C y una mínima de 7.4°C (6).

En cuanto a la precipitación, se ha tenido un promedio mensual de 14.2 mm y en total ha precipitado un total de 128 mm durante el período considerado

4.3.4. Uso del Suelo

Acorde a la cartografía, Curtiduría Hidalgo se encuentra implementada en un área correspondiente a cultivos de frutales de ciclo corto.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

4.4.1. Localización y Habilitación de la Superficie

La planta ocupa una superficie de 3150 m², de los cuáles 941.8 m² corresponde al área operativa; en dicha área se llevan a cabo cuatro macroprocesos: Ribera, Curtido, Post-curtido y Acabado, produciendo 450 pieles mensuales en varios acabados.

En la Tabla 11 se detalla un listado de la maquinaria con la que cuenta la empresa:

Tabla 11. Maquinaria utilizada por la empresa

Maquinaria empleada en Curtiduría Hidalgo	
5 Bombos productivos	1 Pigmentadora
1 Bombo de pruebas	1 Compresor
1 Descamadora	1 Caldero
1 Divididora	1 Estacadora
1 Rebajadora	1 Prensa
1 Rectificadora	1 Medidora
1 Ablandadora	1 Saranda
1 Lijadora	1 Tanque de GLP

Fuente: Curtiduría Hidalgo

En la planta trabajan un total de 14 empleados, siendo 4 en la parte administrativa (Gerente, secretaria, contador y jefe de producción y personal) y 10 en la operativa. La jornada de trabajo es la que se muestra a continuación:

4.4.1.1. Área de recepción

La materia prima se receipta en un área destinada en la parte exterior, cerca de las bodegas de químicos de pelambre y curtido. Junto a la recepción de materia prima se encuentra una sección para el salado de pieles. Se observa una canaleta que dirige las descargas (sangre) hacia el sistema de alcantarillado.



Fotografía 1. Área de recepción y salado de pieles
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 2. Área de recepción
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.2. Área de Bombos

En el área de bombos se encuentran los fullones utilizados en pelambre (2 bombos), curtido (1 bombo) y teñido (2 bombos), así como un pequeño bombo para pruebas y la perchadora (caballete).



Fotografía 3. Bombos
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 4. Bombo de pruebas
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.3. Área de Dividido - Descarnado

En el mismo galpón donde se encuentran los bombos, se ubican las máquinas descarnadora y divididora. No se visualizan canaletas que direccionen las descargas de estos procesos.



Fotografía 5. Descarnadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 6. Divididora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

De igual manera, en la parte superior de este galpón se encuentran las guindaderas para el secado aéreo.



Fotografía 7. Secado Aéreo
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.4. Área de Rebajado

En el área de rebajado, ubicada fuera del galpón de ribera - curtido, se encuentra la raspadora. Se genera viruta y polvo de cromo, los cuales son depositados en el botadero municipal, para lo que se dispone del respectivo permiso municipal. Se mantiene un cancel para las herramientas, así como máscaras de protección personal.



Fotografía 8. Rebajadora o raspadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.5. Área de ablandado, lijado y rectificado

Esta área se encuentra junto al área de rebajado, y es donde se encuentran las máquinas que preparan al cuero para ser teñido: ablandadora, lijadora y rectificadora. En esta área se genera polvo del cuero, que es depositado en el botadero municipal.



Fotografía 9. Ablandadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 10. Lijadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 11. Rectificadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.6. Área de acabados

El área de acabados se encuentra en el galpón ubicado de manera contigua al galpón de ribera – curtido. En la planta baja se encuentra la máquina estacadora, la prensa, la medidora y una mesa de lacado con sus respectivas guindaderas para secado. En la segunda planta se encuentra otra mesa de lacado y las guindaderas correspondientes, así como una pequeña bodega de productos de pintado y lacado compuesta por anaqueles y balanzas. En esta área se observó falta de organización, puesto que se observó una acumulación de tanques metálicos y plásticos de los productos químicos, junto con tubos de PVC y pallets. Además, el ancho de la escalera de acceso a la segunda planta se encontraba reducido debido a que ubicaban tanques de productos químicos en ella, lo que ha producido pequeños derrames.



Fotografía 12. Estacadora
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 13. Área de pintado (primera planta)
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 14. Prensa

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 15. Medidora

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 16. Área de pintado (segunda planta)

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 17. Químicos de lacado y pintado

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.7. Saranda

La saranda se encuentra entre el área de rebajado y la bodega de productos químicos. En esta área se encuentra el bombo de paredes hechas con mallas metálicas que sirve para el suavizado de cuero necesario en algunos acabados.



Fotografía 18. Zaranda
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.8. Compresor de aire

El compresor de aire se encuentra en la parte exterior, junto al área de estacado. Este sistema dota de aire comprimido al área de lacado y pigmentado.



Fotografía 19. Compresor de aire
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.9. Bodegas

Se dispone de bodegas para el almacenamiento de químicos de curtido, ribera y teñido. Los compuestos sólidos se encuentran sobre pallets, pero los tanques de los líquidos se encuentran en contacto directo con el suelo; además, algunos tanques se almacenan de manera horizontal con los cierres a los lados sin ningún sistema para contener los derrames, o se evidenciaron tanques ubicados fuera del área de almacenamiento.



Fotografía 20. Almacenamiento de productos químicos líquidos

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 21. Almacenamiento de productos químicos sólidos

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

Tabla 12. Insumos químicos empleados en Curtiduría Hidalgo

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	CASA	PROVEEDOR	APLICACIÓN
PP-23-832	Pigmento Microdispersado	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
FI-1895	Filler de Cera	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
PP-11-210	Pigmento Microdispersado	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
PP-3086	Pigmento Microdispersado	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
FI-306	Filler de Cera	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
HM-132	Modificador de Tacto	Stahl	Quimitech	Solvente
RA-2354	Resina Acuosa Acrilica	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
RA-1216	Resina Acuosa Acrilica	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
HM-3183	Modificador de Tacto	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
RE-3433	Resina Compacta Acuosa	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
FI-22532	Cera de Cierre	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
HM-443	Modificador de Tacto	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	CASA	PROVEEDOR	APLICACIÓN
BI-372	Binder Proteinico Acuoso	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
XR-2516	Reticulante	Stahl	Quimitech	Acabados Acuosos
SAL	Cloruro de Sodio	Ecuasal	Mariana Bonilla	Conservación de Piel y
				piquelado de cuero en tripa
EUSAPON OC	Alcohol Alcoxilado	Basf	Quimicur	Para los procesos de humectación de desengrase y emulsionado
CARBONATO DE SODIO	Carbonato de Sodio	Soda Polska Ciech	Anderquim	Remojo-Pelambre
MOLLESCAL MF	Auxiliar de Pelambre	Basf	Quimicur	Pelambre
CAL	Oxido de Calcio	Caliza Huayco S.A.	Mariana Bonilla	Pelambre
DEPILANTE MEDIO	Sulfuro de Sodio	Tessengerlo Group	Improdecu	Pelambre
DEPILANTE SUAVE	Sulfhidrato de Sodio	Solvay	Interoc	Pelambre
SULFATO DE AMONIO	Sulfato de Amonio	Fertiandino	Agro-ahorro	Desencalado
BISULFITO DE SODIO	Metabisulfito	Grillo-Werke AG	Provequim	Desencalado
CUIREXON 3F	Purga	American Chemical	Zuela y Cuero	Purgado de la piel desencalada
ACIDO FORMICO	Acido Fórmico	Basf	Provequim	Piquelado de la piel en tripa
ACIDO SULFURICO	Acido Sulfúrico	Quimasa	Quimasa	Piquelado de la piel en tripa

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	CASA	PROVEEDOR	APLICACIÓN
CROMO	Sulfato Básico de Cromo	Leather-et	Ximena Jordán	Cromado de pieles Piqueladas
FORMIATO DE SODIO	Formiato de Sodio	Perstorp	Improdecu	Neutralización de pieles curtidas
BASIFICANTE	Feliderm MGO	Clariant	Fundimega	Basificante de cuero al cromo
U 5138	Resina Uretanica	Tauroquimica	Imcalvi	Puente Graso
PREFONDO CATIONICO	Prefondo Cationico	Tauroquimica	Quimicurtex	Acuosos, Anionico o Cationico
TQ 404	Laca Extramate	Tauroquimica	Imcalvi	Solvente o Thiñer
TQ 450	Laca Extrabrillo	Tauroquimica	Imcalvi	Solvente o Thiñer
EUDERM COMPACTO	Euderm Compacto	Tauroquimica	Quimicurtex	Acuosos o Thiñer
UROPLEN SML	Resina Estiromaleica	Tauroquimica	Imcalvi	Recurtiente
TRUPOTAN NS	Desacidulante	Trumpler	Tensoquim	Neutralización
TRUPOTAN EH	Cromo Sintético	Trumpler	Tensoquim	Recromado
TRUPOTAN TCH	Extracto de Tanino Vegetal	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN UPH	Polímero de Base proteica	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN HD	Curtiente resínico aminico	Trumpler	Tensoquim	Recurtición
TRUPOTAN TD	Curtiente Auxiliar Sintético	Trumpler	Tensoquim	Auxiliar de Tintura
TRUPOTAN BIO-08P	Bipómero	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN GSX	Recurtiente Sintético	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN TF-P	Agente Rellenante	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	CASA	PROVEEDOR	APLICACIÓN
TRUPOTAN R-83	Polimero de Base de ácido acrílico	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN RKM	Polimero de Base acrílica	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPOTAN NCR	Polímero acrílico modificado	Trumpler	Tensoquim	Recurtiente
TRUPON PEM	Ester Fosfórico	Trumpler	Tensoquim	Engrasante
TRUPOSYL ABS	Grasa Hidrofugante	Trumpler	Tensoquim	Engrasante
TRUPOSOL SAM	Grasa Sulfitada Sintética	Trumpler	Tensoquim	Engrasante
TRUPOSYL TBD	Engrase Polimérico	Trumpler	Tensoquim	Engrasante
TRUPON DB-80	Fosfátidos y Engrases sintéticos	Trumpler	Tensoquim	Engrasante
TRUPOFIN CERA HS	Cera	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
TRUPOFIN LACA ET 80 N	Nitrocelulosa en emulsión acuosa	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
TRUPOFIN LACA ET 80	Laca Nitrocelulosa	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
TRUPOCRYL A-18	Emulsión Acuosa	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
TRUPOCRYL A-30	Emulsión Acuosa	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
TRUPOCRYL U-30	Emulsión Acuosa	Trumpler	Tensoquim	Acados Acuosa
Anilina Negra de penetración	Colorante Acido y Directo	Trumpler	Tensoquim	Teñido
Anilina Negra de superficie	Colorante Básico y dispersos	Trumpler	Tensoquim	Teñido
Trukalin K	Polifosfatos Sódicos	Trumpler	Tensoquim	Lavado de Pelambre
Mimosa	Extracto de Mimosa	Tanac	Improdecu	Recurtiente

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	CASA	PROVEEDOR	APLICACIÓN
	Vegetal			
Quebracho	Extracto de Quebracho	Silva Team	Interoc	Recurtiente
Sosa Cáustica	Hidróxido de Sodio	Quimpac	Anderquim	Remojo de Pieles
Hidrolaca Brillo CRO 1	Emulsión de Nitrocelulosa	Color-Química S.A.	Cromagen	Acabados
Disolvente especial para cueros	Mezcla de Butilglicol + Acetato de Butilo + Mek + solvente 1	Esquil	Cromagen	Acabados

Fuente: Curtiduría Hidalgo, 2012

4.4.1.10. Área administrativa

En la parte frontal de la curtiduría se encuentran las oficinas administrativas, donde se coordina las compras de materia prima y ventas de producto terminado, así como actividades de contabilidad y administración de la curtiembre. En la segunda planta se encuentra la vivienda del cuidador y la sala de exhibición.

4.4.1.11. Reservorio de Agua

Para el almacenamiento de agua utilizada en los procesos, se dispone de una cisterna subterránea ubicada en la parte frontal del predio, cuyo volumen es de 130 m³, y se almacena el agua de las acequias Darquea y Chacón Sevilla, para lo cual cuenta con los respectivos permisos. Junto al reservorio se encuentra la bomba para distribuir el agua a los diferentes procesos húmedos.



Fotografía 22. Reservorio de agua
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 23. Conducción del agua de acequia hacia el reservorio
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.12. Sistemas para calentar agua

Para calentar el agua utilizada en parte de los procesos, se utiliza un tanque calentado a gas industrial. Se tiene instalado un caldero, que aún no ha entrado en funcionamiento, puesto que no se tiene instalado un área para almacenar el combustible.



Fotografía 24. Caldero industrial a GLP
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012



Fotografía 25. Caldero
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.13. Vestidores

Se dispone de un área pequeña para vestidores ubicada junto al área de saranda, el cual cuenta con canceles para los trabajadores.



Fotografía 26. Vestidores
Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.4.1.14. Sistema eléctrico

Junto al reservorio de agua se encuentra el cajetín principal de control del sistema eléctrico. Cada bombo y máquina poseen sus propios cajetines de control. Los cables eléctricos se mantienen bajo rieles, pero es necesario dar un mantenimiento, puesto que se evidenció cajetines descubiertos.

4.4.1.15. Señalización

Existe señalización de peligro eléctrico en los cajetines, pero no se visualizaron señales preventivas, prohibitivas, de uso de equipos de protección personal o de identificación de áreas.

4.4.1.16. Ventilación

La distribución de la planta permite una buena ventilación natural. Sin embargo, el área de pintado de la primera planta no cuenta con extractor de aire.

4.4.1.17. Servicios higiénicos

La empresa cuenta con dos servicios higiénicos, uno de ellos equipado con ducha.

4.4.1.18. Botiquín de primeros auxilios

Se tiene implementado un botiquín de primeros auxilios en el área administrativa, pero aún no se han comprado los equipos y medicinas necesarios.

En el Anexo B se encuentra el plano donde se detallan las dependencias de Curtiduría Hidalgo, así como la instalación hidrosanitaria.

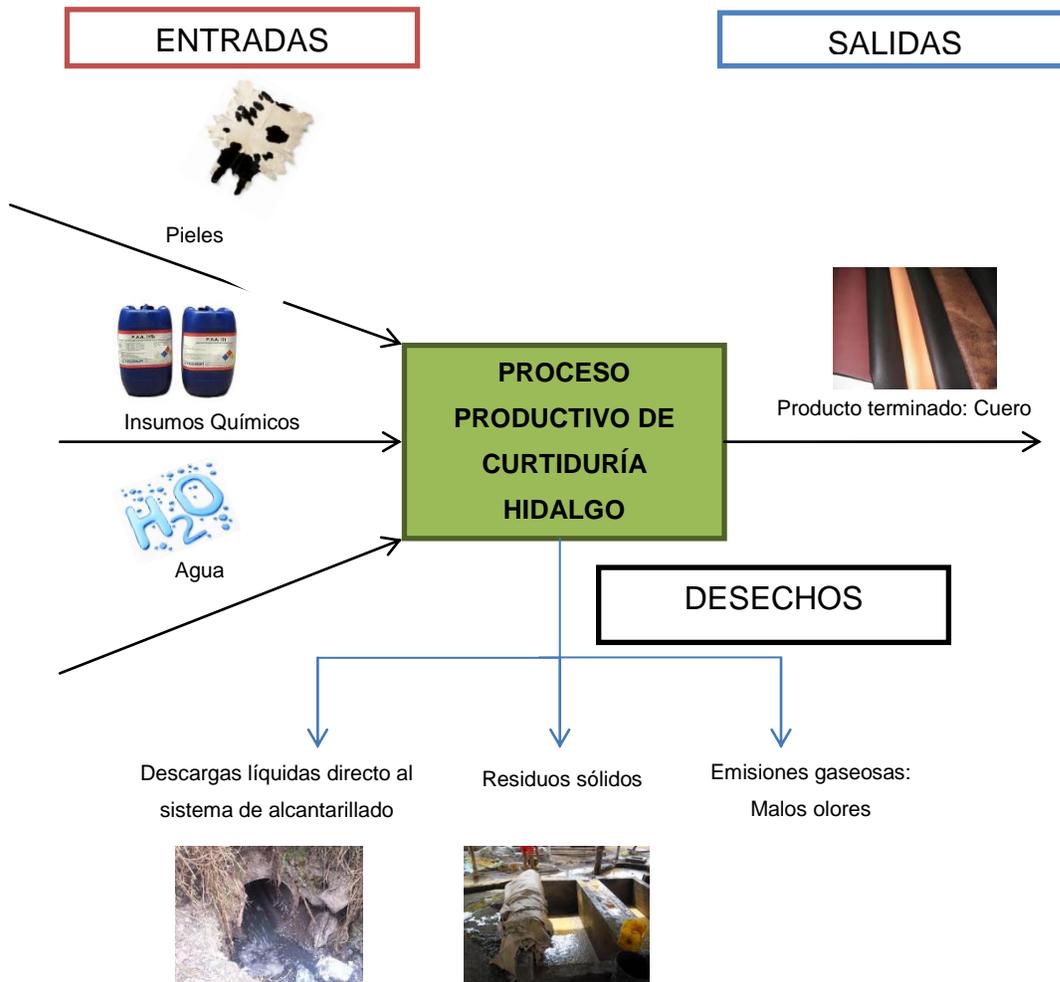
4.4.2. Descripción de las actividades del proyecto

El proceso de curtido de pieles conlleva una serie de pasos sistemáticos que van desde la recepción de pieles en estado fresco hasta los diferentes acabados que se le realizan en función del tipo de cuero solicitado por el cliente.

A continuación se presenta la secuencia de las operaciones realizadas para el curtido de pieles en la empresa, que se agrupan en 4 macroprocesos: Ribera, Curtido, Post-Curtido y Acabado.

El proceso descrito a continuación se basa en un lote de producción de 120 cueros por parada, con un peso inicial de 25 kg.

Figura 8. Diagrama de Flujo Simplificado del Proceso Productivo de Curtiduría Hidalgo



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

4.4.2.1. Etapa de Ribera

El proceso de ribera comprende las operaciones de recepción de piel, remojo y/o lavado, pelambre, descarnado y dividido. Su objetivo es preparar la piel para el curtido limpiándola y acondicionándola, además de asegurar la humedad requerida para los siguientes procesos.

a) Recepción

La recepción corresponde a la llegada de la piel fresca a la empresa, que proviene de ganado vacuno serrano. Se eliminan los rabos que son enviados al relleno sanitario. Se procede a

clasificarlas por tipo de piel (vacuno, caprino etc.), procedencia, estado de conservación, calidad, peso y tamaño.

Posteriormente se salan, a fin de preservar la piel por deshidratación. Esta etapa genera desechos orgánicos como son las colas, patas y cachos que son enviados al relleno sanitario; sal por el proceso de sacudido de pieles, así como sangre que es conducida por canaletas al sistema de alcantarillado.



4.4.2.2. Remojo

La piel es pesada y se ingresa al bombo de remojo – pelambre.

El remojo es la primera operación de la fabricación. Su función es restablecer el nivel de hidratación de la piel y empezar su limpieza y preparación para el curtido, para lo cual se agregan bactericidas, tensoactivos y carbonato de sodio. El remojo se lo realiza en un 100% de agua en peso (1L de agua/Kg de piel), y se deja rodar durante 4 horas.



4.4.2.3. Pelambre

El objetivo de esta operación es, por una parte, depilar la piel, eliminando el material hecho de queratina (pelo, raíces de pelo y epidermis) ; y, por otra, encalar la piel, a fin de hincharla en forma homogénea y prepararla para el curtido, removiendo al mismo tiempo algunas

albúminas, muco-polisacàridos y grasas. De esta forma el pelambre proporciona una mayor apertura a la estructura dérmica, así como más puntos de unión para los curtientes en general.

A la piel rehidratada se aumenta un 70% de agua, junto con cal, sulfuro de sodio, sulfhidrato de sodio y auxiliares de pelambre. Se generan descargas con presencia de sulfuro y cal. El pelo y los lodos son recogidos en las canaletas y son enviados al botadero municipal.



Posteriormente se realiza un lavado con 100% de agua, lo que genera descargas con remanentes de sulfuro y cal.

4.4.2.4. Descarnado

El descarnado es la operación que separa, por corte mecánico, los excesos de la carne, grasa subcutánea y tejido conectivo de la piel, la curtiembre cuenta con una moderna descarnadora de cuero entero para el efecto. El descarnado mecánico, emplean un chorro de agua a través de una flauta para evitar que se almacene material (carnaza) debajo de la piel a descarnar. Se elimina aproximadamente 3 Kg de descarnado por piel procesada.

Los residuos generados son llevados por gestores, pero no se mantienen registros.



4.4.2.5. Dividido

En esta etapa las pieles son divididas de manera mecánica en flor (parte externa) y descarnado o serraje (parte interna), se logra regular el grosor de las pieles mediante el corte horizontal del material. El control adecuado de la operación de dividido asegura una eficiente utilización de insumos y de energía requeridos en posteriores operaciones. La carnaza es enviada como subproducto a una empresa dedicada a la elaboración de juguetes caninos.

De igual manera se utiliza agua a través de una flauta para facilitar el paso de la piel a través de la máquina.



4.4.3. Etapa de Curtido

El proceso de curtido comprende las operaciones de descalcado, purgado, desengrasado, piquelado y curtido propiamente dicho. Dependiendo del tipo de piel a procesar, del producto requerido y del método empleado existen variaciones en estas operaciones.

4.4.3.1. Descalcado y Purgado

El objetivo del descalcado es remover el calcio de la piel, utilizando principalmente sales de amonio. Además, el descalcado permite neutralizar la piel, detener su hinchamiento y remover el sulfuro remanente, mediante lavados con agua y la adición de reactivos químicos (metabisulfito de sodio) y auxiliares de descalcado.

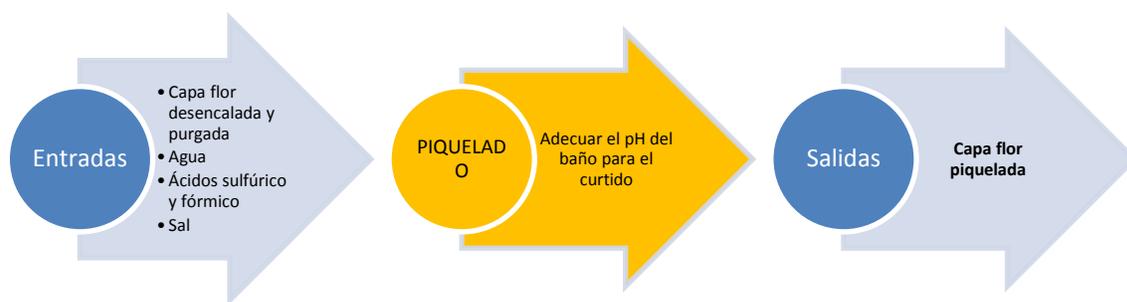
El purgado tiene como objetivo eliminar las proteínas no colágenas, incluyendo algunas raíces de pelos remanentes en la piel, a fin de mejorar la textura del cuero. El purgado se realiza mediante el tratamiento de las pieles con enzimas pancreáticas y/o bacterianas, a fin de que la piel esté idealmente constituida de solo proteína colágena.

El proceso de descalcado dura 1 hora en un baño al 80% de agua, y luego viene el proceso de purgado en el mismo baño durante 30 minutos, para posterior descargar y realizar un lavado únicamente con agua al 100%.



4.4.3.2. Piquelado

El piquelado tiene como objetivo llevar las pieles al pH requerido para el curtido (pH final entre 3 y 3.2) y, al mismo tiempo, detener cualquier tendencia al hinchamiento ácido. Se emplea una mezcla de ácidos fórmico y sulfúrico, y cloruro de sodio, en presencia de un 60% de agua durante tres horas.



4.4.3.3. Curtido

El curtido tiene el propósito de convertir las pieles en material no putrescible. Los agentes curtientes se fijan en la fibra del colágeno, estabilizándolas a través de uniones cruzadas (es decir, uniones químicas entre fibras). Dependiendo del tipo y cantidad del curtiente añadido a las pieles, se producen diferentes tipos de cuero.

Curtiduría Hidalgo usa la curtición mineral al cromo, mismo que se realiza, en el mismo baño de piquelado. Por esta razón, el pH al inicio del curtido tiene el mismo valor que el de la solución de piquelado.

Para una óptima fijación del cromo en el colágeno, el pH final de la solución debe alcanzar valores de 3.8 a 4.2, con incremento paulatino de pH, por lo que es necesario neutralizar los ácidos de piquelado durante el curtido, empleando para ello óxido de magnesio como agente basificante. El agente curtiente utilizado es sulfato básico de cromo.

El proceso dura 10 horas con sus respectivas paradas.



4.4.4. Etapa de Post-Curtido

El post-curtido comprende las operaciones que se efectúan después del curtido como: rebajado, neutralizado, teñido, engrasado, secado, ablandado, lijado.

El wet blue, una vez perchado, es enviado a escurrir en otra curtiduría, debido a que no se dispone de esta maquinaria en la curtiduría.

4.4.4.1. Rebajado

Es la regulación mecánica del espesor del cuero acorde al tipo de producto terminado solicitado, en la que se produce, como residuo sólido, virutas con contenido de cromo. Esta operación genera la mayor cantidad de residuos sólidos con alto contenido de humedad. Se utiliza aceite para lubricar, el cual es reutilizado para los engranajes de los bombos. Se produce aproximadamente medio kilogramo de viruta de cromo por cada banda procesada.



4.4.4.2. Neutralizado

El neutralizado de las pieles al cromo lleva el pH de éstas a valores menos ácidos (del orden de 4.5 a 6.5), a fin de evitar posibles efectos dañinos del ácido sulfúrico residual y a la vez adecuarlos para poder efectuar correctamente la recurtición tintura y engrase posteriores, al anionizar la piel.

Se emplean productos de hidrólisis alcalina débil (formiato de sodio, bicarbonato sódico), así como agentes neutralizantes. El proceso dura aproximadamente una hora, dentro de un baño de 80% de agua.



4.4.4.3. Recurtido

Debido que la curtición al cromo no da a los cueros y pieles la plenitud ni todas las características que el mercado exige, se someten los cueros al proceso de recurtido.

Esta recurtición se empleando sales de cromo, extractos vegetales (taninos), resinas y rellenantes.

El recurtido permite rellenar los vacíos del cuero (curtir), es decir, donde la fibra no ha sido adecuadamente tratada. Para ello se vuelve agregar sales de cromo en menor proporción, y se agregan acrílicos sintéticos y vegetales. Este proceso se realiza en un baño al 50 a 60% de agua.



4.4.4.4. Teñido

Las pieles se tratan con colorantes sintéticos a fin de dar a la piel el color y las solideces deseadas.

Además de colorantes (anilinas), se emplean productos auxiliares (tensoactivos, dispersantes) a fin de mejorar la penetración y la igualación de la tintura.

El grado de contaminación de las aguas residuales es muy variable en función del colorante no fijado, así como la carga de sales que llevan algunos productos, pero no se descargan las aguas hasta el final del engrasado.



4.4.4.5. Engrasado

Las pieles, en el mismo baño, se tratan con grasas minerales, vegetales y/o sintéticas, a fin de lubricar las fibras y también evitar que se unan en el secado, obteniéndose así la flexibilidad y suavidad necesarias además de un cierto aumento de las resistencias físicas de la piel.

Se realiza el engrasado en un baño al 90-100% de agua caliente.

Los baños del proceso contienen restos de grasas no fijadas y tensoactivos.



El cuero engrasado es posteriormente perchado durante 24 horas en los caballetes.

4.4.4.6. Secado

El cuero engrasado es enviado a desvenar y secar al vacío en otra curtiembre donde se dispone de este tipo de equipos. Posteriormente, se realiza un secado aéreo en Curtiduría Hidalgo en las guindaderas.

4.4.5. Etapa de Acabado

4.4.5.1. Estacado

El estacado se realiza de manera mecánica, el cual permite alisar y extender el cuero mediante la acción de vapor.



4.4.5.2. Ablandado y lijado

El cuero es ablandado, para suavizar aún más el cuero, dependiendo del pedido. Posteriormente se lija para eliminar las asperezas y/o impurezas. El polvo del lijado se lo recoge y se lo envía al botadero de basura. Y en caso de ser necesario, se realiza el rectificado del lijado.



4.4.5.3. Batanado

Es el golpeteo de las pieles para dar una mayor soltura o caída al cuero, utilizado para los cueros destinados a vestimenta. Se realiza en la zaranda, que gira a alta velocidad.

4.4.5.4. Pigmentado y lacado

Es la aplicación del film que da la característica al cuero final, los principales tipos de productos entre los formadores de film son: resinas acrílicas de butadieno y similares, uretanos, caseínas, lacas acuosas o al solvente; y entre los no formadores de film: pigmentos, colorantes de avivado, aceites, rellenanter, reticulantes ceras y siliconas.



4.4.5.5. Prensado

Es la aplicación de calor a través de una superficie metálica, que alisa al cuero y uniforma la superficie. Puede adicionalmente servir para imprimir grabados según el tipo de placa que se use. El calor necesario es generado por resistencias eléctricas.

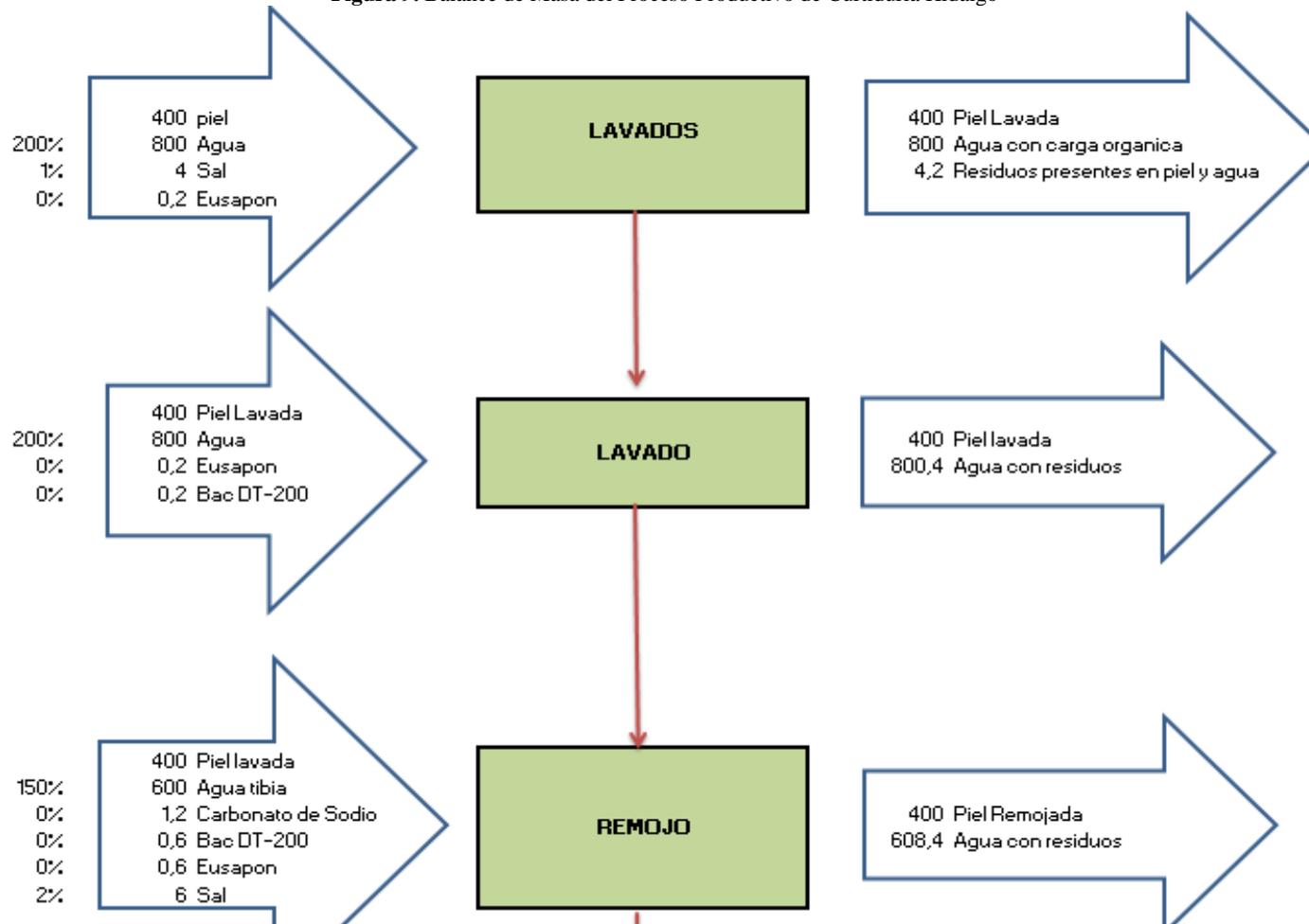


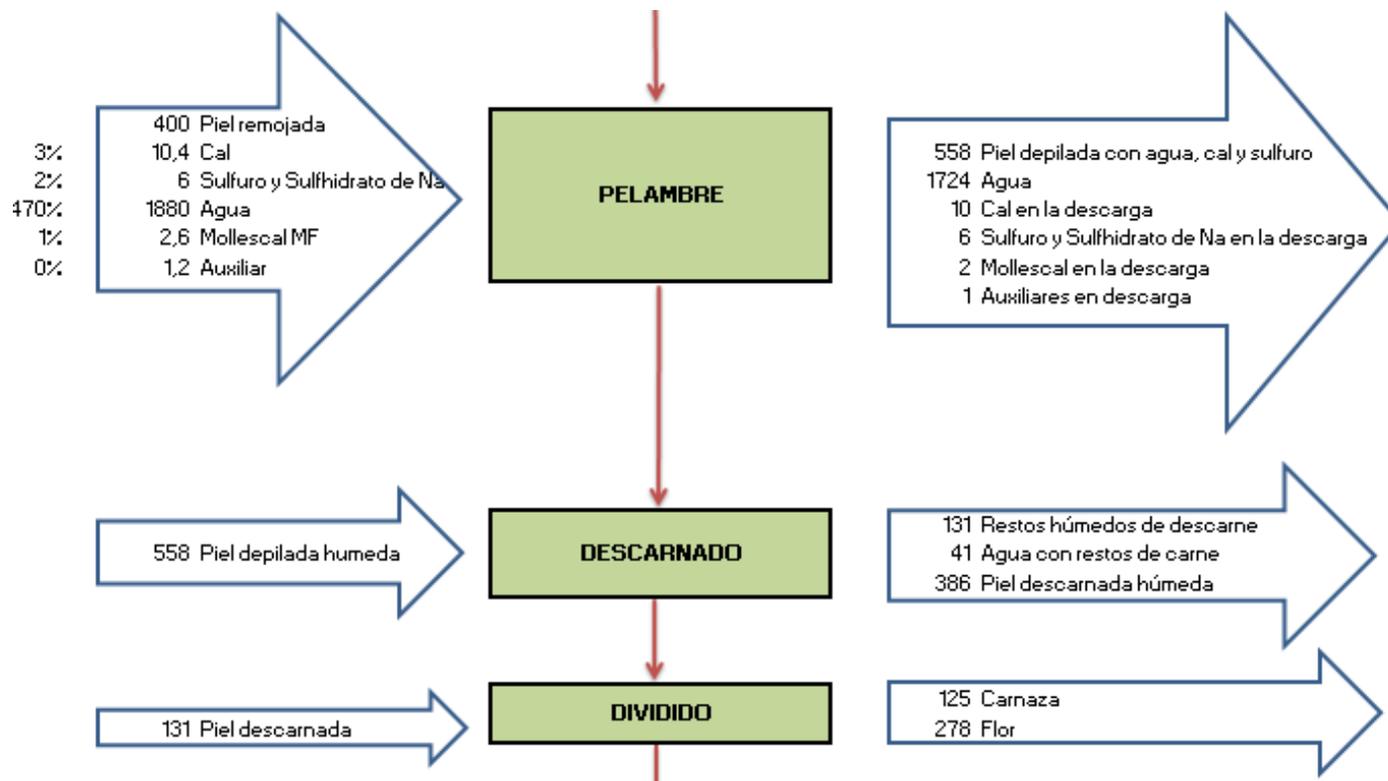
4.4.5.6. Saneado y medido

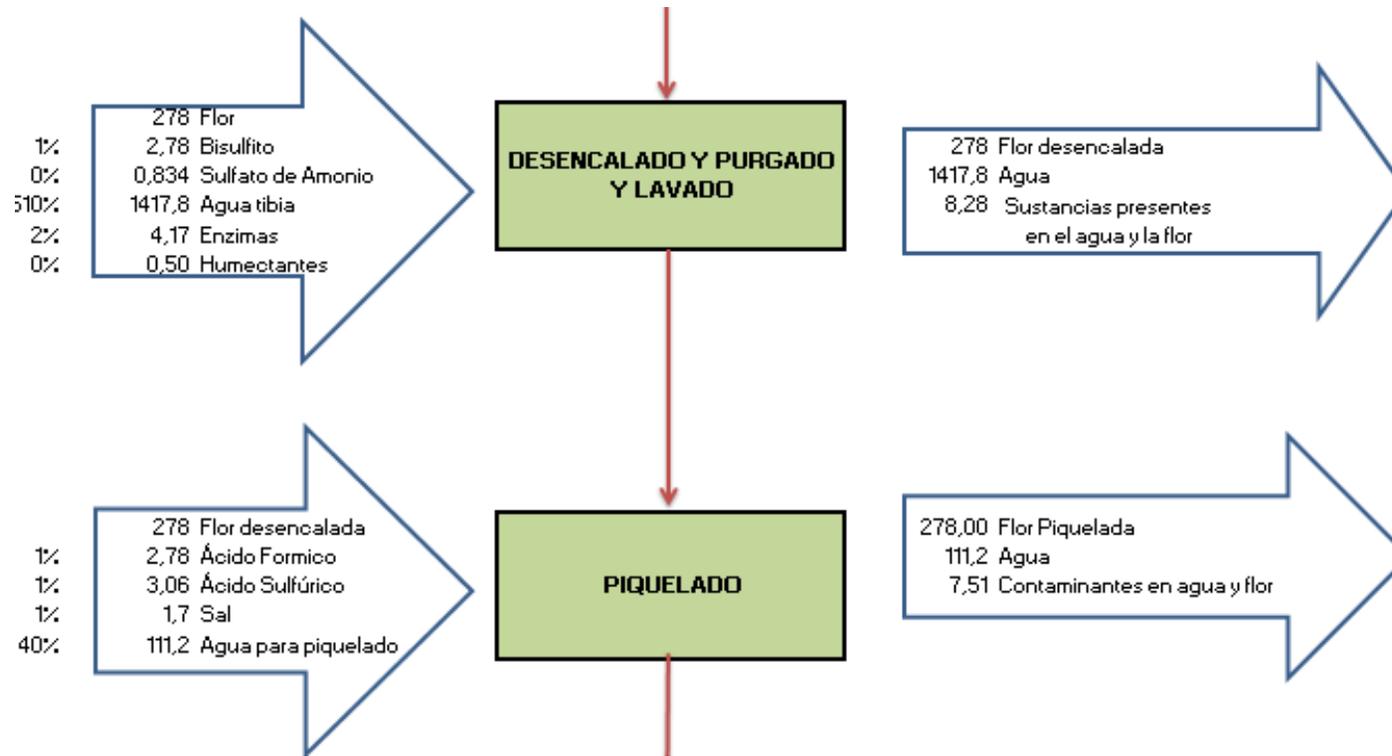
El cuero es sometido a un recorte final que permite eliminar las imperfecciones. Luego entra a la medidora que determina el área del cuero a fin de calcular su costo por decímetro cuadrado.

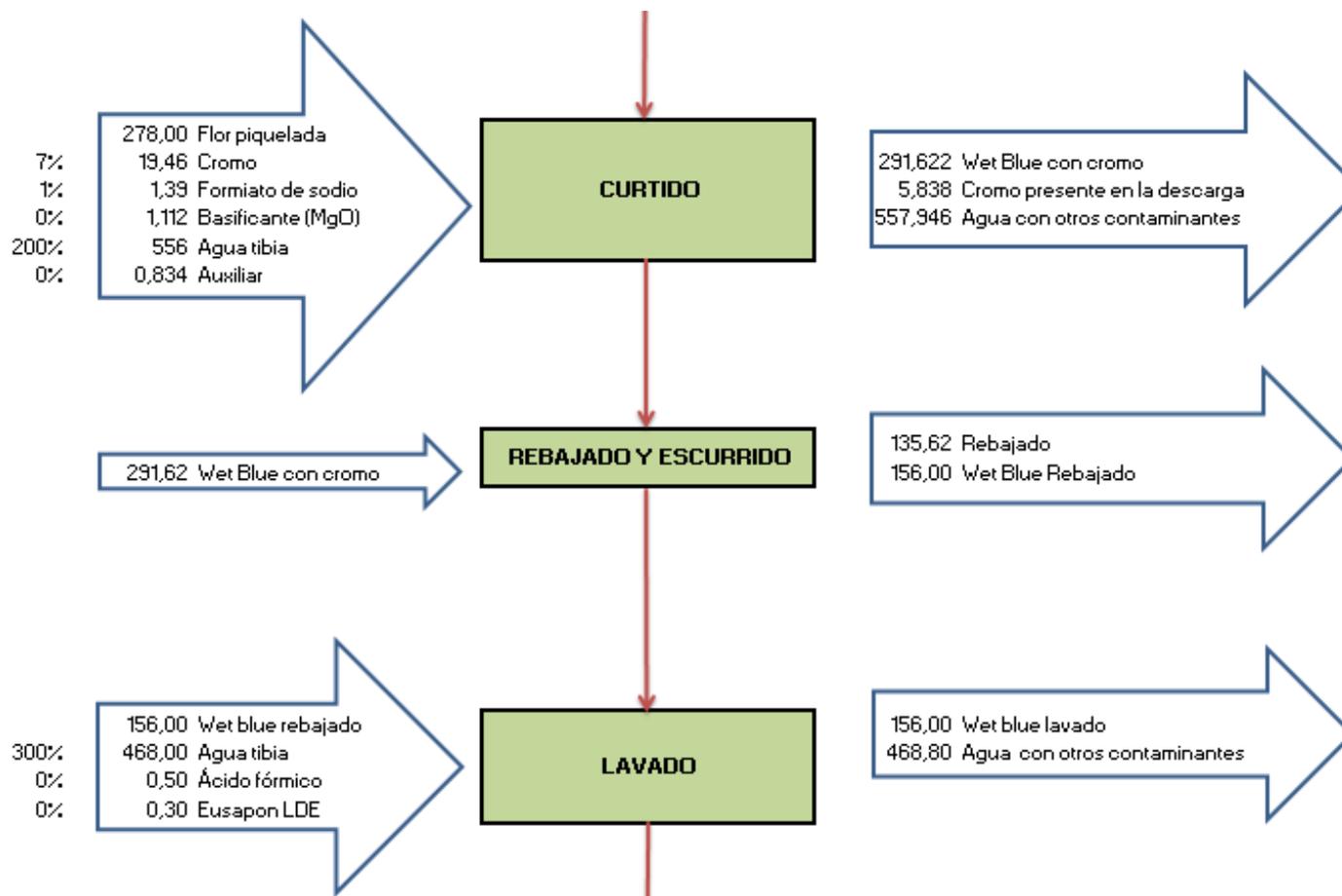


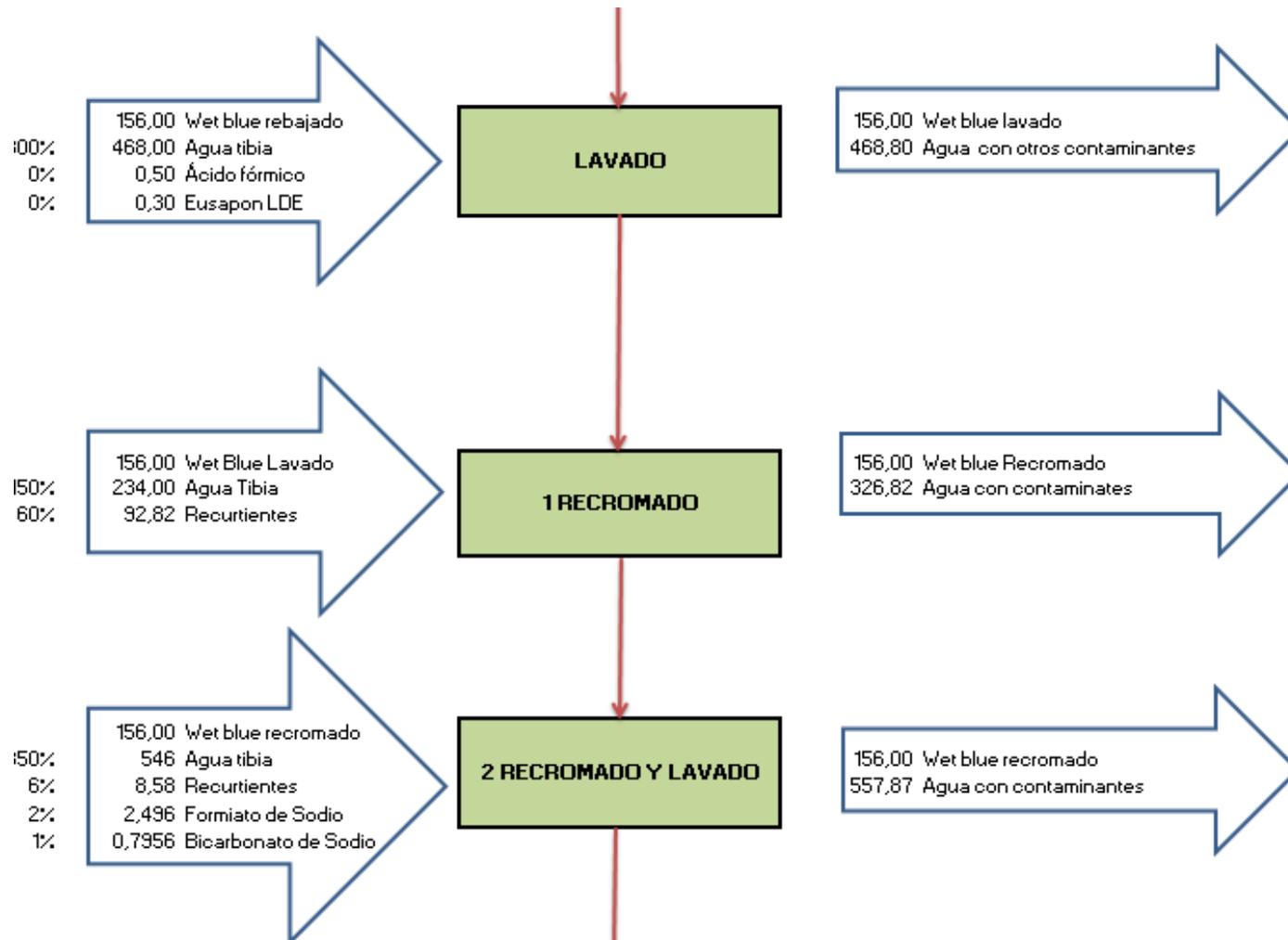
Figura 9. Balance de Masa del Proceso Productivo de Curtiduría Hidalgo

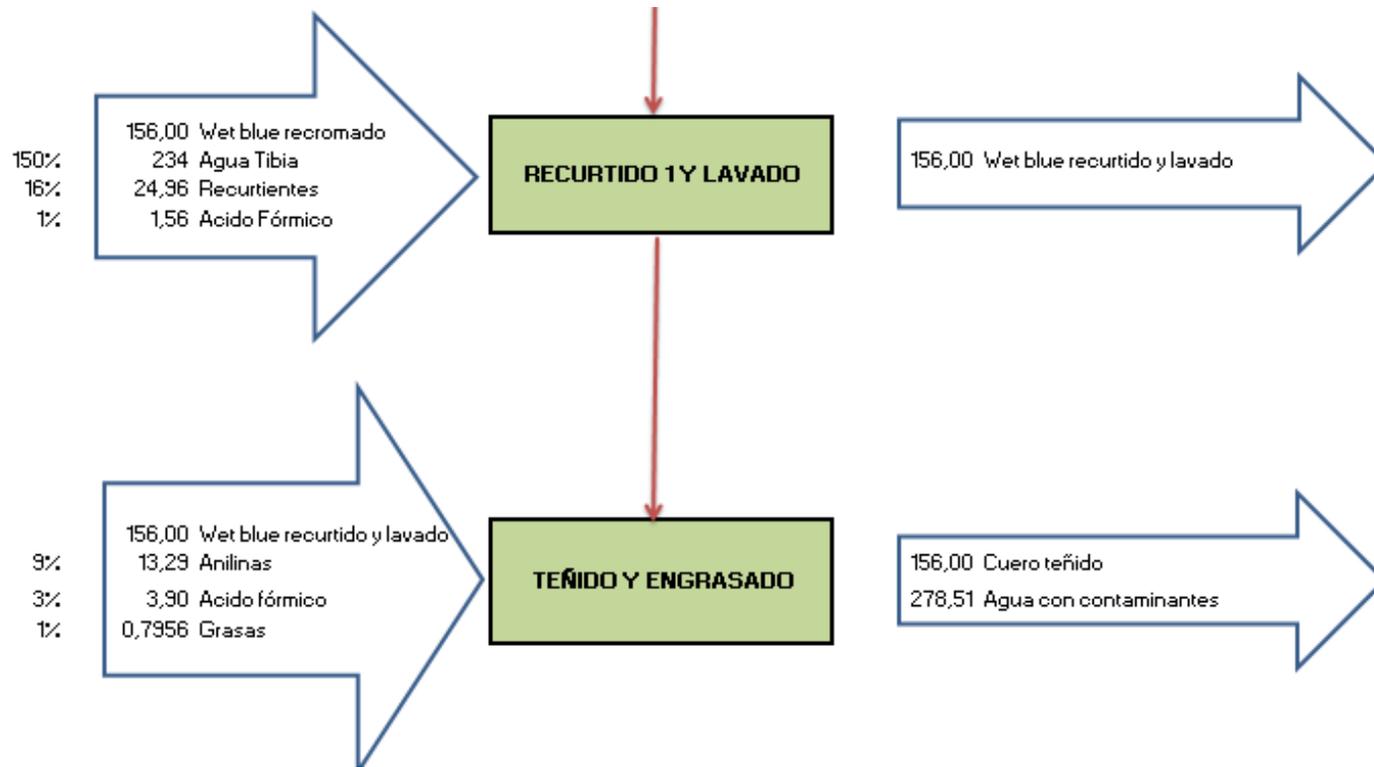












Fuente: Curtiduría Hidalgo
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

4.5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La identificación y evaluación de los impactos ambientales permite identificar y cuantificar los impactos de cada una de las acciones ejecutadas en función de los componentes ambientales afectados.³⁸

4.5.1. Actividades del Proyecto

Las actividades del proyecto que generan impactos a los componentes ambientales en el sitio de implantación del proyecto son los siguientes:

Tabla 13. Etapas y Actividades de Proceso Productivo de Curtiduría Hidalgo

Etapas	Actividad
Ribera	<ul style="list-style-type: none">• Recepción• Remojo• Pelambre• Lavado pelambre• Descarnado• Dividido
Curtido	<ul style="list-style-type: none">• Desencalado– Purgado• Lavado desencalado• Piquelado• Curtido
Post-Curtido	<ul style="list-style-type: none">• Rebajado• Neutralizado• Recurtido• Teñido – Engrasado
Acabados	<ul style="list-style-type: none">• Estacado• Ablandado y Lijado• Pigmentado y lacado• Prensado• Saneado y medido

Etapa	Actividad
Operaciones Logísticas	<ul style="list-style-type: none"> • Bodega de productos químicos • Compresor

Fuente: Curtiduría Hidalgo

4.5.2. Componentes ambientales

De acuerdo a las características de la zona y a las actividades del proyecto, se consideraron los siguientes componentes ambientales:

Tabla 14. Componentes Ambientales

Etapa	Actividad
Medio Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Aire • Ruido • Suelo • Agua • Recursos
Medio Socio-económico	<ul style="list-style-type: none"> • Salud de la población • Seguridad de los trabajadores • Economía

Fuente: Curtiduría Hidalgo

4.5.3. Identificación de Impactos Ambientales

Se realizó la identificación de impactos ambientales a través de una matriz de doble entrada, en la cual, se disponen los componentes ambientales en filas, mientras que las actividades ejecutadas en la empresa y que generan impactos se ubican en columnas.

En cada celda se evaluó la afectación de la actividad al medio. Las celdas vacías indican que no existe interacción entre la actividad y el ambiente.

En la columna de la derecha consta el Subtotal de cada una de las filas, el cual indica la frecuencia que un determinado componente ambiental es afectado positiva o negativamente por las actividades.

La matriz de identificación de impactos se muestra a continuación:

Tabla 15. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales

			RIBERA						CURTIDO				POST-CURTIDO				ACABADOS				OPERACIONES LOGÍSTICAS		NÚMERO DE IMPACTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL	
			Recepción	Remojo	Pelambre	Lavado pelambre	Descarnado	Dividido	Desencalado - Purgado	Lavado desencalado	Piquelado	Curtido	Rebajado	Neutralizado	Recurtido	Teñido - Engrasado	Estacado	Ablandado y Lijado	Pigmentado y lacado	Prensado	Saneado y medido	Bodega de productos químicos		Compresor
MEDIO FÍSICO	AIRE	Emisión de vapores, gases, malos olores	x		x				x							x								5
		Presencia de material particulado										x					x	x						3
	RUIDO	Generación de ruido		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									x	14
	AGUA	Calidad del agua	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x										12
	SUELO	Generación de desechos peligrosos			x		x					x					x		x			x		7
		Generación de desechos no peligrosos	x																	x				2
	RECURSOS	Consumo de agua		x	x	x	x	x	x	x			x	x	x									11
		Consumo energético		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	19
		Consumo de combustibles													x	x								2
	MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SALUD	Afectaciones a la salud de la población			x																		1
Alteración de la calidad de vida de la población			x		x																			2

		RIBERA						CURTIDO				POST-CURTIDO				ACABADOS				OPERACIONES LOGÍSTICAS		NÚMERO DE IMPACTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL		
		Recepción	Remojo	Pelambre	Lavado pelambre	Descamado	Dividido	Desencalado - Purgado	Lavado desencalado	Piquelado	Curtido	Rebajado	Neutralizado	Recurtido	Teñido - Engrasado	Estacado	Ablonado y Lijado	Pigmentado y lacado	Prensado	Saneado y medido	Bodega de productos químicos		Compresor	
SEGURIDAD	Riesgos y afectaciones a la seguridad de los trabajadores	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	19
ECONOMÍA	Generación de empleo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	21

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

4.5.4. Descripción de Impactos Ambientales

A continuación se describe de manera general los impactos producidos por componente ambiental:

4.5.4.1. Aire

Presencia de malos olores por vapores sulfurosos y amoniacales en los procesos de pelambre y desencalado; así como por los olores característicos de la piel recibida y el vapor de agua durante el estacado y secado.

Material particulado correspondiente al rebajado y lijado del cuero, al igual que el pintado y lacado del cuero.

4.5.4.2. Ruido

Se genera ruido durante el funcionamiento de los bombos y maquinarias eléctricas.

4.5.4.3. Agua

Las actividades productivas generan aguas industriales que alteran la calidad del agua, debido a que contiene pH ácido, alta carga orgánica, alta demanda química de oxígeno, tintes, tensoactivos, sulfuros, cromo, grasas, sólidos.

4.5.4.4. Suelo

Las etapas de remojo, descarnado y dividido generan desechos orgánicos contaminados con sulfuros y lodos.

El rebajado y lijado producen viruta y polvo de cromo.

El prensado genera envases de aceites, así como la bodega de productos químicos genera envases de químicos.

Durante la recepción se produce recorte de piel, lo que genera desechos orgánicos no contaminados. En el saneado se generan recortes de cuero ya estabilizado.

4.5.4.5. Recursos

Los procesos de húmedos y enjuagues consumen el agua almacenada en el reservorio.

Todos los procesos donde entran en funcionamiento los bombos, soplete de pintura y resto de maquinaria utilizan energía eléctrica.

El combustible (GLP industrial) es utilizado para generar vapor de agua que se distribuye a los procesos que necesitan calor.

4.5.4.6. Salud

La recepción puede afectar la calidad de vida de la población circundante debido a la atracción de vectores.

La calidad de vida puede afectarse por los sulfuros y malos olores de la recepción y pelambre.

4.5.4.7. Seguridad

Se mantiene el riesgo latente para los trabajadores durante la puesta en marcha y operación de las máquinas, por el riesgo a golpes, atascamientos de las prendas de vestir en los engranajes de los bombos y la maquinaria.

4.5.4.8. Economía

Todas las actividades del proceso de curtiembre generan empleo que dinamiza la economía del sector, debido a la contratación de la mano de obra.

4.5.5. Evaluación de Impactos Ambientales

4.5.5.1. Metodología para Evaluar los Impactos Ambientales

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales se utilizó la Matriz de Leopold, que permitió identificar las interacciones entre las acciones (eje horizontal) y los factores ambientales (eje vertical).

Se procedió a calificar los impactos de acuerdo a su intensidad, extensión y duración para calcular la magnitud; y se calificó los impactos de acuerdo a su reversibilidad, riesgo y extensión para calcular la importancia de acuerdo a los siguientes criterios:

Tabla 16. Criterios de Evaluación de Impactos Ambientales

Variable	Símbolo	Carácter	Valor
Para la Magnitud (M)			
INTENSIDAD	I	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
EXTENSIÓN	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
DURACIÓN	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
Para la Importancia (I)			
REVERSIBILIDAD	R	Irrecuperable	3
		Poco recuperable	2
		Recuperable	1
RIESGO	G	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
EXTENSIÓN	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

Para calcular la magnitud, se ponderó los criterios:

- Peso del criterio de intensidad (i): 0.40
- Peso del criterio de extensión (e): 0.40
- Peso del criterio de duración (d): 0.20

$$M = (i \times 0.40) + (e \times 0.40) + (d \times 0.20)$$

Para calcular la importancia, se ponderó los criterios:

- Peso del criterio de extensión (e): 0.40
- Peso del criterio de reversibilidad (R): 0.35
- Peso del criterio de riesgo (q): 0.25

$$I = (e \times 0.40) + (R \times 0.35) + (q \times 0.25)$$

Una vez calculadas la magnitud y la importancia, se calculó la severidad del impacto, multiplicando los dos factores:

$$S = M \times I$$

Para la calificación, se tomó en cuenta los siguientes rangos:

Tabla 17. Criterios de Calificación de Severidad de Impacto

Escala de valores estimados	Severidad del impacto
1.0 – 2.0	Bajo
2.1 – 3.6	Medio
3.7 – 5.3	Alto
5.4 – 9.0	Crítico

Fuente: (5)

Impacto Crítico

Si se encuentra en este rango, significa que el impacto ocasionado irreversible, y en pocas ocasiones reversible, pero se necesita de un alto índice técnico, para minimizarlos, es muy difícil eliminarlo completamente y a su vez una alta inversión para remediar el daño que se haya producido al entorno, o a su vez al proceso.

Impacto Alto

Este rango indica la presencia de impacto alto ocasionado a corto plazo; ocasionado por el proceso a su entorno o viceversa, el cual puede ser reparado con medidas técnicas, que genera una inversión considerable.

Impacto Medio

Este rango es el adecuado para que el proceso se ejecute con poco impacto o complicación, que sea permisible y pueda ser evitado con pocas regulaciones y no produce un daño irreversible a corto plazo.

Impacto Bajo

Este rango es adecuado para describir que la actividad analizada, genera un impacto bajo, es decir, que se encuentra dentro de los límites permisibles y no pone en peligro la tasa de autodepuración del entorno.

En base a los criterios mencionados, se procedió a evaluar la matriz de doble entrada, a fin de determinar los impactos significativos y no significativos.

Las matrices de evaluación de impactos ambientales se encuentran en el ANEXO C.

4.5.6. Resumen de la Evaluación de Impactos

4.5.6.1. Análisis de Resultados

Luego del proceso de calificación se obtuvieron los resultados de calificación ambiental en base a su Severidad.

Para calificar a un impacto como significativo o no significativo, se tomó en cuenta su severidad: si es alto o crítico, corresponde a un impacto significativo; si es medio o bajo, corresponde a un impacto no significativo.

Del análisis se tiene que el 19% (22 impactos) son significativos, mientras que el 81% restante (96 impactos) son no significativos.

En base a los componentes ambientales afectados, se tiene lo siguiente:

Tabla 18. Impactos significativos por componente ambiental

			Total significativos	Total no significativos
MEDIO FÍSICO	AIRE	Emisión de vapores, gases, malos olores	1	4
		Presencia de material particulado		3
	RUIDO	Generación de ruido		14
	AGUA	Calidad del agua	10	2
	SUELO	Generación de desechos peligrosos	1	6
		Generación de desechos no peligrosos		2
	RECURSOS	Consumo de agua	5	6
		Consumo energético	1	18
		Consumo de combustibles		2
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Calidad y cantidad de especies vegetales	
FAUNA		Calidad y cantidad de especies animales		
MEDIO SOCIO- ECONÓMICO	SALUD	Afectaciones a la salud de la población		1
		Alteración de la calidad de vida de la población		2
	SEGURIDAD	Riesgos y afectaciones a la seguridad de los trabajadores		19
Total			18	79

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

Acorde a la evaluación, el componente ambiental más afectado por impactos significativos es el agua, debido a la alteración de su calidad ocasionada por las descargas del proceso.

En lo que se refiere a impactos significativos por actividad, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. Impactos significativos por actividad

		Total significativos	Total no significativos
RIBERA	Recepción		5
	Remojo	2	3
	Pelambre	2	7
	Lavado pelambre	2	2
	Descarnado	2	4
	Dividido	1	5
CURTIDO	Desencalado - Purgado	2	4
	Lavado desencalado	1	3
	Piquelado		4
	Curtido	2	2
POST-CURTIDO	Rebajado		5
	Neutralizado	1	4
	Recurtido	1	4
	Teñido - Engrasado	2	4
ACABADOS	Estacado		4
	Ablandado y lijado		4
	Pigmentado y lacado		4
	Prensado		3
	Saneado y medido		3
OPERACIONES LOGÍSTICAS	Bodega de productos químicos		2
	Funcionamiento del compresor		3

Fuente: EMSOL Ambiente & Seguridad, 2012

Las actividades que generan mayor cantidad de impactos significativos son el remojo – pelambre, lavado de pelambre, descarnado, desencalado – purgado, curtido, teñido-engrasado y secado.

En base al análisis desarrollado por la consultora ambiental EMSOL, se ha justificado que los impactos significativos están relacionados con las descargas líquidas, por lo tanto el proyecto

de investigación plantea medidas de Producción Más Limpia, que tiendan a mitigar estos impactos, las cuales son:

- Recuperación de Sulfuro de las descargas líquidas provenientes del Pelambre y minimización de olores.
- Recuperación de Cromo de las descargas líquidas provenientes del Curtido.
- Reutilización de agua proveniente del proceso de recuperación de cromo.

CAPÍTULO V

5. PROCESO EXPERIMENTAL

5.1. PROCESO EXPERIMENTAL SELECCIONADO

En este capítulo se describe la metodología experimental empleada para el desarrollo del presente proyecto de investigación, con el fin de determinar la aplicabilidad técnica de las medidas de Producción Más Limpia planteadas, para lo cual se llevaron a cabo los siguientes procedimientos experimentales:

- a) Recuperación de Sulfuros y minimización de olores
 - Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire.
 - Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire y adición de cal apagada.
 - Recuperación de Sulfuro por precipitación, transformándolo en Sulfuro de Hierro III.

- b) Recuperación de Cromo y Reutilización de agua
 - Recuperación de cromo mediante precipitación y reacidulación.

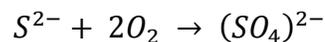
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

5.2.1. Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire.

5.2.1.1. Descripción General del Proceso

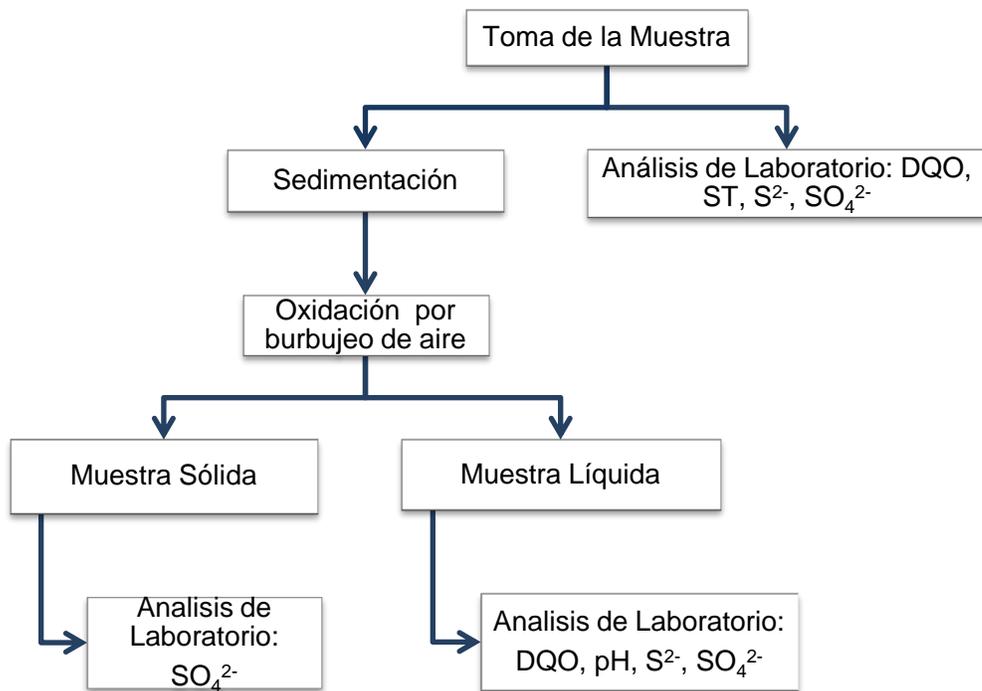
Las actividades generales desarrolladas en el proceso experimental para este inciso, son las siguientes:

- a) Toma de la muestra de agua de pelambre: llevada a cabo en Curtiduría Hidalgo directamente de la descarga del bombo.
- b) Sedimentación: se removieron los sólidos sedimentables empleando tubos Imhoff, con el posterior filtrado de la muestra.
- c) Análisis de Laboratorio: la muestra filtrada se envió a LABFIGEMPA para el análisis de DQO, ST, Sulfuros y Sulfatos.
- d) Oxidación por burbujeo de aire: se inyectó aire a la muestra filtrada a través de un burbujeador, oxidando el sulfuro a sulfato.



- e) Análisis de muestra sólida: el sólido sedimentado obtenido se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Sulfatos.
- f) Análisis de muestra líquida: la fase líquida obtenida se envió a LABFIGEMPA para el análisis de DQO, pH, Sulfuros y Sulfatos.

Figura 10. Diagrama de Flujo del Proceso de Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

5.2.1.2. Descripción Específica del Proceso

a) Toma de la Muestra

Materiales utilizados

- 6 Botellas plásticas de 500 mL
- 1 Botella plástica de 550 mL
- Guantes desechables
- Papel medidor de pH Fix 0-14 PT
- Cooler

El día jueves 13 de septiembre del 2012, se realizó la recolección de muestras de las descargas líquidas del proceso de pelambre.

La recolección inició a las 07h15 y culminó a las 07h22, período en el cual se recolectaron 7 muestras en botellas plásticas.

Se realizó un muestreo simple, donde se recolectaron 3,55 L de efluente proveniente del bombo de pelambre.



Fotografía 27. Toma de muestras de pelambre

- Una vez recolectada el volumen correspondiente en cada botella, se procedió a medir el pH introduciendo papel medidor en cada muestra, y se comparó con la escala colorimétrica.



Fotografía 28. Comparación con la escala colorimétrica

- Los resultados del análisis in situ se resumen a continuación:

Tabla 20. Determinación de pH in situ

# Muestra	Volumen (mL)	pH
1	500	12
2	500	12
3	500	12
4	500	12
5	500	12
6	500	12
7	550	12

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Las muestras tomadas fueron refrigeradas acorde al protocolo de muestreo (4°C) y se las transportó al laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental LABFIGEMPA.



Fotografía 29. Refrigeración de las muestras

b) Análisis de Laboratorio

- Se ingresaron dos muestras de 500 mL a LABFIGEMPA, para que se realicen los análisis de concentración de sulfuros, sulfatos, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales y pH.
- Los resultados de los análisis fueron los siguientes:

Tabla 21. Resultados de Análisis de la muestra cruda – Pelambre

Parámetro	Unidad	Valor	Método Aplicado
DQO	<i>mg/L</i>	23200	PEE/A/02 Ref: S.M. 5220 D
Solidos totales	<i>mg/L</i>	22915	PEE/A/06 Ref: S.M. 2540 B
Sulfuros	<i>mg/L</i>	1760	S.M. 4500 S ²⁻ F
Sulfatos	<i>mg/L</i>	<0.1	S.M. 4500 SO ₄ ²⁻ E

Fuente: LABFIGEMPA, 2012

c) Sedimentación

Materiales y equipos

- Soporte de madera para Tubos Imhoff
- Tubo Imhoff de 1000 mL
- 1 Probeta graduada de 100 mL
- Cronómetro

Para el ensayo experimental se removieron los sólidos sedimentables, a fin de que éstos no influyan en los resultados posteriores, mediante el siguiente procedimiento de sedimentación:

- De las muestras recolectadas, se utilizó una de 500 mL (Muestra 4).
- Con la probeta graduada de 100 mL se midió el volumen y se trasvasó al tubo Imhoff. Este procedimiento se repitió hasta completar los 500 mL. La muestra presentaba mal olor.
- Una vez completados los 500 mL, se tomó el tiempo de inicio de sedimentación (12h04).
- Se realizó una lectura de los sólidos sedimentados (mL/500 mL de muestra) y se repitió la medición cada 30 minutos. Esta actividad se llevó a cabo para determinar la velocidad de sedimentación de la muestra.

- Cabe señalar que para la medición de sólidos sedimentables, la normativa establece que se haga una lectura a los 10 minutos de iniciada la sedimentación y otra a las 2 horas. Aunque el experimento se enfocó en la velocidad de sedimentación y no en la concentración como tal.
- La última lectura del día (13 de septiembre) se tomó a las 15h18.



Fotografía 30. Traspase de la muestra



Fotografía 31. Inicio de sedimentación



Fotografía 32. Final de la sedimentación

Resultados

Los resultados de las lecturas de la velocidad de sedimentación se muestran a continuación:

Tabla 22. Resultados de sedimentación

Hora	Minutos transcurridos (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (mL/500mL)	Concentración (mL/L)
12h04	0	0	0	0
12h20	16	16	4	8
12h34	14	30	4,5	9
13h04	30	60	5,25	10,5
14h04	60	120	5,5	11
14h34	30	150	5,75	11,5
15h18	44	194	6	12
11h59*	1241	1435	8	16

*Lectura tomada el 14 de septiembre de 2012

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Gráfico 1. Resultados de sedimentación



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Tratamiento estadístico de los datos

De acuerdo al gráfico se observa que los puntos presentan una dispersión que se ajusta a una regresión logarítmica, por lo que se ha calculado el coeficiente de correlación (R) respectivo, que es igual a:

Ecuación 1. Coeficiente de correlación

$$R = r^2 = \left(\frac{n \sum \ln x_i y_i - \sum \ln x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum \ln x_i^2 - (\sum \ln x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \right)^2$$

El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1,1].

Para calcular el coeficiente de correlación entre las variables Tiempo acumulado (X_i) y Concentración de sólidos sedimentables (Y_i), se elaboró la tabla de cálculos correspondiente, que se muestra a continuación:

Tabla 23. Cálculo de coeficiente de correlación

n	X_i	Y_i	Ln x_i	Ln x_i y_i	(Ln x_i)²	Y_i²
1	16	8	2,77258872	22,1807098	7,68724822	64
2	30	9	3,40119738	30,6107764	11,5681436	81
3	60	10,5	4,09434456	42,9906179	16,7636574	110,25
4	120	11	4,78749174	52,6624092	22,9200772	121
5	150	11,5	5,01063529	57,6223059	25,1064661	132,25
6	194	12	5,26785816	63,2142979	27,7503296	144
7	1435	16	7,26892013	116,302722	52,8371998	256
	Σ	78	32,603036	385,583839	164,633122	908,5

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Reemplazando valores en la Ecuación 1 se tiene:

$$R = \left(\frac{7 * 385,583839 - 32,603036 * 78}{\sqrt{7 * 164,633122 - (32,603036)^2} \sqrt{7 * 908,5 - (78)^2}} \right)^2$$

$$R = (0,9939)^2$$

$$R = 0.9879$$

Se observa que el valor de R obtenido es cercano a + 1, por lo que la correlación tiende a ser perfecta positiva.

Una vez calculado el coeficiente de correlación R, se procedió a calcular la ecuación de regresión logarítmica para los datos obtenidos; a través de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2. Ecuación de curva logarítmica

$$y = a \ln x + b$$

Dónde:

Ecuación 3. Cálculo del coeficiente a

$$a = \frac{\sum \ln(x_i)(y_i) - \bar{y}_i \sum \ln x_i}{\sum (\ln x_i)^2 - \bar{\ln x_i} \sum \ln x_i}$$

Ecuación 4. Cálculo del coeficiente b

$$b = \bar{y}_i - (a \bar{\ln x_i})$$

Para determinar los coeficientes a y b, a continuación se muestra la tabla de cálculo:

Tabla 24. Cálculo de coeficientes a y b

n	x _i	y _i	ln x _i	ln ² x _i	ln x _i * y _i	y _i ²
1	16	8	2,77258872	7,68724822	22,1807098	64
2	30	9	3,40119738	11,5681436	30,6107764	81
3	60	10,5	4,09434456	16,7636574	42,9906179	110,25
4	120	11	4,78749174	22,9200772	52,6624092	121
5	150	11,5	5,01063529	25,1064661	57,6223059	132,25
6	194	12	5,26785816	27,7503296	63,2142979	144
7	1435	16	7,26892013	52,8371998	116,302722	256
Σ	2005	78	32,603036	164,633122	385,583839	908,5
Promedio	286,4285714	11,14285714	4,65757657			

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Reemplazando los valores en la Ecuación 3 se tiene:

$$a = \frac{385,583839 - 11,14285714 * 32,603036}{164,633122 - 4,65757657 * 32,603036}$$

$$a = 1,7441$$

Reemplazando el valor de a en la Ecuación 4 se tiene:

$$b = 11,14285714 - (1,7441 * 4,65757657)$$

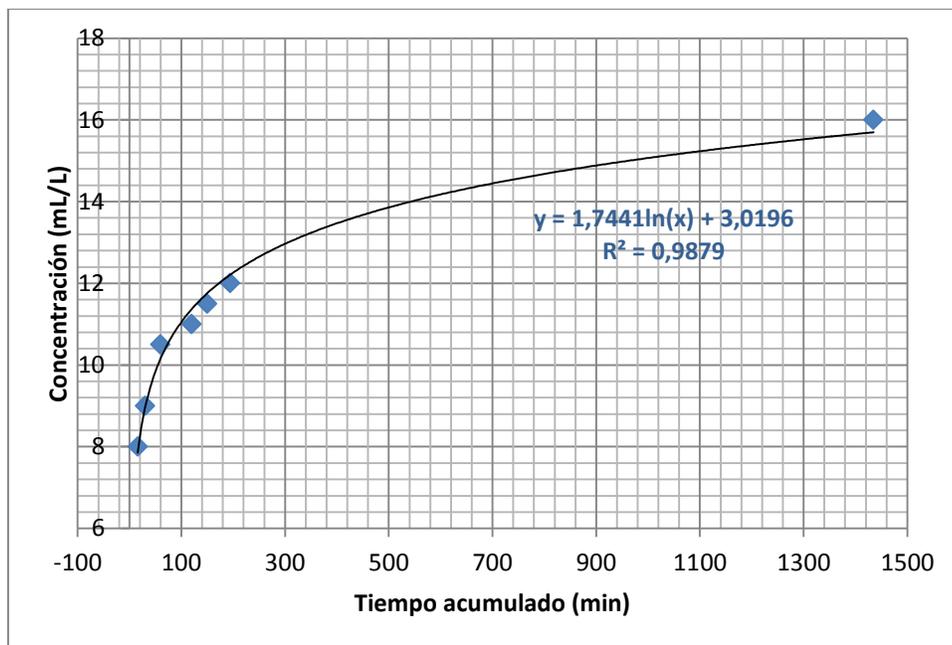
$$b = 3,0196$$

Por lo tanto la ecuación de la curva logarítmica, para la sedimentación de las aguas de pelambre, es la siguiente:

Ecuación 5. Curva logarítmica para la sedimentación de las aguas de pelambre

$$y = 1,7441 \ln x + 3,0196$$

Gráfico 2. Curva logarítmica para la sedimentación de las aguas de pelambre



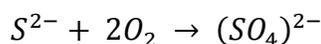
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

d) Oxidación

Materiales y equipos

- 2 Vasos de precipitación de 250 mL.
- Triángulo de arcilla
- 1 Probeta graduada 100 mL.
- Embudo de vidrio
- Soporte universal
- Aro de hierro
- Papel filtro
- Espátula pequeña
- Bomba de aire ATMAN 100 L/h.
- Cronómetro
- Piseta con agua destilada

El ensayo experimental se basa en la oxidación del ión sulfuro a ión sulfato mediante el burbujeo de aire, acorde a la siguiente reacción:



La muestra de agua de pelambre, posee un pH básico igual a 12 (Ver Tabla 20) debido a la presencia de hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$ en solución, por lo que se espera que el sulfuro presente precipite como sulfato de calcio al oxidarse.

- De la muestra sedimentada de agua de pelambre en los tubos Imhoff, se tomó una alícuota de 100 mL, para lo cual se empleó la probeta graduada de 100 mL.
- Se trasvasó la muestra de la probeta a un vaso de precipitación de 250 mL.
- Se sumergió la bomba de aire ATMAN en el vaso de precipitados y se acomodó en su sitio empleando el triángulo de arcilla.
- El burbujeo de aire dio inicio a las 16h00 del día 13 de septiembre de 2012, y culminó a las 12h02 de 14 de septiembre de 2012.



Fotografía 33. Aireación de la alícuota

$$100 \frac{L \text{ aire}}{h} \times \frac{0.21 L O_2}{1 L \text{ aire}} \times 20h = 420 L O_2$$

Para determinar la masa de Oxígeno que se adicionó a la muestra se empleó la ecuación del gas ideal.

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{\mathcal{M}} RT$$

P= Presión (atm)

R= Constante de la Ecuación del Gas Ideal

V= Volumen del Gas (L)

T= Temperatura absoluta (K)

m= Masa del Gas (g)

\mathcal{M} = Peso Molecular del Gas (g-mol)

Datos

$$P= 542 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} = 0.71 \text{ atm}$$

$$R= 0.08205 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}}$$

$$V= 420 L O_2$$

$$T= 18 + 273.15 = 291.15 \text{ K}$$

$$m= ? \text{ g } O_2$$

$$\mathcal{M}= 32 \text{ g-mol}$$

Cálculos

$$m = \frac{PVM}{RT}$$

$$m = \frac{0.71 \times 420 \times 32}{0.08205 \times 291.15} gO_2$$
$$m = 399.59 gO_2$$

Una vez concluido el burbujeo la alícuota fue filtrada, empleando el soporte universal, el aro de hierro, embudo de vidrio, vaso de precipitación y papel filtro, para acelerar el proceso de filtración fue necesario el cambio y lavado del papel filtro empleando agua destilada.

Culminado el proceso de filtración se midió el pH in situ de la muestra filtrada con el papel indicador.

La muestra filtrada fue enviada al LABFIGEMPA, para la determinación de la concentración de sulfuro, sulfato, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y sólidos totales, para compararlo con la muestra inicial.

Los sólidos impregnados en los filtros utilizados, fueron enviados a LABFIGEMPA, para el análisis de sulfatos expresados como sulfato de calcio.



Fotografía 34. Filtración de la alícuota de agua de pelambre



Fotografía 35. Limpieza del filtro con agua destilada



Fotografía 36. Sólidos retenidos en el papel filtro

- Una vez concluido el burbujeo se pudo observar que se había formado un precipitado de color blanco en el fondo del vaso, a la vez no se percibió el mal olor característico de la presencia del ión sulfuro.
- El pH medido de la muestra filtrada fue de 9, lo que indica una reducción del radical hidroxilo, por la reacción de la cal apagada con el ion sulfato.

e) Análisis de laboratorio

- Los resultados del análisis de laboratorio de la muestra tratada fueron los siguientes:

Tabla 25. Análisis de Agua de Pelambre tratada

Parámetro	Unidad	Valor
DQO	mg/L	17600
pH	U pH	9.3
Sulfuros	mg/L	640
Sulfatos	mg/L	3500

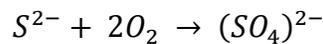
Fuente: LABFIGEMPA, Septiembre 2012.

Tabla 26. Análisis del precipitado

Parámetro	Unidad	Valor
Sulfatos	mg/Kg	< 50

Fuente: LABFIGEMPA, Septiembre 2012.

- Del análisis se puede concluir que existe muy poca cantidad de Sulfato de Calcio (Yeso) presente en el precipitado, debido que la cantidad de Hidróxido de Calcio existente en el agua de pelambre no es el suficiente para reaccionar con el ion sulfato. Por este motivo se llevó a cabo un nuevo ensayo donde se adiciono una cantidad estequiométrica de hidróxido de calcio.
- Para obtener la cantidad de sulfuro que se oxidó se parte de la cantidad de sulfato formado mediante burbujeo de aire conforme la siguiente reacción:



De donde se obtiene:

$$3500 \text{ mg / L } SO_4^{2-} \times \frac{32 \text{ mg } S^{2-}}{96 \text{ mg } SO_4^{2-}} = 1166.67 \text{ mg } S^{2-}$$

La cantidad de Sulfuro que no se oxidó es la siguiente:

$$S^{2-} = (1760 - 1166.67) \text{ mg}$$

$$S^{2-} = 593.33 \text{ mg}$$

La cantidad de Oxigeno necesario para oxidar al Sulfuro es la siguiente:

$$3500 \text{ mg / L } SO_4^{2-} \times \frac{64 \text{ mg } O_2}{96 \text{ mg } SO_4^{2-}} = 2333.33 \text{ mg } O_2 / \text{L}$$

- Teóricamente se necesita 2.3 g O₂ por cada litro de agua a tratar, por otro lado experimentalmente se inyectó 399.59 g O₂, en 0.1 L de agua a tratar. Esto debido a la presencia de otras sustancias que emplean el oxígeno para oxidarse (materia orgánica), además parte del oxígeno empleado no se solubilizó en el agua.

Tabla 27. Comparación Parámetros entre Muestra de Pelambre Cruda y Muestra Tratada.

Parámetro	Unidad	Valor Agua Cruda	Valor Agua tratada	Variación
Sulfatos	mg/L	<0.1	3500	Incrementa en 3500 mg/L
Sulfuros	mg/L	1760	640	-64%
DQO	mg/L	23200	17600	-24%

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2012



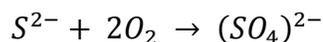
Fotografía 37. Medición del pH in situ de la muestra filtrada

5.2.2. Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire y adición de cal apagada.

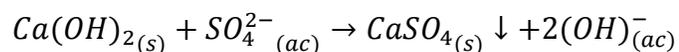
5.2.2.1. Descripción General del Proceso

Las actividades generales desarrolladas en el proceso experimental para este inciso, son las siguientes:

- Toma de la muestra de agua de pelambre: llevada a cabo en Curtiduría Hidalgo directamente de la descarga del bombo.
- Sedimentación: se removieron los sólidos sedimentables empleando tubos Imhoff, con el posterior filtrado de la muestra.
- Oxidación por burbujeo de aire: se inyectó aire a la muestra filtrada a través de un burbujeador, oxidando el sulfuro a sulfato.

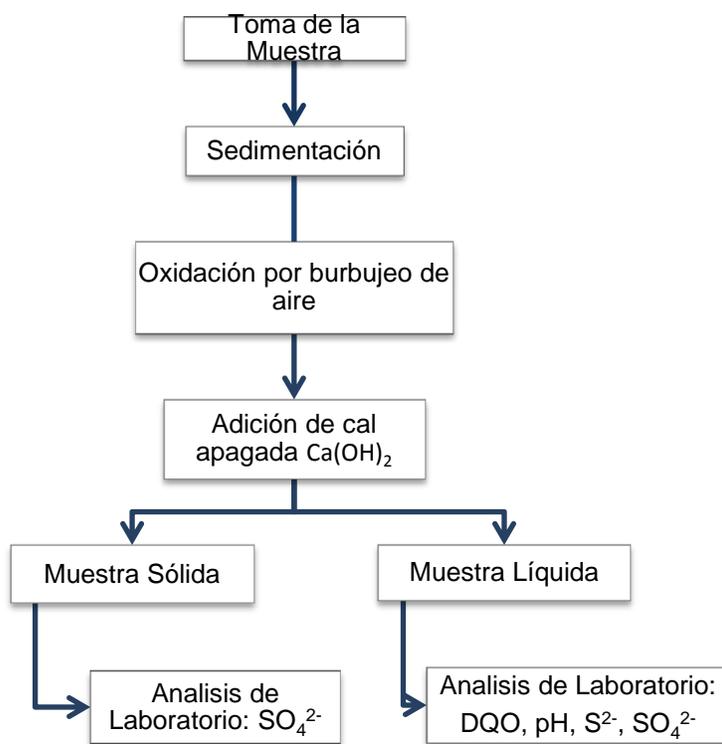


- d) Adición de Cal Apagada: se agregó la cantidad estequiométrica de cal apagada Ca(OH)_2 , para la formación de sulfato de calcio (yeso).



- e) Análisis de muestra sólida: el sólido sedimentado obtenido se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Sulfatos.
- f) Análisis de muestra líquida: la fase líquida obtenida se envió a LABFIGEMPA para el análisis de DQO, pH, Sulfuros y Sulfatos.

Figura 11. Diagrama de Flujo del Proceso de Recuperación de Sulfuro transformándolo a Sulfato, mediante oxidación por burbujeo de aire y adición de cal apagada.



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

5.2.2.2. Descripción Específica del Proceso

- a) Oxidación y adición de hidróxido de calcio

Materiales y equipos

- 4 Vasos de precipitación de 250 mL.
- Triángulo de arcilla
- 3 Embudos de vidrio
- Soporte universal
- Soporte para embudos
- Aro de hierro
- Papel filtro
- Espátula pequeña
- Vidrio Reloj
- Bomba de aire ATMAN 100 L/h.
- Cronómetro

Para obtener sulfato de calcio como precipitado se realizó una nueva oxidación de agua de pelambre, y se adicionó una cantidad estequiométrica de hidróxido de calcio con respecto a la cantidad de sulfato obtenido en la muestra aireada preliminarmente (Ver Tabla 25). Para el efecto:

- Se burbujeó 250 mL de muestra de pelambre tratada para la cual se sumergió la bomba de aire ATMAN en el vaso de precipitados y se acomodó en su sitio empleando el triángulo de arcilla.

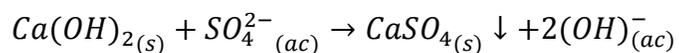


Fotografía 38. Aireación de la muestra de pelambre

- Se determinó la cantidad teórica de calcio a adicionar en la muestra de agua a tratar, en base a los 3500 mg SO_4^{2-} por litro de muestra.

$$0.25 L \times 3500 \frac{mg SO_4^{2-}}{L} = 875 mg SO_4^{2-}$$

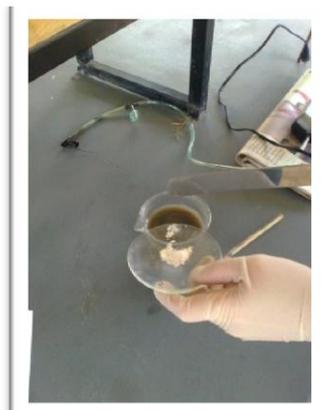
- Se establece la cantidad de Hidróxido de Calcio necesario para reaccionar con los 875 mg SO_4^{2-} :



- Por lo tanto, la cantidad de hidróxido de calcio necesario será:

$$875 \text{ mg } SO_4^{2-} \times \frac{74 \text{ mg } Ca(OH)_2}{96 \text{ mg } SO_4^{2-}} = 674.48 \text{ mg } Ca(OH)_2$$

- Una vez calculada la cantidad de $Ca(OH)_2$, se pesó 680 mg de la sustancia en un vidrio reloj, y posteriormente se añadió a la muestra aireada de agua de pelambre. Se agitó la muestra y se observó la formación de un precipitado blanco.



Fotografía 39. Adición de Hidróxido de Calcio



Fotografía 40. Precipitado presente en la muestra tratada

- Con el fin de acelerar la filtración del precipitado, se separó la muestra en cuatro vasos de precipitados, y se colocaron debajo de embudos con papel filtro.



Fotografía 41. Filtración de la muestra de pelambre tratada

b) Análisis de laboratorio

- Tanto la muestra filtrada, como el material presente en el papel filtro, fueron enviadas a LABFIGEMPA para realizar los análisis respectivos, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 28. Muestra de Pelambre tratada con Cal

Parámetro	Unidad	Valor
pH	U pH	11.37
Sulfatos	mg/L	1005
Sulfuros	mg/L	<10

Fuente: LABFIGEMPA, Octubre 2012.

Tabla 29. Precipitado de Pelambre

Parámetro	Unidad	Valor
Sulfatos	mg/Kg	382

Fuente: LABFIGEMPA, Octubre 2012.

Tabla 30. Comparación Parámetros entre Muestra de Pelambre Cruda y Muestra Tratada con Cal Apagada

Parámetro	Unidad	Valor Agua Cruda	Valor Agua tratada	Variación
Sulfatos	mg/L	<0.1	1005	Incrementa en 1005 mg/L
Sulfuros	mg/L	1760	<10	-99,4%

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

- La cantidad de sulfuro oxidada a sulfato es:

$$1005 \text{ mg } SO_4^{2-} / L \times \frac{32 \text{ mg } S^{2-}}{96 \text{ mg } SO_4^{2-}} = 335 \text{ mg } S^{2-} / L$$

- La cantidad de sulfuro que no se oxidó y que por lo tanto escapa como sulfuro de hidrógeno gaseoso, es la diferencia entre el sulfuro presente en la muestra cruda y el sulfuro presente en el sulfato de la muestra tratada:

$$\text{Sulfuro (g)} = (1760 - 335) \text{ mg } / L$$

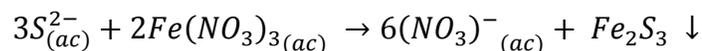
$$\text{Sulfuro (g)} = 1425 \text{ mg } / L$$

5.2.3. Recuperación de Sulfuro por precipitación, transformándolo en Sulfuro de Hierro III.

5.2.3.1. Descripción General del Proceso

Las actividades generales desarrolladas en el proceso experimental para este inciso, son las siguientes:

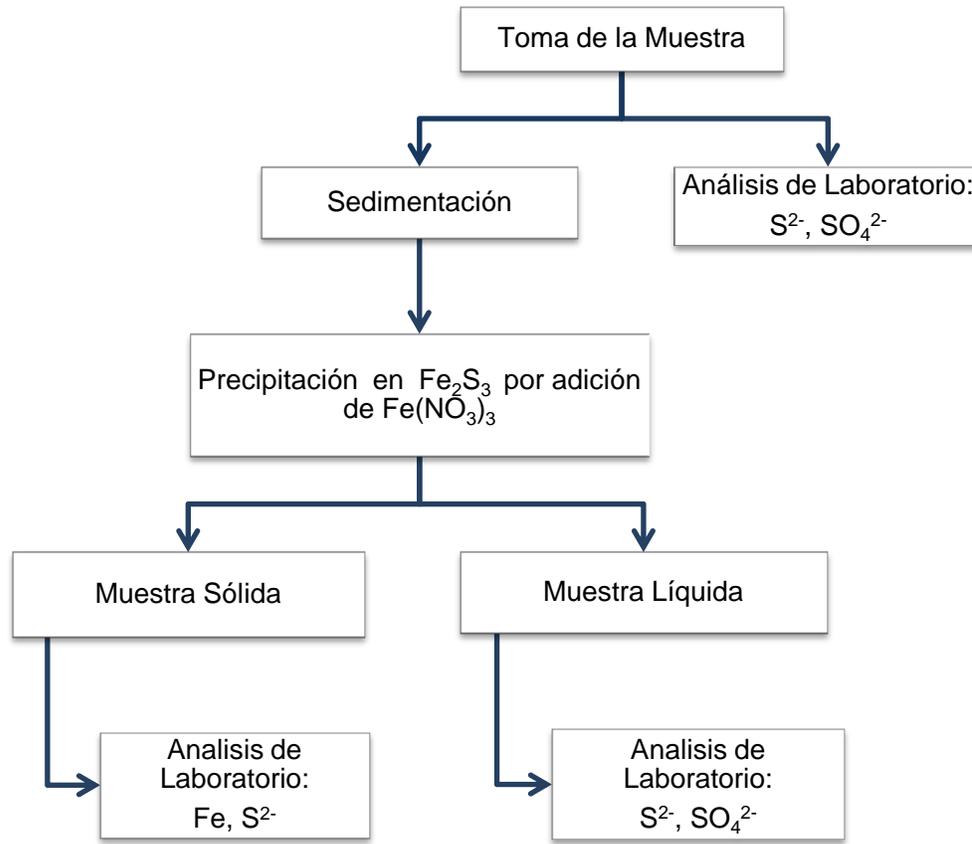
- a) Toma de la muestra de agua de pelambre: llevada a cabo en Curtiduría Hidalgo directamente de la descarga del bombo.
- b) Sedimentación: se removieron los sólidos sedimentables empleando tubos Imhoff, con el posterior filtrado de la muestra.
- c) Análisis de Laboratorio: la muestra filtrada se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Sulfuros y Sulfatos.
- d) Precipitación de Sulfuro como Sulfuro de Hierro III: se añadió nitrato de hierro (III), a la muestra filtrada.



- e) Análisis de muestra sólida: el sólido sedimentado obtenido se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Hierro y Sulfuro.

f) Análisis de muestra líquida: la fase líquida obtenida se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Sulfuros y Sulfatos.

Figura 12. Diagrama de Flujo del Proceso de Recuperación de Sulfuro por precipitación, transformándolo en Sulfuro de Hierro III.



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

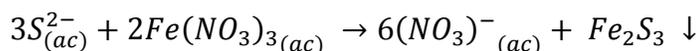
5.2.3.1. Descripción Específica del Proceso

a) Precipitación

Materiales y equipos

- 2 Vasos de precipitación de 250 mL.
- Gotero
- Probeta de 10 mL.
- Solución de Nitrato de Hierro III (1g/L)

Debido a que los procedimientos experimentales anteriores no arrojaron los resultados esperados para la recuperación de sulfuro, se plantea una alternativa a través de la precipitación de sulfuro en sulfuro de hierro III, en función de la siguiente reacción:



- Se tomaron 200 mL de muestra de agua de pelambre cruda con un pH de 12, y se procedió a agregar mediante gotero 10 mL de la solución de Nitrato de Hierro III. Se observó que la muestra pasó de color café a color negro, sin embargo el pH de la solución se mantuvo en 12.
- Se repitió el procedimiento hasta haber agregado 42 mL de nitrato de Hierro alcanzando un pH de 8.
- Finalmente, se tomaron 100 mL de la solución anterior, en un segundo vaso de precipitación y se continuó agregando el Nitrato de Hierro hasta que se observó la formación del precipitado separado de la fase líquida. Esto tuvo lugar al agregar 20mL más de nitrato, alcanzando un pH igual a 4.
- El volumen ocupado por el precipitado es de 80 mL.
- La cantidad total de hierro adicionada es la siguiente:

$$62 \text{ mL } Fe(NO_3)_3 \times \frac{1000 \text{ mg } Fe(NO_3)_3}{1000 \text{ mL } Fe(NO_3)_3} \times \frac{55.845 \text{ mg } Fe}{241.85 \text{ mg } Fe(NO_3)_3} = 14.32 \text{ mg } Fe$$

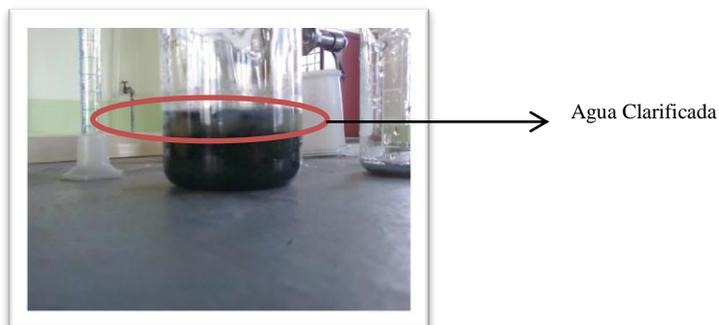
b) Análisis de Laboratorio

El líquido clarificado y el precipitado fueron enviados a LABFIGEMPA para realizar los análisis respectivos, cuyos resultados son los siguientes

Tabla 31. Muestra de Pelambre tratada con Nitrato de Hierro III

Parámetro	Unidad	Valor
Fase Líquida		
Sulfatos	mg/L	388
Sulfuro	mg/L	78
Precipitado		
Hierro III	mg/kg	4742
Sulfuro	mg/kg	4079
Peso de Precipitado	g	2.4877

Fuente: LABFIGEMPA, Diciembre 2012.



Fotografía 42. Sulfuro de Hierro Precipitado

- La cantidad de hierro y sulfuros presentes en el precipitado son los siguientes:

-

$$2.7877 \text{ g precipitado} \times \frac{1 \text{ kg precipitado}}{1000 \text{ g precipitado}} \times \frac{4742 \text{ mg Fe}}{1 \text{ kg precipitado}} = 11.79 \text{ mg Fe.}$$

$$2.7877 \text{ g precipitado} \times \frac{1 \text{ kg precipitado}}{1000 \text{ g precipitado}} \times \frac{4079 \text{ mg S}^{2-}}{1 \text{ kg precipitado}} = 10.14 \text{ mg S}^{2-}.$$

- Se comprueba que existe una relación estequiométrica entre la cantidad de hierro y de Sulfuro presente en el precipitado de Sulfuro de Hierro III (Fe_2S_3):

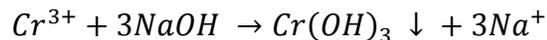
$$10.14 \text{ mg } S^{2-} \times \frac{111.7 \text{ mg } Fe}{96 \text{ mg } S^{2-}} = 11.79 \text{ mg } Fe$$

5.2.4. Recuperación de cromo mediante precipitación y reacidulación

5.2.4.1. Descripción General del Proceso

Las actividades generales desarrolladas en el proceso experimental para este inciso, son las siguientes:

- a) Toma de la muestra de agua de curtido: llevada a cabo en Curtiduría Hidalgo directamente de la descarga del bombo.
- b) Sedimentación: se removieron los sólidos sedimentables empleando tubos Imhoff, con el posterior filtrado de la muestra.
- c) Análisis de Laboratorio: la muestra filtrada se envió a LABFIGEMPA para el análisis de Cromo Total, DQO, Sólidos Suspendidos y pH.
- d) Precipitación de Cromo como Hidróxido de Cromo III: se añadió hidróxido de sodio (NaOH), a la muestra filtrada, separando el precipitado de la fase líquida.

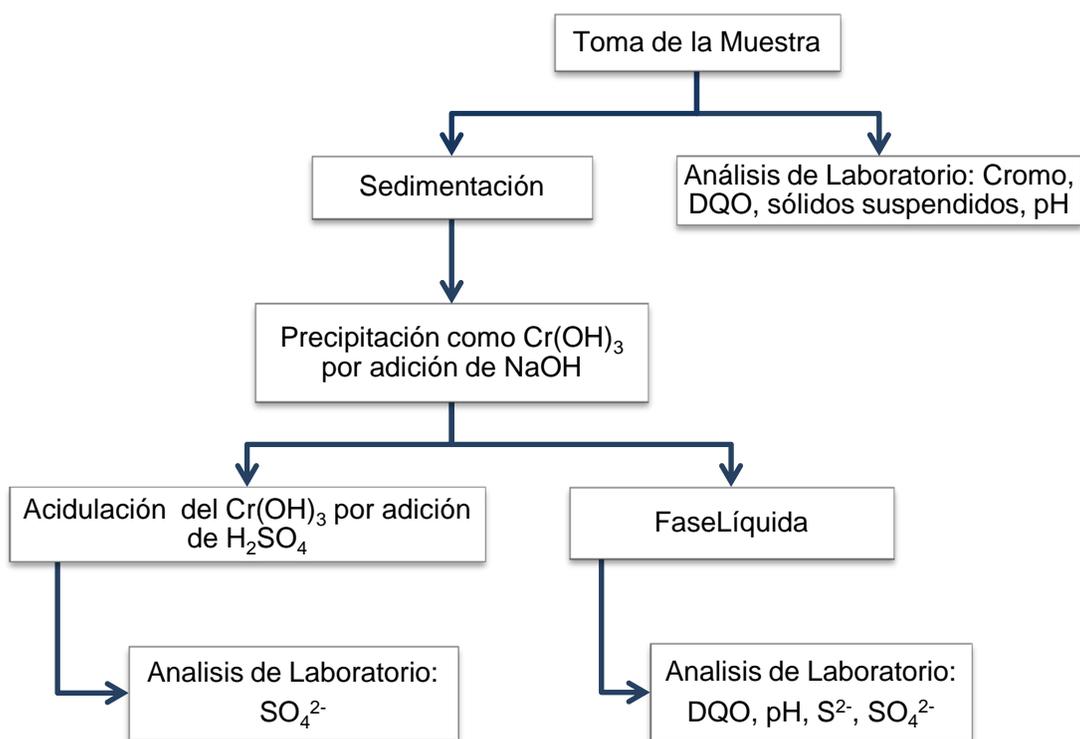


- e) Análisis de muestra líquida: la fase líquida obtenida se envió a LABFIGEMPA para el análisis de DQO, pH y Cromo Total.
- f) Acidulación del Hidróxido de Cromo III: se añadió ácido sulfúrico H₂SO₄, para obtener Sulfato Básico de Cromo.



- g) Análisis de la solución obtenida: la solución resultante se envió a LABFIGEMPA para el análisis de sulfatos.

Figura 13. Diagrama de Flujo del Proceso de Recuperación de cromo mediante precipitación y reacidulación



5.2.4.2. Descripción Específica del proceso

a) Toma de muestras

Materiales y equipos

- 6 Botellas plásticas de 500 mL
- Guantes desechables
- Papel medidor de pH Fix 0-14 PT
- Cooler

- El día viernes 14 de septiembre de 2012 se realizó la recolección de muestras de las descargas líquidas del proceso de curtido.
- La recolección se inició a las 07h00 y culminó a las 07h12, período en el cual se recolectaron 6 muestras en botellas plásticas.
- Se realizó un muestreo simple, donde se recolectaron 3, 00 L de efluente proveniente del bombo de curtido.
- Una vez recolectada el volumen correspondiente en cada botella, se procedió a medir el pH introduciendo un papel indicador en cada muestra, comparando con la escala colorimétrica.



Fotografía 43. Medición de pH



Fotografía 44. Comparación con la escala colorimétrica

- Los resultados del análisis in situ se resumen a continuación:

Tabla 32. Determinación de pH in situ

# Muestra	Volumen (mL)	pH
1	500	3
2	500	3
3	500	3
4	500	3
5	500	3
6	500	3

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Las muestras tomadas fueron refrigeradas acorde al protocolo de muestreo (4°C) y se las transportó al laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental LABFIGEMPA.

b) Análisis de laboratorio

Se ingresaron dos muestras de 500 mL a LABFIGEMPA, para que se realicen los análisis de concentración de cromo total, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales y pH.

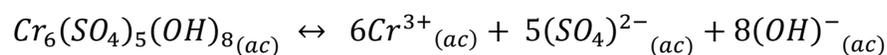
Los resultados del análisis de laboratorio fueron los siguientes:

Tabla 33. Resultados de Análisis de la muestra cruda – Curtido

Parámetro	Unidad	Valor
Cromo Total	mg/L	4441.82
DQO	mg/L	6050
pH	U pH	3,11
Solidos Suspendidos	mg/L	350

Fuente: LABFIGEMPA, Octubre 2012.

Conocida la cantidad Cromo (Cr III) se procedió a determinar la cantidad de Sulfato básico de cromo al 44% de basicidad, que existe en la muestra cruda, conforme al siguiente cálculo:



Calculo:

$$4441.82 \frac{\text{mg Cr}^{3*}}{\text{L}} \times \frac{927.98 \text{ mg Cr}_6(\text{SO}_4)_5(\text{OH})_8}{311,976 \text{ mg Cr}^{3*}} = 13212.30 \frac{\text{mg Cr}_6(\text{SO}_4)_5(\text{OH})_8}{\text{L}}$$

c) Sedimentación

Materiales y equipos

- Soporte de madera para Tubos Imhoff
- Tubo Imhoff de 1000 mL
- Probeta graduada de 100 mL
- Cronómetro

Para el ensayo experimental se procedió inicialmente a remover los sólidos sedimentables, a fin de que éstos no influyan en los resultados posteriores. La muestra presentaba coloración azul oscuro, característica de las aguas de curtido al cromo.

- Se utilizaron dos muestras de 500 mL, con la probeta graduada de 100 mL se midió el volumen y se trasvasó al tubo Imhoff. Este procedimiento se repitió hasta completar los 1000 mL.
- Completados los 1000 mL, se tomó el tiempo de inicio de sedimentación (12h20).
- Se realizó una lectura de los sólidos sedimentados (mL/L de muestra) y se repitió la medición cada 20 minutos. Esta actividad se llevó a cabo para determinar la velocidad de sedimentación de la muestra. Cabe señalar que para la medición de sólidos sedimentables, la normativa establece que se haga una lectura a los 10 minutos de iniciada la sedimentación y otra a las 2 horas.
- La última lectura se realizó a las 15h29.



Fotografía 45. Sedimentación de la muestra de agua de curtido

Resultados

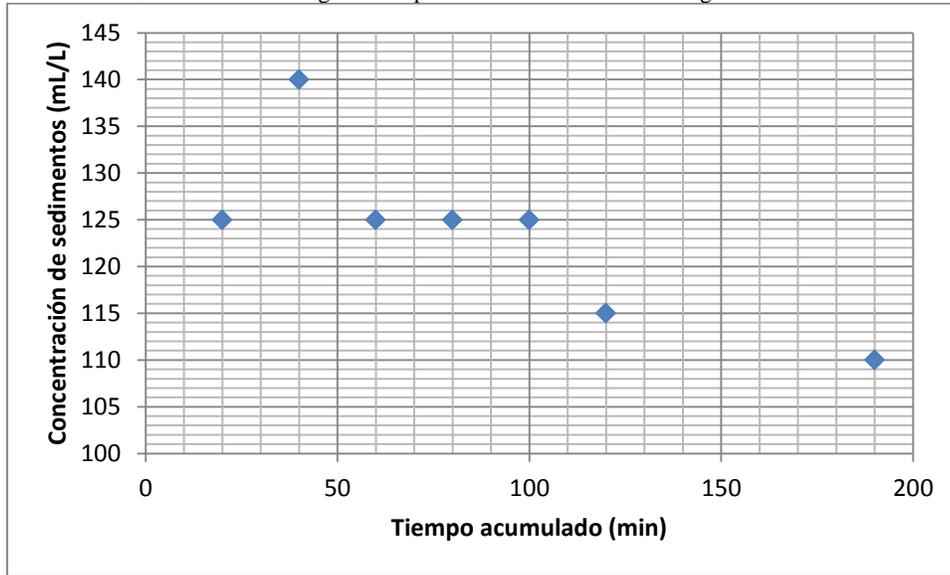
Los resultados de las lecturas de la velocidad de sedimentación se muestran a continuación:

Tabla 34. Resultados de sedimentación

Hora	Minutos transcurridos (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (mL/L)
12h20	0	0	0
12h40	20	20	125
13h00	20	40	140
13h20	20	60	125
13h40	20	80	125
14h00	20	100	125
14h20	20	120	115
15h30	70	190	110

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Gráfico 3. Curva logarítmica para la sedimentación de las aguas de curtido



Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Tratamiento estadístico de los datos

De acuerdo al gráfico se observa que los puntos presentan una dispersión no uniforme, por lo cual se procedió a determinar los valores de coeficientes de correlación de diferentes modelos de regresión empleando la herramienta Microsoft Excel 2007, a fin de establecer cuál es la que se ajusta a la serie de datos presentada.

Tabla 35. Coeficientes de correlación para sedimentación de agua de curtido

Tipo de regresión	Valor de R^2
Exponencial	0,6702
Lineal	0,6417
Logarítmica	0,4597
Polinómica de 2do orden	0,6491
Polinómica de 3er orden	0,7568
Polinómica de 4to orden	0,7925
Potencial	0,4764

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Como se aprecia en la tabla anterior, los coeficientes de correlación muestran que los datos no se ajustan a los modelos de regresión debido a que sus valores se encuentran entre 0,4 y 0,7.

d) Preparación de la solución de NaOH

Materiales y Equipos

- Solución de Hidróxido de Sodio al 50% p/v
- Agua destilada
- Piseta
- Probeta graduada de 100 mL
- Pipeta graduada de 1 mL
- Bomba para pipeta
- Frasco plástico de 200 mL

Se llevó a cabo el ensayo de precipitación de cromo (Cr^{3+}) como hidróxido, el cual ocurre espontáneamente en medio básico conforme al siguiente diagrama de distribución de especies de Cromo III:

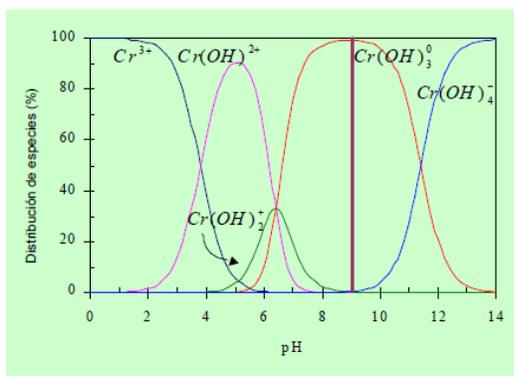


Figura 14. Distribución de especies de Cr^{3+} en función del pH en una solución en equilibrio con $\text{Cr}(\text{OH})_3$
Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear IBTNE

Acorde a estudios previos realizados sobre la precipitación de cromo en aguas de curtido, se ha seleccionado el uso de hidróxido de sodio al 25% p/v como agente precipitante.

- Se trasvasaron cerca de 50 mL de solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 50% p/V a la probeta graduada de 100 mL, completando el volumen deseado de la solución de NaOH a través de la pipeta graduada de 1 mL.
- Se agregó agua destilada hasta completar 100 mL de solución, a fin de obtener la solución de NaOH al 25% p/V, conforme el siguiente cálculo:

Datos

C_1 : 50% p/V

V_1 : 50 mL

C_2 : 25% p/V

V_2 : ?

Solución

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$V_2 = \frac{C_1V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{50\% \times 50 \text{ mL}}{25\%}$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

La solución preparada se almacenó en un frasco de plástico para su posterior empleo.



Fotografía 46. Preparación de la solución de NaOH al 25% p/V

e) Precipitación de Hidróxido de Cromo $\text{Cr}(\text{OH})_3$

Materiales y Equipos

- Bureta graduada de 50 mL.
 - Soporte universal
 - Pinza para bureta
 - Vaso de precipitación de 100 mL
 - 2 Vasos de precipitación de 250 mL
 - Papel indicador de pH.
 - Probeta graduada de 100 mL
 - Estufa eléctrica
 - Malla de asbesto
 - Termómetro
 - Papel filtro
 - Aro de hierro
 - Embudo
 - Gotero
 - Agitador
 - Alícuota de 80 mL de muestra sedimentada de cromo.
- 50 mL de Solución de NaOH al 25% p/v

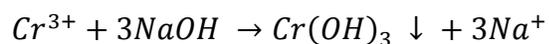
Considerando el diagrama de distribución de especies de Cromo III, para el predominio de la especie $\text{Cr}(\text{OH})_3$, es necesario llevar la muestra a un pH 9.

- Se tomó una alícuota de 250 mL de la muestra sedimentada de cromo contenida inicialmente en el tubo Imhoff.
- Se trasvasó 80 mL de esta alícuota al vaso de precipitación de 100 mL, y se midió el pH con el papel indicador, el cual mostró un pH 4.
- Se armó el equipo de titulación, compuesto por el soporte universal, la pinza para bureta y la bureta graduada de 50 mL.



Fotografía 47. Equipo armado

- Se aforó 50 mL de solución de hidróxido de sodio (NaOH) en la probeta graduada, y se trasvasó a la bureta.
- Se colocó el vaso de precipitación de 100 mL con un volumen de la muestra de cromo de 80 mL (muestra 1) bajo la bureta y se procedió a titular. Se agregó 5 mL de la solución de NaOH con agitación y se observó la formación de un precipitado gelatinoso de color celeste, que evidencia la presencia de $\text{Cr}(\text{OH})_3$ conforme la siguiente reacción:



- Se midió el pH de la muestra titulada con el papel indicador, el cual mostró inmediatamente un valor de 9.

- Se procedió a calentar la muestra titulada en la estufa eléctrica, hasta alcanzar una temperatura de 70 °C, y se dejó reposar por un tiempo aproximado de 2 horas.



Fotografía 48. Calentamiento de la muestra 1

- Conforme la muestra 1 era calentada, se procedió a titular una muestra 2 compuesta de 80 mL de la muestra sedimentada de cromo contenida inicialmente en el tubo Imhoff; repitiendo el mismo procedimiento a la que fue sometida la muestra 1, con la variación de que la muestra 2 no fue calentada.
- Mientras las muestras 1 y 2 reposaban, se preparó una tercera muestra de 80 mL de la solución de cromo, a esta muestra 3 se agregó paulatinamente 0.5 mL de la solución de NaOH al 25 % p/v, determinando después de cada adición el pH de la muestra mediante el papel indicador, repitiendo este procedimiento hasta alcanzar un pH 9.

Tabla 36. Variación de pH con respecto a la adición de NaOH

No.	mL adicionados	pH medido
1	0	4
2	0,5	5
3	1	6
4	1,5	7
5	2	8
6	2,5	9

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013



Fotografía 49. Variación de pH en la titulación de la muestra 3.

- Se observaron las tres muestras, al final del tiempo de reposo, las cuales presentaron las siguientes características:



Fotografía 50. Muestra 3 precipitada.

Tabla 37. Características de las muestras

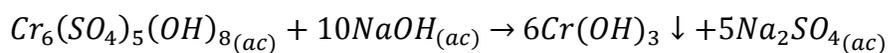
Muestra	Característica			Observación
	Separación de Fases	Formación de Precipitado	Volumen Total de la Muestra (mL)	
1	x	x	85	<ul style="list-style-type: none"> - Se observan 2 fases claramente identificadas - El precipitado ocupa aproximadamente la mitad de la capacidad del vaso de precipitación. - La fase líquida al término de las 2 horas se muestra clarificada y cristalina.
2	x	x	85	<ul style="list-style-type: none"> - Se observan 2 fases claramente identificadas - El precipitado ocupa más de las tres cuartas partes de la capacidad del vaso de precipitación. - La fase líquida al término de las 2 horas se muestra como una delgada franja clarificada y cristalina. -

Muestra	Característica			Observación
	Separación de Fases	Formación de Precipitado	Volumen Total de la Muestra (mL)	
3	x	x	82,5	<ul style="list-style-type: none"> - Se observan 2 fases claramente identificadas - El precipitado ocupa la cuarta parte de la capacidad del vaso de precipitación. - La fase líquida al término de las 2 horas se muestra turbia y de color celeste.

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

- Se procedió a filtrar la muestra 1, empleando el embudo y el papel filtro hacia el vaso de precipitación de 250 mL. De esta muestra que inicialmente contenía 85 mL, se obtuvo 40 mL de filtrado al cual se determinó el pH con papel indicador mostrando un valor de 7.

La reacción correspondiente al proceso de precipitación es la siguiente:



- El filtrado de la muestra 1 se envió a analizar en LABFIGEMPA, bajo los parámetros de Cromo total, pH y DQO.



Fotografía 51. Filtración de la Muestra 1.



Fotografía 52. Filtrado de la Muestra 1

- A la muestra 2 se le extrajo la fase líquida mediante gotero, siendo este un volumen de 10 mL.

Diagrama de Flujo para balance de materia

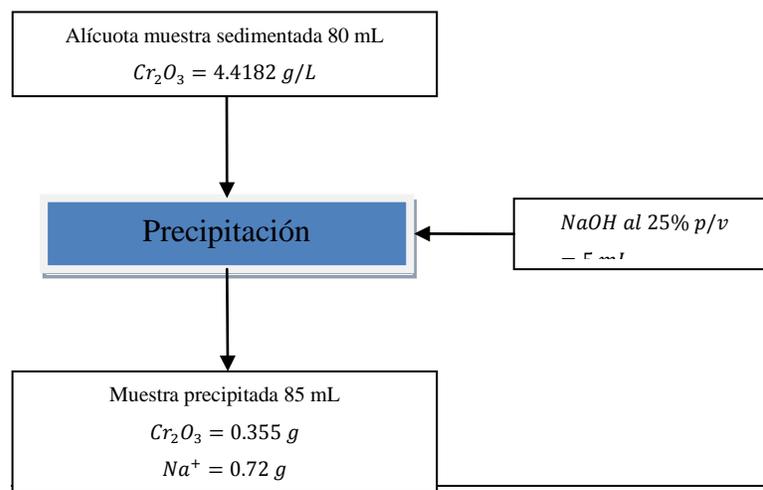


Figura 15. Balance de masa de precipitación
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

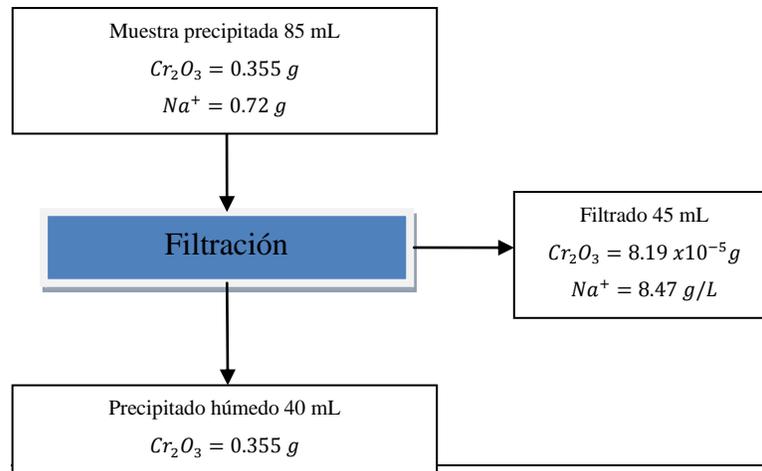


Figura 16. Balance de masa de filtración
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

f) Reacidulación del precipitado

Materiales y Equipos

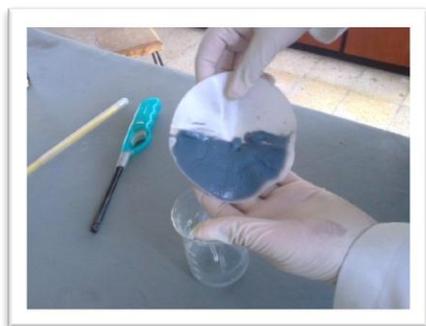
- 2 Pipetas graduadas de 1 y 5 mL.
- 2 Probetas graduadas de 10 y 100 mL
- Bureta graduada de 50 mL
- Soporte universal
- Pinza para buretas
- 2 Vasos de precipitación de 100 y 250 mL
- Agitador
- Piseta
- Papel indicador de pH
- Estufa eléctrica
- Agua destilada
- Ácido Sulfúrico al 50% p/v
- Papel filtro con precipitado de hidróxido de cromo

Conforme al marco teórico, se obtiene sulfato básico de cromo al añadir soluciones diluidas o concentradas de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

- Con la pipeta graduada de 1 mL se colocó 1,5 mL de H_2SO_4 al 50% p/v, en la probeta de 100 mL. Se agregó agua destilada hasta completar el volumen de 100 mL midiendo el pH con papel indicador hasta alcanzar un valor entre 2 y 3. La concentración de esta solución fue calculada de la siguiente manera:

Datos	Solución
C_1 : 50% p/V	$C_1V_1 = C_2V_2$
V_1 : 1,5 mL	$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2}$
C_2 : ?	
V_2 : 100 mL	$C_2 = \frac{50\% \times 1,5 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$
	$C_2 = 0,75 \%$

- Con el agitador se extrajo el precipitado de hidróxido de cromo (muestra 1), impregnado en el papel filtro hacia el vaso de precipitación de 250 mL.



Fotografía 53. Precipitado Muestra 1



Fotografía 54. Colocación de precipitado en Vaso de precipitación de 250 mL

- Se agregó 50 mL de H_2SO_4 al 0,75% p/v con agitación continua, no se observó ningún cambio.
- Se procedió a calentar la muestra 1 en la estufa eléctrica a $70^\circ C$, sin ocurrir cambios.
- Utilizando la pipeta aforada de 5 mL se colocaron 5 mL de solución de H_2SO_4 al 50 p/v; en la probeta graduada de 10 mL se agregó agua destilada hasta completar el volumen de 10 mL para preparar una solución de H_2SO_4 al 25% p/v, acorde el siguiente cálculo.

Datos	Solución
C_1 : 50% p/V	$C_1V_1 = C_2V_2$
V_1 : ?	$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$
C_2 : 25% p/V	$V_1 = \frac{25\% \times 10 \text{ mL}}{50\%}$
V_2 : 10 mL	$V_1 = 5 \text{ mL}$

- Posteriormente, se colocaron los 10 mL de la solución de H_2SO_4 al 25% p/v, en la bureta graduada.
- La muestra 1 fue colocada bajo la bureta y se añadieron los 10 mL de la solución anterior con agitación continua. Se obtuvo como resultado una solución de color verde oscuro, la cual indica la formación de Sulfato básico de Cromo.



Fotografía 55. Solución de Sulfato Básico de Cromo obtenido

- Se preparó nuevamente de 10mL de solución de H_2SO_4 al 25% p/v y se colocó en la bureta.
- La muestra 2 fue colocada bajo la bureta y se procedió a acidular con la solución anterior, mediante goteo controlado y agitación continua, hasta que todo el precipitado sea diluido, para lo cual se utilizaron los 10 mL preparados. Se obtuvo nuevamente una solución de color verde oscuro.
- Esta solución fue enviada al LABFIGEMPA para determinar la concentración del ion sulfato $(\text{SO}_4)^{2-}$ y cromo total.

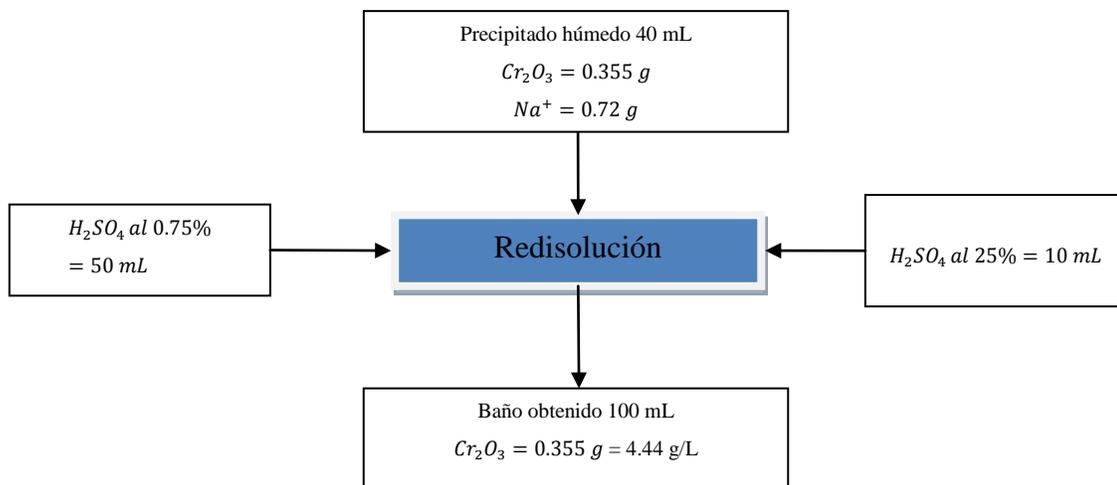


Figura 17. Balance de masa de filtración
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

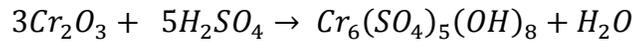


Fotografía 56. Resultados de los ensayos con la muestra de agua de curtido

5.2.5. Argumento Teórico

Determinada la concentración de Cromo total expresado como óxido de cromo (Cr_2O_3) a continuación se expresan las relaciones estequiométricas de proceso.

En primera instancia se determinó la relación existente entre el óxido de cromo y el sulfato básico de cromo al 44 % de basicidad, presente en el agua cruda.



g/mol	455.94	490	927.94	18
Equivalencia	0.491		1	

De la ecuación se obtiene que, 0.491 U de Cr_2O_3 equivalen a 1 U de $Cr_6(SO_4)_5(OH)_8$, por lo tanto la cantidad de Sulfato básico de cromo contenido en un litro de la muestra cruda es:

$$\frac{1 \text{ g } Cr_6(SO_4)_5(OH)_8}{0.491 \text{ g } Cr_2O_3} \times 4.442 \text{ g } Cr_2O_3 = 9.05 \text{ g } Cr_6(SO_4)_5(OH)_8$$

Para llevar la muestra un pH=9, se agregó hidróxido de sodio conforme la siguiente reacción teórica.

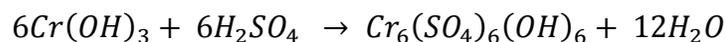


g/mol	927.94	399.8	617.94	709.8
Valor Exp. (g)	9.05	3.9	6.02	6.92

Para precipitar 9.05 g de $Cr_6(SO_4)_5(OH)_8$, se necesitan 3.9 g de $NaOH$ puro, pero comercialmente se vende hidróxido de sodio en escamas, con una pureza del 96.6%; por lo que la cantidad industrial de soda caustica requerida es:

$$3.9 \text{ g } NaOH \times \frac{100 \text{ NaOH impuro}}{96.6 \text{ NaOH puro}} = 4.04 \text{ g } NaOH$$

Finalmente, se reacidula el precipitado obtenido mediante la adición de ácido sulfúrico (H_2SO_4), cuya relación estequiométrica se detalla a continuación.



g/mol	617.94	588	989.94	216
Valor Exp. (g)	6.02	5.72	9.64	2.10

Teóricamente para la obtención de 9.64 g/L de $Cr_6(SO_4)_6(OH)_6$ son necesarios 5.72 g de H_2SO_4 , por cada 6.02 g de $Cr(OH)_3$, comercialmente no se dispone de ácido sulfúrico al 100% de pureza, pero las casas comerciales proveen H_2SO_4 al 98% de pureza.

$$5.72 \text{ g } H_2SO_4 \times \frac{100 \text{ g } H_2SO_4 \text{ impuro}}{98 \text{ g } H_2SO_4 \text{ puro}} = 5.84 \text{ g } H_2SO_4$$

La eficiencia para la remoción del cromo, fue:

Tabla 38. Eficiencia de remoción de cromo

Cromo presente en la muestra cruda	(g/L)	4.442
Cromo presente en la muestra recuperada	(g/L)	4.44
Cromo presente en el líquido filtrado	(g/L)	0.002

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Por lo que la eficiencia se expresa como (E):

$$E = \frac{\text{Cromo presente en la muestra recuperada}}{\text{Cromo presente en la muestra cruda}} \times 100$$

$$E = \frac{4.44}{4.442} \times 100 \%$$

$$E = 99.95 \%$$

CAPÍTULO VI

6. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN CURTIDURÍA HIDALGO

6.1. METAS DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL PROYECTO

El Programa de Producción más Limpia desarrollado para Curtiduría Hidalgo en el presente capítulo, pretende aprovechar y optimizar el sistema productivo actual de la empresa, a través de un conjunto de acciones que permitan la reutilización del agua, recuperación y sustitución de insumos; logrando así beneficios económicos y ambientales.

En base a estas consideraciones, y los resultados obtenidos en el desarrollo experimental, se describe a continuación el Programa de Producción Más Limpia propuesto para Curtiduría Hidalgo, el cual presenta la siguiente estructura:

- 1) Recuperación y reutilización de sales de cromo: Esta medida consta del diseño y operación del sistema que permitirá recuperar el cromo contenido en las descargas provenientes del curtido.
- 2) Reutilización del agua tratada: Se indican las actividades correspondientes a la recirculación del agua clarificada proveniente de la recuperación del cromo en el proceso de curtido.
- 3) Reducción en el consumo de sales de cromo: Se establecen los parámetros necesarios para reducir el consumo de cromo durante el curtido de las pieles.
- 4) Reducción en el consumo de sulfuro de sodio: Se indican los parámetros necesarios para reducir el consumo de sulfuro de sodio durante el pelambre.

Cada una de estas medidas, consta de objetivo, meta, responsable y medidas de ejecución.

6.2. RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN LAS SALES DE CROMO

6.2.1. Objetivo

Recuperar y reutilizar el cromo presente en los vertidos líquidos contaminados

6.2.2. Meta

Reducción del cromo y DQO presente en las descargas líquidas en 25% durante el primer año.

6.2.3. Responsable

Representante Legal

6.2.4. Actividades a desarrollarse

La primera actividad consistirá en la construcción de las unidades de recuperación de cromo, las cuales permitirán obtener nuevamente sal de cromo útil a partir de las descargas agotadas de la etapa de curtido, basándose en el proceso de precipitación y redisolución, desarrolladas experimentalmente.

Además, este proceso permitirá obtener agua clarificada con características no contaminantes, la cual puede ser reincorporada al tanque de almacenamiento principal de agua para procesos que dispone la curtiembre

6.2.4.1. Parámetros de Diseño

La información disponible para el diseño se basa en los datos experimentales y en los datos a escala real del proceso de curtido desarrollado en Curtiduría Hidalgo, que son los siguientes:

- Volumen de agua a tratar (VCS): 0.706 m^3
- Caudal (Q): 0.75 L/s
- Concentración de la sal de cromo (C_{Cr}): 4.442 g/L

- Volumen Ocupado por el precipitado (V_p): 0.47 m^3 de precipitado / m^3 de agua a tratar.
- Tiempo de retención (θ): 2 horas

a) Cálculos

El tanque de recuperación de cromo estará conformado por la zona de precipitación y la zona de lodos (precipitado).

En primer lugar, se dimensiona la zona de lodos, asumiendo valores de ancho (B) y de largo del tanque (L).

$$B = 0.7 \text{ m}$$

$$L = 2.0 \text{ m}$$

Se calcula el volumen que ocupará el precipitado (V_p):

$$V_p = 0.47 \frac{\text{m}^3_p}{\text{m}^3_{CS}} \times V_{CS}$$

$$V_p = 0.47 \frac{\text{m}^3_p}{\text{m}^3_{CS}} \times 0.706 \text{ m}^3_{CS}$$

$$V_p = 0.33 \text{ m}^3_p$$

Manteniendo un margen de seguridad del 5% para que el volumen de precipitado obtenido no supere la capacidad diseñada:

$$V_p = 0.33 \text{ m}^3 \times (1 + 0.05)$$

$$V_p = 0.363 \text{ m}^3$$

Para determinar el volumen que ocupara el prisma rectangular se ha asumido un valor de profundidad de 0.45 m, y un largo de 0.6 m con lo cual el volumen (V_r) que ocupara será:

$$V_r = h_r \times L_r \times B$$

$$V_r = (0.45 \times 0.6 \times 0.7)m^3$$

$$V_r = 0.189 m^3$$

El volumen ocupado por el prisma triangular (V_t) será por lo tanto:

$$V_t = V_p - V_r$$

$$V_t = (0.363 - 0.189)m^3$$

$$V_t = 0.174 m^3$$

El área de la sección triangular (A_T) estará dada por:

$$A_T = \frac{V_t}{B}$$

$$A_T = \frac{0.174 m^3}{0.7 m}$$

$$A_T = 0.249 m^2$$

El área de la sección triangular se define por la siguiente expresión:

$$A_T = \frac{L \times h_t}{2}$$

Despejando la profundidad h_t , que es la incógnita, se tiene:

$$h_t = \frac{2 A_T}{L}$$

$$h_t = \frac{2 \times (0.249)m^2}{1.40 m}$$

$$h_t = 0.35 m$$

La pendiente (m) de la zona de lodos queda expresada de la siguiente manera:

$$m = \frac{h_t}{L} \times 100$$

$$m = \frac{0.35}{1.4} \times 100$$

$$m = 25\%$$

Para el dimensionamiento de la zona de reacción, se determinó en primera instancia el volumen ocupado V_{CR} (volumen de la cámara de reacción).

$$V_{CR} = V_T - V_P$$

$$V_{CR} = (0.706 - 0.363)m^3$$

$$V_{CR} = 0.343 m^3$$

Para determinar la altura (h_1) de la cámara de reacción se procedió de la siguiente manera.

$$V_{CR} = B \times h_1 \times L$$

$$h_1 = \frac{V_{CR}}{B \times L}$$

$$h_1 = \frac{0.343m^3}{0.7 m \times 1.6 m}$$

$$h_1 = 0.306 m$$

Por lo tanto la altura total del tanque de sedimentación será:

$$H = h_1 + h_r$$

$$H = (0.306 + 0.45)m$$

$$H = 0.756 m$$

Se considerará además una altura adicional de 0.1 m, para la tubería de ingreso del líquido a tratar.

6.2.4.2. Lecho de secado de sedimentos^{vii}

La Curtiduría Hidalgo cuenta con un sistema de rejillas para la conducción de las aguas descargadas del proceso de curtido, el cual permite retener la mayor parte de los sólidos generados, cuyo tamaño es superior a 1 mm. El resto de partículas que no hayan sido retenidas en las canaletas de las rejillas durante la trayectoria de las descargas, serán atrapadas por una malla fina colocada al ingreso del tanque de recuperación de cromo.

Experimentalmente se determinó que la concentración de sólidos sedimentables es de 110 mL/L, por lo que el volumen de sólidos a secar después de cada descarga se calcula a continuación:

$$V_{SS} = C_{SS} \times V$$
$$V_{SS} = \frac{110 \text{ mL}}{L} \times 650 L \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ mL}}$$
$$V_{SS} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Manteniendo un margen de seguridad del 10% para que la cantidad de sedimentos no supere la capacidad diseñada, el volumen del lecho de secado es:

$$V_{SS} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times (1 + 0.1)$$
$$V_{SS} = 8.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

El lecho de secado como será ubicado junto al ingreso del tanque de recuperación de cromo, mantendrá el mismo ancho que este tanque (0.7 m) y se propone una altura de 2 cm. El largo del lecho de secado se determina a continuación:

$$V = B \times L \times h$$
$$L = \frac{V}{B \times h}$$

^{vii} El lecho de secado es un área específica destinada para colocar los sedimentos con el fin de deshidratarlos, para posteriormente evacuarlos a través de gestores

$$L = \frac{8.5 \times 10^{-3} m^3}{(0.7)m \times 0.02 m}$$

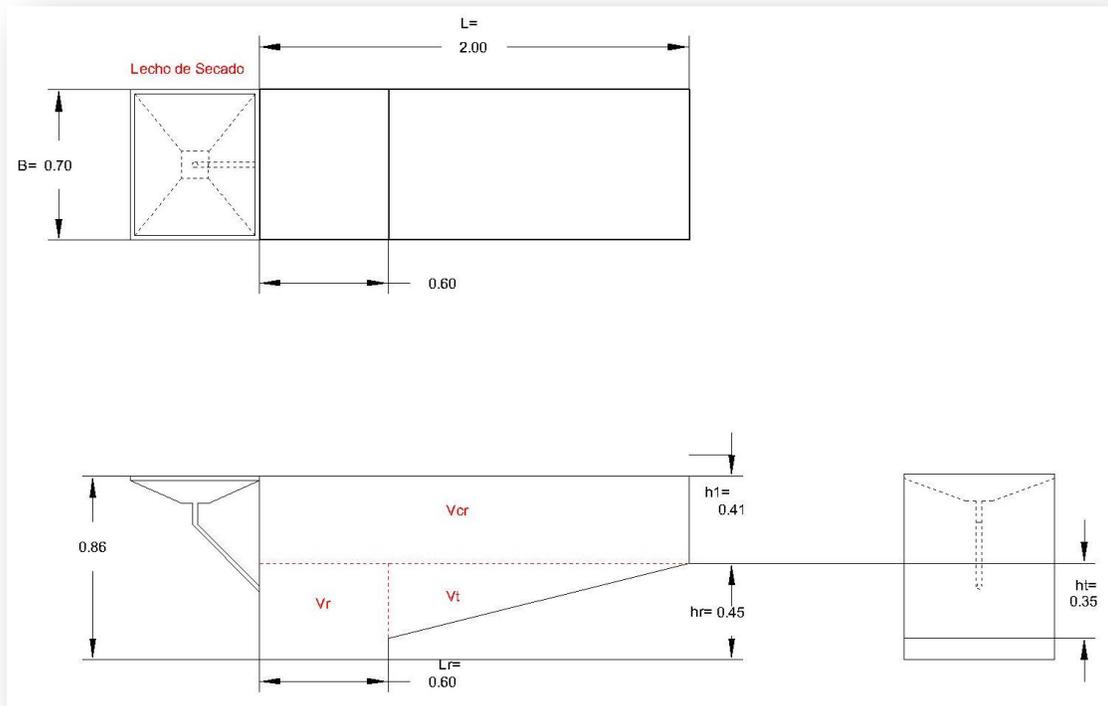
$$L = 0.6 m$$

El fondo del lecho de secado lo constituirá una malla metálica perforada ($\varnothing < 1mm$), anclada al lecho mediante una bisagra.

Por debajo del lecho de secado se colocara una tolva recolectora que consta de cuatro caras trapezoidales que desembocan en la tubería. La profundidad de esta tolva será de 11 cm.

A la salida de la tolva recolectora se colocara la tubería PVC de 1" y con una longitud de 10 cm, se empalmara esta tubería mediante un codo de 45° a otro segmento de tubería PVC cuya longitud es de 44 cm, la cual desembocara en el tanque de recuperación a una altura de 29 cm desde el lecho del tanque.

Figura 18. Diseño de Sistema de Recuperación de Cromo



6.2.4.3. Operación

1. Previo a la descarga del agua de curtido desde el bombo, se deberá mantener abierta la llave de ingreso al tanque de recuperación y a la vez mantener cerrada llave de salida del tanque.
2. Una vez que el tanque se haya llenado con el agua a tratar, cerrar la llave de ingreso y comenzar con la adición de hidróxido de sodio. Se observará el nivel del espejo de agua en la regleta volumétrica.
3. Una vez determinado el volumen del agua, se agregará 0,048 Kg de hidróxido de sodio por cada litro de agua a tratar. La manipulación de este químico se la llevará a cabo acorde a las especificaciones de las Hojas de Seguridad ligadas al presente manual de procedimientos.
4. La agitación se realizará manualmente utilizando el agitador plástico (PVC). Se dejará reposar el precipitado dentro del tanque por dos horas.
5. Transcurridas las dos horas, se abrirá la llave de salida del tanque para abrir paso al agua clarificada hacia la cisterna.
6. Una vez extraída la mayor parte del agua clarificada, se cerrará nuevamente la llave de salida. Se deberá observar el volumen del precipitado en la regleta volumétrica.
7. Se agregará 132 mL de ácido sulfúrico por cada litro de precipitado. Se agitará la solución con la varilla plástica.
8. Una vez diluido todo el precipitado, se accionará la bomba y se extraerá el líquido hacia el recipiente de 55 galones.
9. El tanque lleno será trasladado utilizando el coche manual hacia el sitio de almacenamiento de productos químicos hasta ser utilizado en el siguiente proceso de curtición

6.2.5. Resultados

Los resultados obtenidos en la parte experimental, para la implementación de este sistema son los siguientes:

Tabla 39. Resultados de obtenidos con las técnicas propuestas

Parámetro	Unidad	Sistema Actual	Sistema Implementado	% de Reducción
Cromo en el agua residual	mg/L	4442	0.002	99.95
DQO	mg/l	6050	10	99.83
Químicos utilizados	kg/1000kg de piel	109.2	86.23	21.03

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

6.2.6. Análisis Económico

El presupuesto estimado para la obra civil requerida para la recuperación de cromo es de \$ 1321.4, que se desglosa a continuación.

Tabla 40. Presupuesto para Construcción: Tanque de Recuperación de Cromo

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
Rotura del pavimento	m2	2.30	15.95	36.68
Excavación	m3	2.16	189.21	408.69
Desalojo de material sobrante	m3	2.16	17.60	38.02
Entibado	m2	6.6	14.89	98.27
Colocación de hormigón	m3	0.65	172.30	112.00
Colocación de tubería de 47 mm 0.8 mPa	m	5	54.00	270.00
Rejilla	m2	0.005	1.83	0.01
Lecho de secado	u	1	86.74	86.74
Instalación de bomba sumergible	u	1	271.04	271.04

=====

TOTAL = 1,321.4

Fuente: Cámara de la Construcción de Quito
Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Se realizó además el Análisis de Costo estimado de la operación del sistema de recuperación de cromo, cuyos rubros se muestran a continuación:

Tabla 41. Rubros de Operación: Recuperación de Cromo

Rubros de Operación				
Actividad	Horas a la Semana (h)	Costo Unitario	Costo Semanal	Costo Anual
Limpieza de Rejilla	1,5	\$ 2,56	\$ 3,84	\$ 199,68
Apertura y cierre de llaves	0,24	\$ 2,56	\$ 0,61	\$ 31,95
Adición y mezclado en el Tanque	0,5	\$ 2,56	\$ 1,28	\$ 66,56
Bombeo 0.25 kw	0,21	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,03
Transporte	0,5	\$ 2,56	\$ 1,28	\$ 66,56
Limpieza del Tanque	1,5	\$ 2,56	\$ 3,84	\$ 199,68
Total	4,45	\$ 12,80	\$ 10,85	\$ 564,46

Fuente: Cámara de la Construcción de Quito

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

El costo por adquisición de los insumos necesarios para la recuperación de cromo, se llevó a cabo en base a las cantidades requeridas de manera experimental, cuyo desglose se muestra a continuación:

Tabla 42. Costos de Insumos requeridos para Recuperación de Cromo

Insumo	U.	Cantidad Requerida (Experimental)	V. de Agua a Tratar (mL)	Cantidad Semanal (Kg)	Costo Unitario	Costo Semanal	Costo Anual
Hidróxido de Sodio	g/1000 ml	0,00404	706000	8,6	\$ 0,40	\$ 3,42	\$ 177,98
Ácido Sulfúrico	g/1000 ml	0,00584	332235,29	5,8	\$ 0,75	\$ 4,37	\$ 227,01
Total		0,00988	1038235,2	14,4	\$ 1,15	\$ 7,79	\$404,99

Fuente: Curtiduría Hidalgo

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Una vez determinados los costos de construcción y operación, se llevó a cabo el análisis de ahorro generado por la recuperación de sulfato de cromo.

Tabla 43. Ahorro por Recuperación de Cromo

Insumo	Cantidad Semanal (Kg)	Costo Unitario	Ahorro Semanal	Ahorro Anual
Sulfato Reutilizado (Kg)	19,15	\$ 1,65	\$ 31,60	\$ 1.643,07
TOTAL			\$ 31,92	\$ 1.659,59

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.3. REUTILIZACIÓN DE AGUA CLARIFICADA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CROMO

6.3.1. Objetivo

Reutilización de agua clarificada del proceso de recuperación de cromo

6.3.2. Meta

Reducir la adquisición de agua en 2 m³ semanales.

6.3.3. Responsable

Representante Legal

6.3.4. Actividades a desarrollarse

Una vez obtenida agua clarificada al final de la precipitación del cromo, ésta será direccionada al tanque reservorio de la curtiduría, mediante flujo a gravedad a través de una tubería de PVC de 40 m y 256 mm de sección, para lo cual se debe abrir la llave de paso ubicada al final del tanque de recuperación.

6.3.5. Resultados Esperados

Los resultados que se esperan con la reutilización de agua son los siguientes:

Tabla 44. Resultados de Reutilización de agua

Parámetro	Unidad	Sistema Actual	Sistema Implementado	% de Reducción
Agua consumida etapa de curtido	m3/1000 Kg de piel	2.4	1.27	52.92

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.3.6. Análisis Económico

Los costos por reutilización de agua clarificada se encuentran considerados en el análisis económico de la recuperación de cromo, por lo que se énfasis en el ahorro correspondiente a esta actividad.

Tabla 45. Ahorro por Reutilización de agua clarificada del Proceso de Recuperación de Cromo

Insumo	Cantidad Semanal Recuperada (m³)	Costo Unitario	Ahorro Semanal	Ahorro Anual
Volumen de Agua Reutilizada	2,118	\$ 0,15	\$ 0,32	\$ 16,52

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.4. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE SALES DE CROMO

6.4.1. Objetivo

Reducir el consumo porcentual de sal de cromo utilizado en el proceso de curtido.

6.4.2. Meta

- Reducción en el uso de sulfato básico de cromo del 7 al 6.5%.

6.4.3. Responsable

Representante Legal

6.4.4. Actividades a desarrollarse

Se encuentra en pruebas la reducción del consumo de sulfato básico de cromo del 7 al 6.5%, mediante el uso de agotador de cromo (Fisocrom - AG) al 1% en agua caliente a 50°C, lo que permite una mayor incorporación de cromo en la piel, reduciendo así el cromo presente en las descargas líquidas.

Es necesario controlar que la cantidad de cromo no se reduzca a un límite máximo de 5.5 %, ya que la piel no logrará la elasticidad adecuada alterando la calidad del producto final. En cambio es necesario regular o no aumentar mayor cantidad de agotador de cromo, por limitantes económicos.

6.4.1. Resultados Esperados

Los resultados que se esperan con la reducción del consumo de sulfato básico de cromo son los siguientes:

Tabla 46. Resultados de la reducción del consumo de sulfato básico de cromo

Parámetro	Unidad	Sistema Actual	Sistema Implementado	% de Reducción
Sulfato básico de cromo consumido	%	7	6.5	7.14

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.4.2. Análisis de Económico

Los costos relacionados a la reducción en el consumo de sulfato básico de cromo, corresponden a la adquisición de FISOCROM-AG como agotador de cromo, cuyo gasto anual se presenta a continuación:

Tabla 47. Costo Anual de Uso de Agotador de Cromo

Insumo	Cantidad Semanal consumida (Kg)	Costo Unitario \$	Costo Semanal \$	Costo Anual \$
FISOCROM-AG	8.34	2.45	20.43	1062.52

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

El ahorro anual correspondiente a la reducción en el consumo de sulfato básico de cromo es:

Tabla 48. Ahorro Anual en el Consumo de Sulfato Básico de Cromo

Insumo	Cantidad Semanal consumida (Kg)	Costo Unitario \$	Ahorro Semanal \$	Ahorro Anual \$
Sulfato Básico de Cromo	4.17	1.65	6.88	357.79

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.5. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE SULFURO DE SODIO

6.5.1. Objetivos

- Reducir el consumo porcentual de sulfuro de sodio en la etapa de pelambre, sin la destrucción de pelo.

6.5.2. Meta

- Reducción en el uso de sulfuro de sodio del 2.1 al 1.7%

6.5.3. Responsable

Representante Legal

6.5.4. Actividades a desarrollarse

A fin de reducir la proporción de sulfuro utilizado en el pelambre del 2.1 al 1.7%, se opta por la adición de enzimas de pelambre (Mollescal MF) al 0.5% en peso (0.5 kg de enzimas/kg de piel), las cuales facilitan la remoción de pelo de la piel.

Esta es la cantidad óptima de sulfuro mínimo (1.7%) a utilizar en Curtiduría Hidalgo, una cantidad menor de sulfuro no permitirá realizar un adecuado pelambre, por lo que quedarán raíces de pelo en la piel.

6.5.1. Resultados Esperados

Los resultados que se esperan con la reducción del consumo de sulfuro de sodio son los siguientes:

Tabla 49. Resultados de la reducción del consumo de sulfuro de sodio

Parámetro	Unidad	Sistema Actual	Sistema Implementado	% de Reducción
Sulfuro de sodio consumido	%	2.1	1.7	19.04

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

6.5.2. Análisis Económico

Los costos relacionados a la reducción en el consumo de Sulfuro de Sodio, corresponden a la adquisición de MOLLESCAL-MF como enzimas de pelambre, cuyo gasto anual se presenta a continuación:

Tabla 50. Costo Anual de Uso de Enzimas de Pelambre

Insumo	Cantidad Semanal consumida (Kg)	Costo Unitario \$	Costo Semanal \$	Costo Anual \$
MOLLESCAL-MF	6	2.33	13.98	726.96

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

El ahorro anual correspondiente a la reducción en el consumo de sulfuro de sodio es:

Tabla 51. Ahorro Anual en el Consumo de Sulfuro de Sodio

Insumo	Cantidad Semanal consumida (Kg)	Costo Unitario \$	Ahorro Semanal \$	Ahorro Anual \$
Sulfuro de Sodio	4.8	0.48	2.30	119.81

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

CAPÍTULO VII

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se resume los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto, los cuales se expresan como resultados técnicos, económicos y ambientales, con el fin de identificar las ventajas y desventajas de aplicación de las medidas de P+L identificadas, comparándolos además con indicadores internacionales de gestión.

7.1. TABLA DE RESULTADOS

7.1.1. Técnico – Ambiental

Como resultado técnico - ambiental tenemos:

Tabla 52. Resultados Técnico – Ambiental

Actividad	Resultado	Requerimientos
Recuperación y reutilización de Sales de Cromo	Recuperación del 99.95% del Cromo Residual	Construcción y operación de un tanque de recuperación de cromo, que conste de las siguientes unidades. <ul style="list-style-type: none">- Zona de Sedimento.- Zona de Reacción y Precipitación.- Lecho de Secado de Sedimentos- Bomba de Recirculación de agua
	Recuperación del 99.83 % de DQO en el Agua residual	
	Reducción en el consumo de Cromo en 21.03%	
Reutilización de Agua Clarificada del proceso de Recuperación de cromo	Reducción en la compra de agua en el proceso de curtido en	Implementación de tubería desde el tanque de recuperación de cromo, hacia la cisterna de almacenamiento de agua para proceso.

Actividad	Resultado	Requerimientos
	52.92%	
Actividades Complementarias	Reducción de Sales de Cromo del 7 al 6.5%	Uso de agotador de cromo (Fisocrom - AG) al 1% en agua caliente a 50°C.
	Reducción de Sulfuro de Sodio del 2.1 al 1.7%	Adición de enzimas de pelambre (Mollescal-MF) al 0.5% en peso (0.5 kg de enzimas/kg de piel).

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

Tabla 53. Análisis comparativo de indicadores de gestión: Situación actual, Medidas Implementadas y Benchmarking Internacional

Indicador	Unidad de Medida	Curtiduría Hidalgo		Benchmarking Colombia	Benchmarking Internacional
		Situación actual	Medidas Implementadas		
Consumo de agua por piel inicial procesada					
Preremojo y remojo	m ³ /1000kg de piel	5.5	-	2	2
Pelambre	m ³ /1000kg de piel	4.7	-	1.39	3 (UE)
Desencalado y Purgado	m ³ /1000kg de piel	5.1	-	0.79	2.50
Piquelado y Curtido	m ³ /1000kg de piel	2.4	1.27	0.48	0.1 (UE)
Cantidad de químicos por piel procesada					
Preremojo y remojo	kg/1000kg de piel	32.5	-	1.59	3
Pelambre	kg/1000kg de piel	50.5	33.5	36.06	80
Desencalado y Purgado	kg/1000kg de piel	29.8	-	12.12	46.5
Piquelado y Curtido	kg/1000kg de piel	109.2	86.23	60.72	110.2
Cantidad de Cromo Utilizado					
Porcentaje de Cromo utilizado	%	7%		5.3	4.4
Parámetros del Agua Residual de las curtiembres					
Sólidos Suspendedos (SS)	mg/L	15500	-	2124.11	3000 (UE)
DBO	mg/L	5000	-	1369.33	800

Indicador	Unidad de Medida	Curtiduría Hidalgo		Benchmarking Colombia	Benchmarking Internacional
		Situación actual	Medidas Implementadas		
DQO	mg/L	63800	57750	4900.57	2000
Cromo	mg/L	4442	1.82	26.2	10
Cantidad de residuos generados por piel	Kg/Kg de piel	1.6	-	0.02	0.44 (Noruega)

Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2004

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C., 2013

7.1.2. Económicos

Tabla 54. Resultados Económicos

Actividad	Resultado	Requerimiento
Reutilización de Agua Clarificada	Ahorro Anual de \$16,52	Inversión en la implementación de tubería
Sulfato Reutilizado	Ahorro Anual de \$1.643,07	Inversión para construcción del tanque de recuperación y adquisición de la bomba.
Reducción del uso de Sales de Cromo	Ahorro Anual de \$357,79	Compra de Agotador de Cromo (Fisocrom-AG)
Reducción del uso de Sulfuro de Sodio	Ahorro Anual de \$119.81	Compra de enzimas para pelambre (Mollescal-MF)

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

7.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS TÉCNICO – AMBIENTALES

Se realizó el análisis en base a las ventajas y desventajas de la implementación de las medidas de P+L identificadas, que se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 55. Ventajas y Desventajas de las Acciones propuestas – Técnico Ambiental

Actividad	Ventaja	Desventajas
Recuperación y reutilización de Sales de Cromo	Reducción de la carga contaminante en los efluentes líquidos.	Tiempo invertido en la operación y mantenimiento, reduce el tiempo útil del personal en el proceso. Mayor control en la formulación de cromo nuevo que ingresa al proceso.
	Aprovechamiento del Cromo residual presente en la descarga.	
	Fácil operación y mantenimiento del sistema de recuperación de cromo.	
Reutilización de Agua Clarificada del proceso de Recuperación de cromo	Reducción en el consumo de agua en el proceso de curtido	Tiempo invertido en la operación y mantenimiento, reduce el tiempo útil del personal en el proceso.
Reducción de Sales de Cromo	Reducción de la carga contaminante en el efluente líquido: Cromo III y DQO.	Reformulación del proceso de curtido, debido a que se debe agregar un componente nuevo el cual corresponde al agotador de Cromo.
Reducción de Sulfuro de Sodio	Reducción de la carga contaminante en el efluente líquido: Sulfuros y DQO.	Reformulación del proceso de curtido, debido a que se debe agregar un componente nuevo el cual corresponde a enzimas de pelambre.

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

7.3. ECONÓMICOS

Se realizó el análisis en base a las ventajas (ahorro) y desventajas (gasto) económicas de la implementación de las medidas de P+L identificadas, que se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 56. Ventajas y Desventajas de las Acciones propuestas – Económica

Actividad	Ventaja	Desventaja
Sulfato Reutilizado	Ahorro Anual de \$ 1.643,07	Alto costo inicial en la construcción del sistema de recuperación. (\$1321.45) Costos Operativos representativos (\$ 564,46 anuales) Costo por Adquisición de nuevos insumos para la recuperación de cromo, como ácido Sulfúrico e Hidróxido de Sodio. (\$404,99 anuales)
Reutilización de Agua Clarificada	Ahorro Anual de \$16,52	Mismas desventajas que el punto anterior,
Reducción del uso de Sales de Cromo	Ahorro Anual de \$ 357,79	La inversión anual para el uso de Fisocrom-AG será de \$1062,52
Reducción del uso de Sulfuro de Sodio	Ahorro Anual de \$119.81	La inversión anual por el uso de Mollescal-MF será de \$726.96

Elaborado por: Gordillo G, Toledo C. 2013

Adicional a los valores de ahorro anual mencionados en la Tabla 56, el beneficio con mayor potencial económico se relaciona con el pago de multas y posible clausura, lo que representaría un gasto para la empresa, equivalente a \$880.

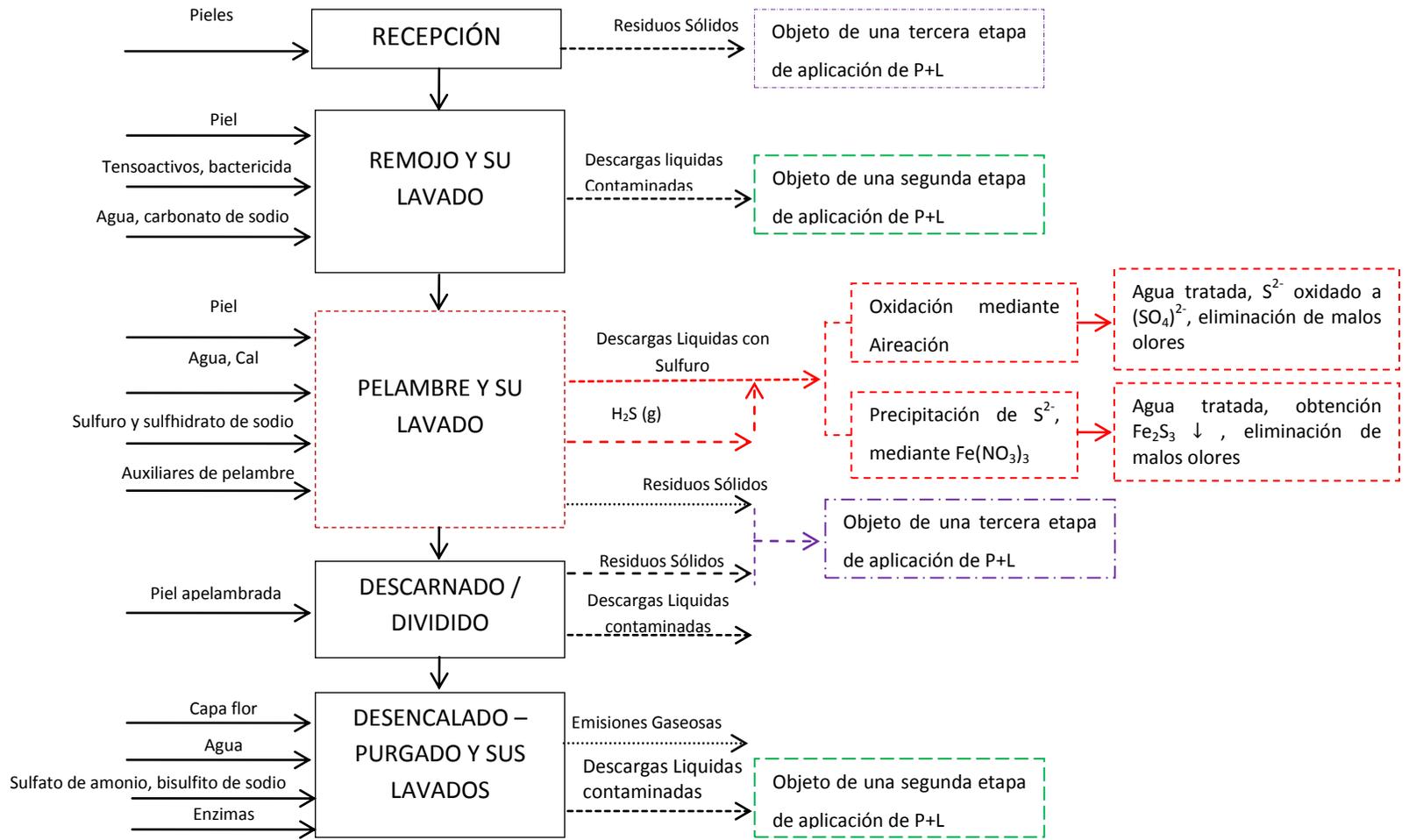
7.4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RECOMENDADO

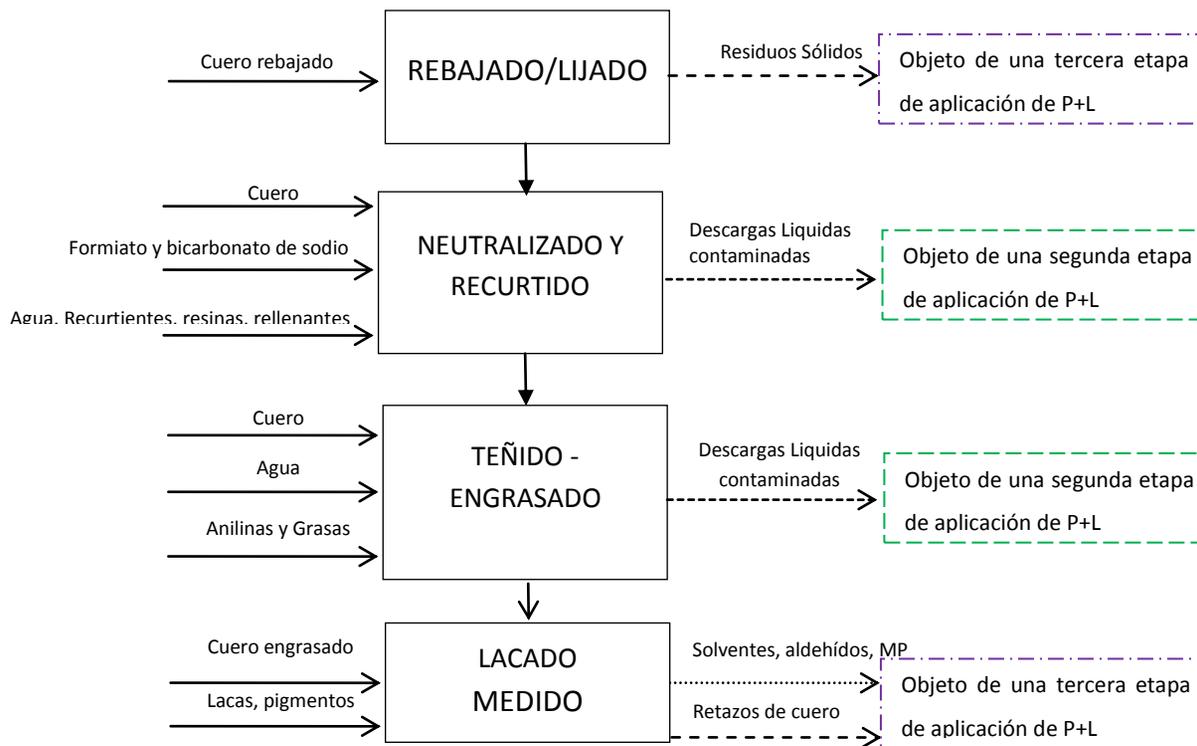
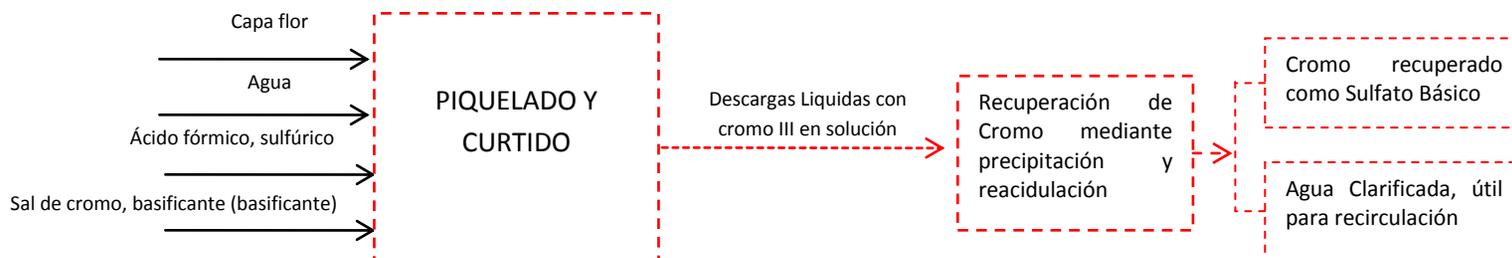
El Diagrama que se presenta a continuación, sintetiza las actividades llevadas a cabo en el proceso productivo, en el cual se describe las respectivas entradas y salidas; así como las Técnicas de Producción Más Limpia propuestas en el presente estudio las cuales fueron enfocadas a la reducción de la contaminación en las descargas líquidas de Pelambre y Curtido, a través de la recuperación de insumos y optimización de recursos; debido a que el análisis de

las descargas y la evaluación ambiental respectiva, indican que éstas son las etapas críticas de contaminación para este tipo de industrias.

Cabe mencionar que existen técnicas alternativas para obtener agua tratada posterior a las descargas líquidas generadas en otras etapas de la producción del cuero a partir de piel de ganado vacuno, como parte de la Producción Más Limpia, las cuales serían objeto de estudio en una segunda etapa de aplicación de la Producción Más Limpia; mientras que en una tercera etapa se podría abarcar la minimización, reutilización de residuos y optimización energética, tomando en cuenta que la Producción Más Limpia es un proceso de aplicación a mediano y largo plazo.

Figura 19. Diagrama de Flujo simplificado del proceso recomendado





CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

8.1.1. Conclusiones Generales

- ✓ El proceso de curtición de pieles de ganado vacuno en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, presenta problemas ambientales durante su ejecución de las distintas etapas, que conlleva a un malestar de la comunidad que convive con este tipo de empresas, debido a la naturaleza de las descargas líquidas y calidad de los desechos sólidos generados.
- ✓ Los impactos ambientales relacionados con las actividades de curtición son la alteración de la calidad del agua debido a aportes excesivos de DBO, DQO, sulfatos, sulfuros, aceites y grasas, aguas alcalinas o ácidas, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos. En lo que respecta a la calidad del aire, ésta se ve afectada por emisión de sulfuros (causante de malos olores), así como también por los compuestos orgánicos volátiles provenientes del uso de lacas, además de material particulado procedentes de las operaciones de acabado. El impacto directo sobre la calidad del suelo es producto del manejo inadecuado de los residuos generados ya que dentro de su composición contienen un alto porcentaje de materia orgánica contaminada con cal, sulfuros, aminos, del pelambre, y cromo III.
- ✓ Conforme se desarrolló el trabajo de investigación, los objetivos planteados fueron alcanzados, sin embargo en lo que se refiere a recuperación de sulfuro, los resultados

técnicos reflejaron que, conforme las actividades experimentales ejecutadas, no permiten su reutilización.

- ✓ El representante legal de Curtiduría Hidalgo, Ingeniero Fabián Hidalgo P., facilitó el acceso a la información del proceso productivo, instalaciones y problemas ambientales (análisis de descargas de línea base).

8.1.2. Conclusiones específicas

- ✓ Aplicando Técnicas de Producción Más Limpia, los resultados experimentales reflejan que es factible la reutilización de cromo como sulfato básico en el proceso de curtido, permitiendo además obtener agua clarificada la cual puede ser recirculada al proceso productivo, logrando reducir la carga contaminante en las descargas líquidas.
- ✓ En lo que corresponde a la parte experimental para la implementación de Medidas Técnicas de Producción Más Limpia para el proceso de pelambre mediante la oxidación por aireación, se redujo los malos olores ocasionados por el sulfuro presente en la descarga, sin embargo no se logró obtener sulfato de calcio en cantidades útiles como subproducto. El tratamiento adicional aplicado para la reducción de olores mediante la precipitación del ion sulfuro en sulfuro de hierro III, dio como resultado la separación de dos fases, una sólida negra correspondiente al Fe_2S_3 ; y una líquida sobrenadante la cual no presentaba malos olores, aun cuando mantenía cierta turbidez.
- ✓ Aplicando la precipitación y reacidulación del cromo en la muestra de descarga líquida de curtido como Técnica de Producción Más Limpia, permitió experimentalmente una recuperación del 99.95% de cromo y reducción del 99.83% de la Demanda Química de Oxígeno, lo que reflejaría una reducción de la compra de cromo en un 21.03%, con un ahorro anual de \$ 1.643,07; para lo que es necesario la implementación de la obra civil del sistema de recuperación.

- ✓ Parte de la Producción Más Limpia pretende la reducción en el consumo de insumos, por lo que la reutilización del agua clarificada, obtenida experimentalmente en el proceso de recuperación de cromo, permitiría una reducción en la compra de agua en un 52.92%, equivalente a un ahorro anual de \$16.52.
- ✓ La implementación de las Técnicas de Producción Más Limpia planteadas en el presente proyecto de investigación, permitiría un ahorro de \$880 en multas por descargas contaminantes a cuerpos hídricos, en base a la sanción establecida en la legislación ambiental del Gobierno Municipal Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato

8.2. RECOMENDACIONES

8.2.1. Recomendaciones para Curtiduría Hidalgo

- La implementación y operación de las técnicas de producción más limpia establecidas en el presente proyecto, deben implementarse paulatinamente a fin de obtener resultados globales para la protección del ambiente, mejoramiento de la imagen competitiva de la empresa (sello verde) e incrementar sus beneficios económicos.
- Es importante mantener un sistema de registros de entradas y salidas adecuadas para cada proceso, que incluya cuantificaciones de: Materia prima, producto terminado, subproductos, energía e insumos consumidos, desechos sólidos, líquidos y gaseosos; permitiendo evaluar la eficiencia de los sistemas de producción más limpia implementados.
- Es necesario desarrollar estudios adicionales que permitan, en conjunto, lograr una mejora en los procesos de producción de cuero tendientes a alcanzar los niveles de los indicadores referenciales internacionales para la industria del cuero.

8.2.2. Recomendaciones para el Sector de las Industrias de la Curtición en el cantón Ambato

- Se recomienda que las industrias de curtiembre del cantón Ambato, inicien los estudios para implementar medidas de Producción Más Limpia, tomando como base el presente proyecto de investigación, adaptándolo a las características propias del proceso productivo de cada una.
- Es primordial iniciar con pruebas de sustitución de insumos, conforme las necesidades de cada curtiembre en base al producto ofertado.
- Se debe exigir a los representantes sectoriales que se realicen charlas y talleres prácticos con personas capacitadas en la implementación de medidas de Producción Más Limpia.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA.** *Manual de Buenas Prácticas Ambientales para Curtiembre en Centroamérica.* México CIATEC, 2006.
- ✓ **Agudelo, Sandra y Gutiérrez, Paula.** *Ahorro de Agua y Materia prima en los procesos de Pelambre y Curtido del Cuero mediante precipitación y recirculación de aguas.* Medellín, 2007.
- ✓ **Barreto, Silvia.** *Diseño de Calzado urbano.* 2006.
- ✓ **Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles - CPTS.** *Guía Técnica de Producción Más Limpia de Curtiembres.* Bolivia: Editorial del CPTS, 2003.
- ✓ **Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).** *Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Curtiembre.* Santiago, 1999.
- ✓ **D’Covington, Anthony.** *Tanning Chemistry: The Science of Leather.* Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009.
- ✓ **Directiva 96/61/CE del Consejo de la Unión Europea, N° L257/26.** Mejores Técnicas Disponibles. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas.* 24 de Septiembre de 1996.
- ✓ **EMSOL Ambiente & Seguridad.** *Estudio de impacto Ambiental Ex Post para las operaciones de Curtiduría Hidalgo.* Ambato, 2012.
- ✓ **Galiana Aleixandre, Vicenta.** *Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos.* Valencia, España, Octubre de 2010.
- ✓ **Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato.** *Ordenanza para la prevención y control de la contaminación ambiental ocasionada por las actividades agroindustriales, industriales, artesanales, domésticos y de servicios en el cantón Ambato.* Registro Oficial N° 043 del 16 de marzo de 2007.
- ✓ **Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear - IBTEN et al.** *Recuperación de cromo y su reuso en curtiembres - Informe Final.* La Paz, 2004.

- ✓ **Ludvik, J.** *Chrome Management in the tanyard*. 2000.
- ✓ **PNUMA.** *Acuerdos Ambientales y Producción Más Limpia*. 2006.
- ✓ **PNUMA-UNEP.** *United Nations Environment Program (UNEP) - PNUMA*. 1981.
- ✓ **Rayner-Canham, Geoff.** *Química Inorgánica Descriptiva*. México DF: Addeson Wesley Longman Mexico, 2000.
- ✓ **República Del Ecuador.** *Constitución Política de la República del Ecuador*. Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre de 2008.
- ✓ **República Del Ecuador.** *Ley de Gestión Ambiental*. Registro Oficial N° 245 del 30 de julio de 1999.
- ✓ **Salas, Gilberto.** *Eliminación De Sulfuros Por Oxidación En El tratamiento Del Agua Residual De Una Curtiembre*. 2005, Revista Peruana de Ingeniería Química

9.2. WEBGRAFÍA

- ✓ **Alpred, S.L.** Tiempo.com. [En línea] 09 de 01 de 2013. [Citado el: 09 de 01 de 2013.] <http://clima.tiempo.com/clima-en-ambato+aeropuerto-841470.html>.
- ✓ **Blandón, Sandra.** Procesos Agroindustriales, Tecnologías para procesamiento de cuero. [En línea] febrero de 2009. [Citado el: 05 de mayo de 2012.] slnb.files.wordpress.com/.../unidad-iii_-procesos-agroindustriales-i_te...
- ✓ **Cáceres, Fabian.** dspace.espoeh.edu.ec. *Depilado por Embadurnado por la Utilización de Tres Niveles de Sulfuro de Sodio en combinación de Hidróxido de Calcio para la Obtención de Cuero para Calzado*. [En línea] 2010. [Citado el: 27 de 01 de 2013.] dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/1157/1/17T0998.pdf.
- ✓ **Centro Nacional de Producción más Limpia (Colombia).** Sistema de Referenciación Ambiental (SIRAC) para el Sector Curtiembre en Colombia. [En línea] Febrero de 2004. [Citado el: 24 de Noviembre de 2012.] www.sirac.info/Curtiembres/html/.../SIRAC%20Curtiembres.pdf.
- ✓ **Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras.** Guía de Producción Más Limpia para el Cultivo y Procesamiento de Tilapia. *Proyecto USAID Mira Honduras*. [En línea] 08 de Diciembre de 2009. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] <http://www.mirahonduras.org/pml/docs/GUIA%20P+L%20TILAPIA.pdf>.

- ✓ **Centro Nacional de Producción Más Limpia.** Manual de Introducción a la Producción Más Limpia en la Industria. *Universidad Oscar Arnulfo Romero.* [En línea] 27 de Abril de 2011. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] <http://www.umoar.edu.sv/biblio/industrial/Manual%20de%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Producci%C3%B3n%20M%C3%A1s%20Limpia%20en%20la%20Industria.pdf>.
- ✓ **Gómez, Juan y Echeverry, Andres.** Universidad Tecnológica de Pereira. *Análisis Técnico y Económico en la Recirculación de Aguas de Pelambre y Curtido en una Curtiembre.* [En línea] Octubre de 2010. [Citado el: 26 de Enero de 2013.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1857/1/6283G633.pdf>.
- ✓ **Ludvik, J.** Chrome Management in the Tanyard. *United Nations Industrial Development Organization.* [En línea] 9 de Agosto de 2000. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Chrome_management_in_the_tanyard.pdf.
- ✓ **Madhan, B. y Muralidharan, C.** Study of the Stabilisation of Collagen with Vegetable Tannins in the presence of Acrylic Polymer . [En línea] 2 de Diciembre de 2011. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] <http://144.206.159.178/ft/114/63069/1071335.pdf>.
- ✓ **Nazate, Ana.** Química Orgánica UCE. *Fenoles Naturales.* [En línea] 8 de Junio de 2011. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] <http://q-organicauce.wikispaces.com/file/view/TANINOS+Y+FLAVONOIDES++TRABAJO+1+ORGANICA+II.pdf>.
- ✓ **NEMEROW, N.L. (1977) UNEP.** Buenas Tareas, Industry and Environment Office. [En línea] 1990. [Citado el: 05 de mayo de 2012.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Curtiembre-Chimu-Procesos/2459488.html>.
- ✓ **PA Sciency Advisory Board.** EPA Science Advisory. [En línea] 2012. [Citado el: 14 de Mayo de 2012.] <http://yosemite.epa.gov/sab/sabpeople.nsf/WebCommittees/BOARD>.
- ✓ **SIME.** Por la aplicación de la Producción más Limpia en el SIME. [En línea] 2004. [Citado el: 14 de 12 de 2012.] www.cubaindustria.cu.

- ✓ **Universidad de Concepción de Chile.** Tanning Operations. [En línea] 27 de Agosto de 2001. [Citado el: 27 de Enero de 2013.] http://www2.udec.cl/~inco-dc/process/process_tanning.htm.

9.3. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRETO S., Diseño de Calzado urbano, pág. 72
2. BARRETO S, Diseño de Calzado urbano, pág. 70-71
3. BARRETO S, Diseño de Calzado urbano, pág. 72-74
4. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 35-47
5. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , págs. 4-5
6. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , pág. 5
7. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 23
8. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 24
9. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , pág. 6
10. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , pág. 7
11. GOMEZ & ECHEVERRY, Analisis Técnico y Económico en la Recirculación de Aguas de Pelambre y Curtido en una Curtiembre, pág. 28

-
12. CÁCERES, Depilado por Embadurnado por la Utilización de Tres Niveles de Sulfuro de Sodio en combinación de Hidróxido de Calcio para la Obtención de Cuero para Calzado, pág. 32
 13. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, págs. 25-26
 14. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , pág. 9
 15. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 26
 16. RAYNER-CANHAM, Química Inorgánica Descriptiva, pág. 137
 17. D COVINGTON, Tanning Chemistry: The Science of Leather, pág. 157-158
 18. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 28
 19. NAZATE, Fenoles Naturales, pág. 1
 20. MADHAN & MURALIDHARAN, Study of the Stabilisation of Collagen with Vegetable Tannins in the presence of Acrylic Polymer, pág. 6
 21. GALIANA Aleixandre, Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos , pág. 11
 22. CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Sector Curtiembre, pág. 33
 23. PNUMA, Acuerdos Ambientales y Producción Más Limpia, pág. 2
 24. PNUMA, Acuerdos Ambientales y Producción Más Limpia, pág. 2
 25. SIME, Por la aplicación de la Producción mas Limpia en el SIME, pág. 2

-
26. AIDAFONI, Principales Barreras de Producción Más Limpia. Blog de Medio Ambiente y Producción
 27. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, Manual de Introducción a la Producción Más Limpia en la Industria, pág. 10
 28. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE HONDURAS, Guía de Producción Más Limpia Para el Cultivo y Procesamiento de la Tilapia , págs. 5-13
 29. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles - CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia de Curtiembres, págs. 70-72
 30. AGUDELO y GUTIERREZ, Ahorro de Agua y Materia prima en los procesos de Pelambre y Curtido del Cuero mediante precipitación y recirculación de aguas, pág. 244
 31. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS EPA , Manual de Buenas Prácticas Ambientales para Curtiembre en Centroamérica., págs. 36-39
 32. INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR - IBTEN et al, Recuperación de cromo y su reúso en curtiembres - Informe Final págs. 7-8.
 33. LUDVIK, Chrome Management in the tanyard, págs. 23-29.
 34. CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES - CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia de Curtiembres, págs. 87-91.
 35. CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES - CPTS, Guía Técnica de Producción Más Limpia de Curtiembres, págs. 77-80
 36. CONSEJO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA), Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Curtiembre, págs. 31-32.
 37. SALAS, Eliminación De Sulfuros Por Oxidación En El tratamiento Del Agua Residual De Una Curtiembre, págs. 49-54

38. EMSOL Ambiente & Seguridad, Estudio de impacto Ambiental Ex Post para las operaciones de Curtiduría Hidalgo, págs. 65-74.

ANEXOS

Anexo A

Glosario de Términos

Abono: Cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato, a nivel nutricional, para las plantas arraigadas en éste.

Amoníaco: Gas incoloro, irritante, corrosivo, con olor penetrante, de fórmula química NH_3 , que se puede formar cuando se emplea sales de amonio en el desencalado.

Auditoría Energética: Inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un proceso, con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio.

Baño agotado: Descarga desechada de las distintas etapas del proceso de curtido.

Baño: Medio acuoso donde se desarrolla las reacciones químicas de las distintas etapas de producción de cuero.

Benchmarking: Proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los indicadores de gestión ambiental.

Calero: Cuando en la etapa de pelambre, el reactivo empleado es la Cal este es conocido como calero.

Capa Flor: La parte de un cuero o una piel comprendida entre la superficie que queda al descubierto al eliminar el pelo o la lana y la epidermis hasta el nivel de las raíces de los mismos.

Capa Reticular: Porción más profunda y de mayor espesor. En esta zona las fibras colágenas son más gruesas y sirven de soporte a los Anexos Cutáneos, se encuentra localizada debajo de las papilas dérmicas y es de un grosor mayor que la dermis papilar.

Capilares: Conductos de sección diminuta cuya función es el intercambio de sustancias entre la sangre y el espacio intercelular de los tejidos. Estas sustancias son el oxígeno, nutrientes además de dióxido de carbono y los productos de desecho del metabolismo celular.

Carcinogénico: Sustancia cuya exposición son capaces de desarrollar patologías de cáncer.

Carnaza: Residuo sólido proveniente del descarnado.

Cisteína: Aminoácido no esencial, de fórmula química abreviada $\text{HO}_2\text{CCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{SH}$, que forma parte de la estructura de la epidermis. Los agentes curtientes interaccionan entre los espacios dejados por la cisteína para transformar la piel en cuero.

Cistina: Dímero de dos cisteínas unido por sus grupos funcionales tiol a través de un puente disulfuro.

Colágeno: Molécula proteica que forma fibras muy resistentes llamadas fibras colágenas.

Cortex: Parte más elástica y resistente del pelo.

Cutícula: Capa exterior del cabello, es la envoltura que protege la parte más elástica y resistente del pelo.

Desacidulante: Sustancia cuyas propiedades permiten incrementar ligeramente el pH de la solución (baño).

Desencalante: Sustancia utilizada en el proceso de curtido, que permite la eliminación de la cal presente en la piel.

Deshidratación: Pérdida excesiva de agua de los tejidos corporales o de sustancias sometidas a elevadas temperaturas.

Enlaces coordinados: Enlace covalente en el que cada par de electrones compartido por dos átomos es aportado por uno de ellos.

Enzima Pancreática: Químicos naturales que ayudan a descomponer grasas, proteínas y carbohidratos.

Enzima proteolítica, proteasa o peptidasa: Enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas.

Enzima: Sustancia catalizadora de reacciones bioquímicas.

Enzimas Bacterianas: Enzima producida por una bacteria.

Fibras Colágenas: Llamadas también fibras de colágeno, son sustancias secretadas por células del tejido conectivo como los fibroblastos que se encuentran en todos los animales pluricelulares y es el componente que mas abunda en la piel y los huesos, se puede decir que casi el 25% de la masa total de las proteínas en los mamíferos son fibras de colágeno.

Fibroцитos: Célula propia de los tejidos conjuntivos fibrosos, cuya principal función es sintetizar y mantener a la matriz extracelular propia del tejido.

Filtrado: Fase líquida resultante del proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el pasaje del líquido.

Fulones: Cilindros mecánicos de tamaño variable que gira entre ejes empleados en la industria de curtido de pieles, donde se llevan a cabo los procesos húmedos de transformación de piel en cuero.

Glándulas Sebáceas: Glándula que forma parte de la estructura del pelo y que tiene la función de producir una secreción grasosa llamada 'sebo piloso'.

Glándulas Sudoríparas: Glándulas simples, de estructura tubular y enroscadas en espiral, que hay en la dermis. Tienen la función de producir el sudor.

Grupo carboxílico: Grupo funcional de los aminoácidos que forman el colágeno de la piel, se lo representa como R-COOH. Este grupo forma uniones químicas con las sales de cromo, permitiendo la transformación de la piel en cuero.

Hidrolizar: Reacción química entre una molécula de agua y otra molécula de cualquier sustancia.

Histiocito: Célula del tejido conjuntivo con capacidad fagocítica, es decir que estas células son capaces de captar microorganismos y restos celulares e introducirlos en su interior con el fin de eliminarlos.

Hoja de seguridad (MSDS): Documentos que proporcionan la información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a cada una de las sustancias químicas.

Indicador: Parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un sistema, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo.

Lista de chequeo: Lista de comprobación que sirve para servir de guía y recordar los puntos que deben ser inspeccionados en función de los conocimientos que se tienen sobre las características y riesgos de las instalaciones.

Mastocitos: Componente del tejido conectivo que presenta grandes gránulos basófilos que contienen heparina, serotonina, bradicinina e histamina.

Materia prima: Materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en producto.

Medula: Sustancia blanda y grasa del interior de algunas piezas óseas.

Nitrosamina: Compuestos químicos orgánicos formados a partir de una Amina secundaria y Óxido Nítrico. Su estructura es la siguiente $R_1N(-R_2)-N=O$.

Oferta de Cromo: Cantidad de cromo que se adiciona en el baño de curtido.

Plan de acción: Plan que prioriza las iniciativas más importantes para cumplir con ciertos objetivos y metas, constituyéndose en una guía que brinda un marco o una estructura a la hora de llevar a cabo un proyecto.

Plan de monitoreo: Herramienta de gestión básica, que permite el seguimiento a indicadores ambientales para verificar la eficiencia de las medidas de Producción Más Limpia adoptadas.

Precipitado: Sólido que se produce en una disolución por efecto de difusión o de una reacción química o bioquímica.

Productividad verde: Término aplicado a la Producción Más Limpia por parte de la Organización para la Productividad Asia, como expresión de las ventajas económicas de la visión preventiva.

Puentes de Disulfuro: Enlace covalente formado por dos grupos sulfidrilo (-SH). Cada uno de ellos perteneciente a un residuo de cisteína, se unen de manera covalente para formar un residuo de cistina.

Putrescible: Transformación de la materia orgánica muerta en productos de cadena más simple.

Queratina: Principal constituyente estructural del pelo. Es una proteína con un alto contenido en cisteína, un aminoácido rico en azufre. La fibra capilar se forma durante el proceso de queratinización, cuando los queratinocitos, que son células que se encuentran en el bulbo piloso, se multiplican, se llenan de queratina, luego mueren y se endurecen.

Queratinasa: Enzima proteolítica que degrada la queratina.

Reductor: Agente químico que cede electrones a un agente oxidante en una reacción de óxido-reducción.

Reticulación: Estructuración de una red tridimensional formada por la unión de las diferentes cadenas poliméricas homogéneas. Se forma una red reticular en el cuero al unirse las sales de cromo mediante uniones químicas con el colágeno de la piel.

Sintanos: Productos sulfonados del fenol, cresol y naftaleno, o resinas derivadas de ácidos poliacrílicos.

Sulfuro activo: Compuesto de azufre que contiene el ion S^{-2} .

Tanda: Proceso unitario del curtido, llevado a cabo dentro de bombos o fulones.

Tanino: Sustancia fenólica, no nitrogenada, de ligero olor característico, sabor amargo y astringente, de fórmula $C_{14}H_{14}O_{11}$. Se encuentran presente en las cortezas de árboles como el roble y el castaño, y es utilizado como agente curtiente.

Tejido Conectivo: Tejido caracterizado morfológicamente por presentar diversos tipos de células separadas por una abundante matriz extracelular (intercelular), sintetizada por ellas.

Tejido Laxo Conjuntivo: Componente que forma el tejido intersticial de los órganos, músculos, vasos sanguíneos y linfáticos, y nervios del cuerpo; es abundante en la piel.

Tensoactivo: Llamados también surfactantes o agentes de superficie activa, son especies químicas con una naturaleza o estructura polar-no polar, con tendencia a localizarse "convenientemente" en las interfases formando una capa monomolecular adsorbida en la interfase.

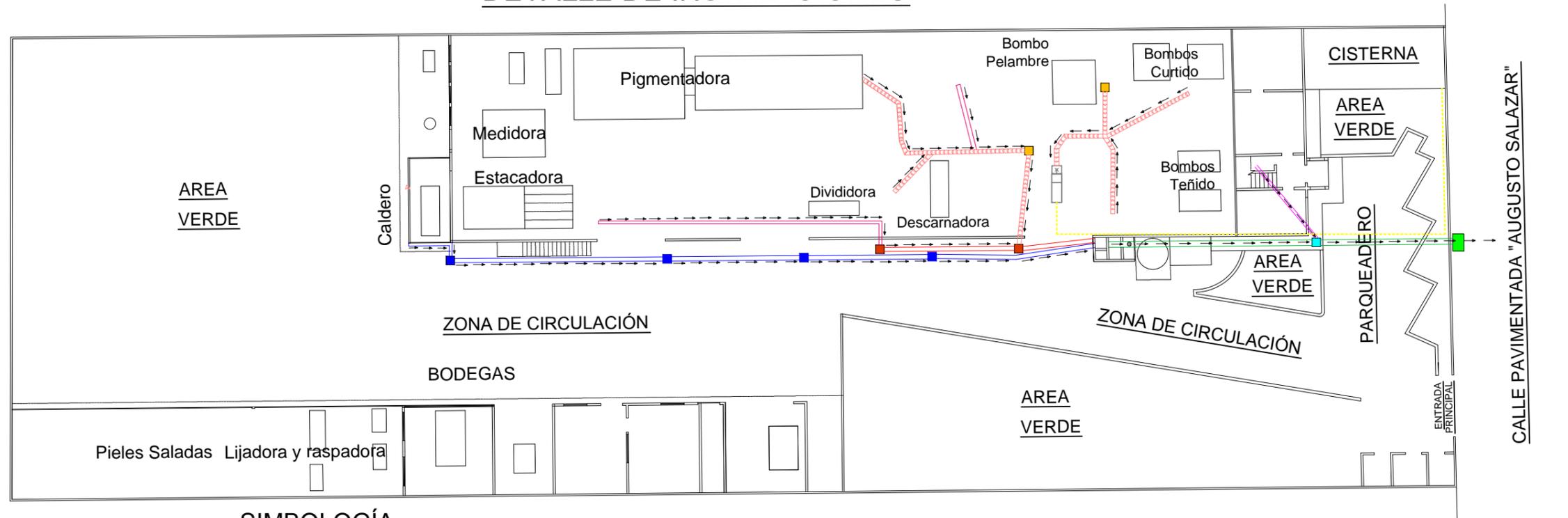
Tiosulfato: Anión con fórmula $S_2O_3^{2-}$. Es uno de los compuestos de desechos que puede formarse por la reacción entre el bisulfito de sodio y el sulfato de amonio en el desencalado.

Uniones electrostáticas: Uniones establecidas entre átomos, cuando uno se encuentra cargado positivamente y otro negativamente.

ANEXO B

CURTIDURÍA HIDALGO

DETALLE DE INSTALACIONES



SIMBOLOGÍA

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">  Canal abierto de aguas lluvias  Canal abierto de aguas industriales  Canal cubierto de aguas industriales  Cajas de revisión 40x40 internas  Cajas de revisión 60x60 externas  Cajas de revisión 60x60 externas | <ul style="list-style-type: none">  Tubería de Cemento Ø 30 cm enterrada para aguas lluvias  Tubería de Cemento Ø30 cm enterrada para aguas industriales  Tubería de Cemento Ø40 cm enterrada para aguas lluvias, servidas e industriales  Tubería de Cemento Ø20 cm enterrada para aguas servidas  Caja de revisión 60x60 externa  Caja de revisión 70x90 externa, fuera de la propiedad, conecta con la red de alcantarillado |
|---|---|

MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE IMPACTO

			RIBERA					CURTIDO				POST-CURTIDO				ACABADOS				OPERACIONES LOGÍSTICAS		
			Recepción	Remojo	Pelambre	Lavado pelambre	Descarnado	Dividido	Desenhalado - Purgado	Lavado desenhalado	Piquelado	Curtido	Rebajado	Neutralizado	Recurtido	Teñido - Engrasado	Estacado	Ablandado y lijado	Pigmentado y lacado	Prensado	Saneado y medido	Bodega de productos químicos
MEDIO FÍSICO	AIRE	Emisión de vapores, gases, malos olores	1		2											1		1				
		Presencia de material particulado										1					1	1				
	RUIDO	Generación de ruido		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1
	AGUA	Calidad del agua	2	2	2	2	2	2	2		2		2	2								
	SUELO	Generación de desechos peligrosos			1			1	1								1		1			1
		Generación de desechos no peligrosos	1																	1		
	RECURSOS	Consumo de agua		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1							
		Consumo energético		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
		Consumo de combustibles													1	1						
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SALUD	Afectaciones a la salud de la población			1																	
		Alteración de la calidad de vida de la población	2		2																	
	SEGURIDAD	Riesgos y afectaciones a la seguridad de los trabajadores	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
	ECONOMÍA	Generación de empleo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2

MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA REVERSIBILIDAD DE IMPACTO

			RIBERA					CURTIDO				POST-CURTIDO				ACABADOS					OPERACIONES LOGÍSTICAS	
			Recepción	Remojo	Pelambre	Lavado pelambre	Descarnado	Dividido	Desencalado - Purgado	Lavado desencalado	Piquelado	Curtido	Rebajado	Neutralizado	Recurtido	Teñido - Engrasado	Estacado	Ablonado y lijado	Pigmentado y lacado	Prensado	Saneado y medido	Bodega de productos químicos
MEDIO FÍSICO	AIRE	Emisión de vapores, gases, malos olores	1		1										1		1					
		Presencia de material particulado										2					1	1				
	RUIDO	Generación de ruido		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1
	AGUA	Calidad del agua	2	2	2	2	2	2	2	2		2		2								
	SUELO	Generación de desechos peligrosos			2		2	2									2		1		2	
		Generación de desechos no peligrosos	2																	2		
	RECURSOS	Consumo de agua		2	2	2	2	2	2	2			2	2	2							
		Consumo energético		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2
		Consumo de combustibles													2	2						
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SALUD	Afectaciones a la salud de la población			1																	
		Alteración de la calidad de vida de la población	2		2																	
	SEGURIDAD	Riesgos y afectaciones a la seguridad de los trabajadores	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
	ECONOMÍA	Generación de empleo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2

MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE IMPACTO

			RIBERA						CURTIDO			POST-CURTIDO				ACABADOS					OPERACIONES LOGÍSTICAS		
			Recepción	Remojo	Pelambre	Lavado pelambre	Descarnado	Dividido	Desencajado - Purgado	Lavado desencajado	Piquelado	Curtido	Rebajado	Neutralizado	Recurtido	Teñido - Engrasado	Estacado	Ablandado y lijado	Pigmentado y lacado	Prensado	Saneado y medido	Bodega de productos químicos	Funcionamiento del compresor
MEDIO FÍSICO	AIRE	Emisión de vapores, gases, malos olores	1,25		1,65				1,25							1,25		1,25					
		Presencia de material particulado										1,85					1,5	1,5					
	RUIDO	Generación de ruido		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25									1,25
	AGUA	Calidad del agua	2	2	2,25	2	2	2	2,25	2		2,25		2	2,25	2,25							
	SUELO	Generación de desechos peligrosos			1,85		1,85	1,85									1,85		1			1,85	
		Generación de desechos no peligrosos	1,35																	1,85			
	RECURSOS	Consumo de agua		1,85	1,35	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85			1,85	1,85	1,85							
		Consumo energético		1,85	1,35	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,9	1,85		1,85
		Consumo de combustibles													1,85	1,85							
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SALUD	Afectaciones a la salud de la población			1																		
		Alteración de la calidad de vida de la población	2		2																		
	SEGURIDAD	Riesgos y afectaciones a la seguridad de los trabajadores	1,35	1,35	1,35		1,6	1,6	1,35		1,35	1,35	1,6	1,35	1,35	1,35	1,35	1,6	1,35	1,6	1,35	1,35	1,35
	ECONOMÍA	Generación de empleo	2,25	2,25	2	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,3	2,25		2,25	2,25

Anexo D Análisis de Descarga del Proceso de Teñido y Recurtido 10/07/2012

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	ACREDITADO ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 0810
ST: 12 – 0406 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: CURTIDURIA HIDALGO
Atn. Sr. Fabian Hidalgo
Dirección: Tungurahua / Ambato / Augusto Salazar s/n y Via a Pillaro

FECHA: 18 de Julio del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 07 / 11 – 07:30
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 07 / 10 – 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 07 / 11- 2012 / 07 / 18
TIPO DE MUESTRA: Agua de Proceso
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 1228-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: MA2
PUNTO DE MUESTREO: Recurtido Tenido
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. César Salas
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500 H ⁺	----	3,44	5-9	± 0,10
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 D	ml/L	30	20	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	7290	400	± 14%
*Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	55	<40	-
*Caudal	PEE/LABCESTTA/164	l/seg	7,14	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
*Materia Flotante	PEE/LABCESTTA/165	-	Presencia	Ausencia	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500- NO ₃ ⁻ E	mg/L	3,96	-	± 19%
*Color Real	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120 C	Unidades de Color	1900	-	-
*Carbonatos	PEE/LABCESTTA/43 Volumétrico	mg/L	< 10	0,1	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 APHA3111 B 3030 E	mg/L	0,019	0,5	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	4100	250	± 15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	9625	500	±3%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	220	220	± 6%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1

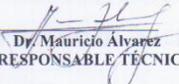
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">ACREDITADO</p> <p align="center">ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008</p>
---	---	--

Totales					
Cromo Total	PEE/LABCESTTA/28 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	268,49	-	± 6%
*Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	0,15	1,0	-
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	8,5	100	± 10%

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Tabla 11. ANEXO 1. TULAS
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Anexo E Análisis de Descarga del Proceso de Pelambre 10/07/2012

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN	ACREDITADO
	Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: 0810
ST: 12 – 0406 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CURTIDURIA HIDALGO
Atn. Sr. Fabian Hidalgo
Dirección: Tungurahua / Ambato / Augusto Salazar s/n y Via a Pillaro
FECHA: 18 de Julio del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 07/ 11 – 07:30
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 07/ 10 – 15:20
FECHA DE ANÁLISIS: 2012/ 07/ 11- 2012 / 07 / 18
TIPO DE MUESTRA: Agua de Proceso
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 1227-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: MA1
PUNTO DE MUESTREO: Pelambre
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. César Salas
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500 H'	---	12,52	5-9	± 0,15
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 D	ml/L	200	20	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	2950	400	± 14%
*Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	27	<40	-
*Caudal	PEE/LABCESTTA/164	l/min	136,36	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
*Materia Flotante	PEE/LABCESTTA/165	-	Presencia	Ausencia	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500- NO ₃ - E	mg/L	4571	-	± 11%
*Color Real	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120 C	Unidades de Color	5825	-	-
*Carbonatos	PEE/LABCESTTA/43 Volumétrico	mg/L	13442	0,1	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 APHA3111 B 3030 E	mg/L	< 0,002	0,5	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	> 5000	250	± 15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	63800	500	±3%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	15500	220	± 6%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1



**LABORATORIO DE
ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN**

Panamericana Sur Km. 1 ½
Telefax: (03) 2998232
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
RIOBAMBA - ECUADOR

ACREDITADO

ENSAYOS
No OAE LE 2C 06-008

Totales					
Cromo Total	PEE/LABCESTTA/28 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	0,21	-	± 27%
*Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	3410	1,0	-
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	220	100	± 1%

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Tabla 11. ANEXO 1. TULAS
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:

Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Anexo F Análisis Muestra Cruda de Pelambre 06/07/2012

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	ACREDITADO ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 0800
ST: 12 – 0401 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: CURTIDURIA HIDALGO
Atn. Sr. Fabian Hidalgo
Dirección: Tungurahua / Ambato / Augusto Salazar s/n y Via a Pillaro

FECHA: 14 de Julio del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 07/ 06 – 13:00
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 07/ 06 – 10:45
FECHA DE ANÁLISIS: 2012/ 07/ 05- 2012 / 07 / 14
TIPO DE MUESTRA: Descarga de Proceso
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 1212-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1
PUNTO DE MUESTREO: Proceso Curtido
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Rubén Choto
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500 H ⁺	----	3,16	5-9	± 0,10
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 D	ml/L	60	20	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	25770	400	± 14%
*Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	38,5	<40	-
*Caudal	PEE/LABCESTTA/164	l/seg	0,75	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
*Materia Flotante	PEE/LABCESTTA/165	-	Presencia	Ausencia	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500- NO ₃ ⁻ E	mg/L	< 2,3	-	± 29%
*Color Real	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120 C	Unidades de Color	4150	-	-
*Carbonatos	PEE/LABCESTTA/43 Volumétrico	mg/L	< 10	0,1	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LABCESTTA/32 APHA3111 B 3030 E	mg/L	0,018	0,5	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	3400	250	± 15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	7820	500	±3%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	650	220	± 6%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1



**LABORATORIO DE
ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN**

Panamericana Sur Km. 1 ½
Telefax: (03) 2998232
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
RIOBAMBA - ECUADOR

ACREDITADO

ENSAYOS
No OAE LE 2C 06-008

Totales					
Cromo Total	PEE/LABCESTTA/28 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	3811	-	± 6%
*Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	0,90	1,0	-
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	19,9	100	± 6%

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Tabla 11. ANEXO 1. TULAS
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:

Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Anexo L Análisis Muestra de Pelambre Cruda y Tratada con Nitrato de Hierro III
22/11/2012



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

LABFIGEMPA
INFORME DE RESULTADOS

Cliente:	SR. CARLOS ENRIQUE TOLEDO	Número de Informe:	12-161
Dirección:	Pisque 5-792 y Jubones	Fecha de informe:	12-11-30
Teléfono:	0984532806	Recep. Laboratorio:	12-11-22
Atención:	Sr. Carlos Enrique Toledo	Nº de muestras entregadas:	2 líquidos y 1 sólido

1. RESULTADOS ANALITICOS:

Identificación de la muestra:		LIQUIDO : AGUA PELAMBRE CRUDA - Fecha: 12-11-21			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
*DBO ₅	mgO ₂ /L	52000	S. M. 5210 B	12-11-22	12-11-27
* DQO	mg/L	148500 U = N.A.	PEE/A/02 Ref: S.M. 5220 D	12-11-22	12-11-22
*Sulfatos	mg/L	< 0,1	S. M. 4500 SO ₄ ²⁻ E	12-11-23	12-11-29
*Sulfuros de Hidrógeno	mg/L	1800	S. M. 4500 SO ₃ B	12-11-23	12-11-29

Identificación de la muestra:		LIQUIDO : AGUA PELAMBRE TRATADA - Fecha: 12-11-21			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
*DBO ₅	mgO ₂ /L	8250	S. M. 5210 B	12-11-22	12-11-27
* DQO	mg/L	15490 U = N.A.	PEE/A/02 Ref: S.M. 5220 D	12-11-22	12-11-22
*Sulfatos	mg/L	12600	S. M. 4500 SO ₄ ²⁻ E	12-11-23	12-11-29
*Sulfuros de Hidrógeno	mg/L	80	S. M. 4500 SO ₃ B	12-11-22	12-11-23

Identificación de la muestra:		SOLIDO : AGUA PELAMBRE TRATADA - Fecha: 12-11-21			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
*Sulfatos	%	27,6	S. M. 4500 SO ₄ ²⁻ E	12-11-22	12-11-23

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
U= incertidumbre

El presente informe solo afecta a los objetos sometidos a ensayo. Muestras detalladas según especificación del cliente

Nos responsabilizamos solamente de los análisis de las muestras recibidas en el LABFIGEMPA.

Documento válido únicamente con el sello seco de la Institución. El LABFIGEMPA no se responsabiliza de la reproducción parcial o total del mismo.

2. RESPONSABLES DEL ANALISIS: Quim. Gabriel Cevallos , Ing. Verónica Rodríguez

Quim. GABRIEL CEVALLOS GONZALEZ
Director encargado LABFIGEMPA

Ciudad Universitaria – Gerónimo Leiton y Av. La Gasca – Casilla 872-A – Telfs.: 2526-324 2566-726
Fax: 2500-306 2566-738 – E-mail: decanato.figempa@uce.edu.ec – Quito-Ecuador

