Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

1-1-2018

Análisis de la sustitución de los reactivos químicos en las etapas húmedas de una industria de curtiembres en Bogotá con fines de producción más limpia

Camilo Alfonso Ruíz Gómez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Ruíz Gómez, C. A. (2018). Análisis de la sustitución de los reactivos químicos en las etapas húmedas de una industria de curtiembres en Bogotá con fines de producción más limpia. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/765

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS EN LAS ETAPAS HÚMEDAS DE UNA INDUSTRIA DE CURTIEMBRES EN BOGOTÁ CON FINES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

CAMILO ALFONSO RUIZ GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

ÁREA VERTIMIENTOS INDUSTRIALES

BOGOTA D.C.

2018

ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS EN LAS ETAPAS HÚMEDAS DE UNA INDUSTRIA DE CURTIEMBRES EN BOGOTÁ CON FINES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

CAMILO ALFONSO RUIZ GÓMEZ

TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

DIRECTORA INVESTIGACIÓN

PHD. ROSALINA GONZALEZ FORERO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

ÁREA VERTIMIENTOS INDUSTRIALES

BOGOTA D.C.

2018

Contenido

Resumen 8

Introducción 9

Justificación 11

1. Planteamiento del problema 13

1.1. Descripción del problema 13

1.2. Formulación Del Problema 14

2. Objetivos 15

2.1. Objetivo General 15

2.2. Objetivos Específicos 15

3. Marco teórico 16

3.1. Marco conceptual 16

3.2. Marco legal 25

4. Marco metodológico 29

4.1. Método de investigación 29

5. Resultados 37

5.1.1. Muestreo 39

5.1.1.3. Registro de datos y preservación de las muestras: 42

5.1.1.5. Línea base 43

5.2.1. Ensayo piloto 1 46

5.2.2. Ensayo piloto 2 49

5.2.3. Esquema del proceso 51

5.2.4. Análisis global 55

5.2.5. Análisis de la industria 60

5.3. Tabla resumen 61

5.4. Evaluación de impacto ambiental 62

5.4.1. Matriz de Leopold: 62

6. Conclusiones 73

7. Recomendaciones 76

8. Presupuesto 78

9. Bibliografía 80

10. Anexo 83

Contenido de tablas

Tabla 1. Cronograma - etapa uno 30

Tabla 2 Parametros seleccionados por la SDA 31

Tabla 3. Cronograma – etapa dos.....33

Tabla 4. cronograma – etapa tres 35

Tabla 5 Proceso productivo de las empresas seleccionadas.....37

Tabla 6. Tabla de datos del proceso de producción (linea base).....37

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos analizados en los vertimientos objeto de estudio.....44

Tabla 8. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base. 44

Tabla 9 Tabla de datos del proceso de producción (piloto 1) 46

Tabla 10. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en el piloto 1.....47

Tabla 11. Tabla de datos del proceso de producción (piloto 2) 49

Tabla 12. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en el piloto 2.....50

Tabla 13 Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base y los pilotos 55

Tabla 14 Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base y los pilotos en comparación con la norma.....59

Tabla 15. Tabla de datos del proceso de producción (piloto 2) 61

Tabla 15 Matriz de evaluación de impactos antes de los cambios de reactivos químicos.....68

Tabla 16 Matriz de evaluación de impactos despues de los cambios de reactivos químicos 70

Contenido de ilustraciones

Ilustración 1. PML para el sector de curtiembres.....20

Ilustración 2. Fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles 27

Ilustración 3. Rotulación de las muestras tomadas para su posterior identificación.....41

Ilustración 4. Toma de muestra por cada etapa mencionada, para solidos sedimentables.....42

Ilustración 5. Rotulación de las muestras tomadas para su posterior identificación.....43

Ilustración 6. Esquema de Proceso.....53

Ilustración 7. Diagrama de Ishikawa.....62

Ilustración 8. Indicadores de evaluación.....64

Agradecimientos

Agradezco a cada una de las personas que formaron parte de la construcción y desarrollo de mi proyecto de vida, en él adicionalmente a obtener una carrera profesional, pervive un propósito de aportar a una mejor sociedad; En especial a mi familia, a mis padres Alfonso y Yolanda por su apoyo permanente y sabio consejo, a mi hermana Juliana cuya compañía y respaldo fueron fundamental en este camino de formación, sin su apoyo no hubiera sido posible alcanzarlo.

Mi agradecimiento también, a aquellas personas que me guiaron en el enfoque de este proyecto, a la directora de tesis ingeniera Rosalina Gonzalez Forero por su dedicación y enseñanzas, al profesor Vladimir Velásquez por su paciencia y apoyo en su evaluación y a mi compañero de estudios Daniel Granados que me acompañó en todo el proceso.

Resumen

El proceso de curtido ha traído numerosos problemas ambientales y en el caso específico del sector de San Benito, en Bogotá D.C., se ha concentrado históricamente la mayor cantidad de curtiembres que durante décadas han generado altos niveles de cargas contaminantes. Debido a lo anterior en ésta zona se desarrolló el presente proyecto y más específicamente en las etapas de pelambre, curtido y terminado del cuero, por los impactos que ellas generan a los diferentes recursos naturales. En la investigación, se trabajó con una de las industrias del sector en asocio con la Secretaría Distrital de Ambiente, donde debido a las altas concentraciones de Demanda Química de Oxígeno (DQO) con aproximadamente de 16550 mg/l por cada 25 pieles tratadas y cromo hexavalente en los afluentes de 3.5 mg/L, se buscó la sustitución de reactivos químicos utilizados en las etapas anteriormente mencionadas, es de anotar que también se contó con el apoyo de las casas químicas comerciales que surten al sector quienes suministraron los reactivos químicos necesarios. Para lo anterior, se realizó el establecimiento de la línea base de las etapas y luego dos sustituciones consensuadas (piloto 1 y piloto 2) entre la Secretaría Distrital de Ambiente, la empresa curtidora, las casas químicas y los investigadores. Las sustituciones realizadas arrojaron los siguientes resultados: el piloto 2 presentó mejores resultados en términos de calidad según la norma, para el pH, cromo, materia orgánica, sulfuros, fenoles y SAAM, mientras que el 1 mostró mayor número de valores altos que subrepasaban la norma. Por otro lado, ninguno de los dos pilotos cumplió la norma de sólidos sedimentables, ni suspendidos, lo que evidenció la necesidad de un tratamiento de remoción de éstos fuera de la sustitución química.

Introducción

La cuenca hidrográfica del Río Bogotá (CHRB) se ubica en el departamento de Cundinamarca, dividiéndose en subcuencas alta, media y baja. En todas ellas se presenta una seria problemática ambiental debido a los vertimientos de aguas residuales de los municipios, del Distrito Capital y de las actividades productivas, además de factores del orden institucional, económico y social, que agudizan el conflicto (Suaréz, Toro, & Baraja, 2015). Por tal razón, en el fallo de acción popular 01- 90479 del 2014, el Tribunal Administrativo de Cundinamarca, ordenó una serie de acciones a corto, mediano y largo plazo que involucrara a entidades públicas y privadas para la ejecución de proyectos en pro de la descontaminación y el beneficio del río (Recursos de apelación interpuestos contra las providencias de 25 de agosto y su complementaria de 16 de septiembre de 2004 proferidas por la sección cuarta, subsección "b", del tribunal administrativo de cundinamarca., 2014).

Por otra parte, el departamento de Cundinamarca posee el mayor número de curtiembres en el país, las cuales están distribuidas en los municipios de Villa Pinzón, Chocontá, Cogua y Bogotá D.C. En la capital se encuentran principalmente establecidas en los barrios San Benito y San Carlos donde se encuentran gran cantidad de pequeñas y medianas empresas (Alzate, 2014). La industria de curtiembres contribuye especialmente a la contaminación por cromo, al consumir aproximadamente el 32% del cromo total mundial, que al ser vertido al ambiente suele acumularse en los sedimentos y/o transformase en el ambiente (Campo, 2011); ésta es la principal razón por la cual fue necesario realizar este estudio, donde la variación de concentraciones al insumo químico suministrado por casas comerciales de químicos, indicará si es posible realizar la producción de una forma más amigable con el ambiente, es decir que ocasione un impacto ambiental menor.

En tal sentido, y para el mejoramiento de la calidad del agua del Río Bogotá, la Secretaría Distrital de Ambiente junto con el sector de curtiembres, la industria de productos químicos y la academia (Universidad de la Salle), llevó a cabo muestreos de agua residual, en las etapas de pelambre, desencalado y curtido; modificando las concentraciones de los reactivos químicos utilizados, junto con las prácticas de producción en las mismas, con el fin de evaluar si éstas acciones tienden a mejorar el proceso de producción.

Justificación

El desarrollo de las actividades de las curtiembres implica diversos usos ambientales tales como el consumo de recursos e insumos, generación de aguas residuales, desechos sólidos, emisiones a la atmósfera, entre otros. lo anterior trae consigo una serie de impactos que deben ser considerados para estimar cuán relevantes son las consecuencias generadas por la ejecución de los procesos productivos de esta industria. La revisión bibliográfica permite concluir que las curtiembres generan un impacto significativo en los recursos hídricos, en razón de los distintos residuos líquidos que son vertidos directamente a cuerpos de agua o el alcantarillado, en la mayoría de los casos desemboca en algún río; como segundo producto de desecho importante se presentan los residuos sólidos a los que por lo general no se les efectúa un tratamiento adecuado, propiciando problemas de índole sanitaria y ambiental por fenómenos de putrefacción de las pieles, pelos y otros residuos de origen biológico; sin embargo, pensar en la contaminación ambiental implica no solamente tener en cuenta impactos de índole ambiental, sino también sociales y económicos, es por esto, y por otras razones que este aspecto será discutido a lo largo del proyecto, en el que se contempla la actividad de las transformación de piel a cuero; como objeto de estudio para procurar generar un cambio en esta industria, por lo menos en lo que al barrio San Benito en la ciudad de Bogotá respecta.

La afectación producida por las curtiembres en el barrio San Benito se da principalmente por el relativo cumplimiento de la normatividad ambiental, por parte de la mayoría de actores individuales y comunitarios de los procesos productivos de curtiembres en el sector, en relación con este aspecto se encuentra que si bien la exigencia en el cumplimiento normativo por parte de las autoridades ambientales ha aumentado y el auge de mercados verdes ha promovido que el sector emprenda

procesos de mejoramiento ambiental, aún no se ha logrado el pleno cumplimiento de la normatividad industrial en las curtiembres de este sector.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Actualmente la legislación colombiana ha sufrido cambios sustanciales que favorecen el cumplimiento de requisitos de los vertimientos generados en las curtiembres del país, lo anterior, con la finalidad de que las industrias generadoras de estos vertimientos tomen las medidas que corresponden, en pro de la reducción de los contaminantes del ambiente, por medio de tecnologías más limpias que posibiliten brindar y asegurar la salud humana y cuidado del ambiente.

La principal causa de contaminación, tiene que ver con los impactos generados por parte de las industrias dedicadas al proceso de curtido de pieles, ya que generan vertimientos, residuos sólidos, desperdicio de agua y malos olores, lo cual produce un foco de enfermedades para la población asentada en el barrio San Benito, de Bogotá.

Por otra parte, el sector cuenta con un gran número de empresas informales, las cuales no están cuantificadas por las autoridades ambientales, quienes conocen de su existencia, pero no han establecido las medidas correctivas formales para remediar el problema, por ende, la producción de vertimientos con alta carga contaminante se ha vuelto algo habitual y el Rio Tunjuelo hoy en día es una fuente de aguas contaminadas.

De acuerdo con lo anterior, las principales afectaciones que justifican la realización de este proyecto son:

- ✓ Olores fétidos en el sector, debido a que los vertimientos contienen sulfuros de hidrogeno además de polvo arenoso, recortes de las pieles, grasas etc.
- ✓ Calidad deficiente de los cuerpos de agua superficiales y sub superficiales aledaños, además de afectación directa al suelo.

- ✓ Afectación a la salud de los residentes de la zona y personas que realizan esta actividad.
- ✓ Propagación de plagas y vectores de enfermedades.

1.2. Formulación Del Problema

¿De qué manera puede mejorarse la calidad de los vertimientos de aguas industriales de una industria de curtiembres del barrio San Benito a través de la sustitución de los reactivos químicos en las etapas húmedas?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Analizar la calidad de los vertimientos por medio de una matriz de impacto ambiental a partir de la sustitución de reactivos químicos en las etapas húmedas de la industria de curtiembres de Bogotá.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el diagnóstico del impacto ambiental generado por los vertimientos en las etapas húmedas del proceso de curtiembres.
- ✓ Identificar posibles reactivos químicos que sean menos contaminantes para las etapas húmedas de la industria de curtiembres.
- ✓ Evaluar los impactos ambientales mediante una matriz de impacto ambiental a partir de las cargas contaminantes de los vertimientos después de la sustitución de reactivos húmedos.

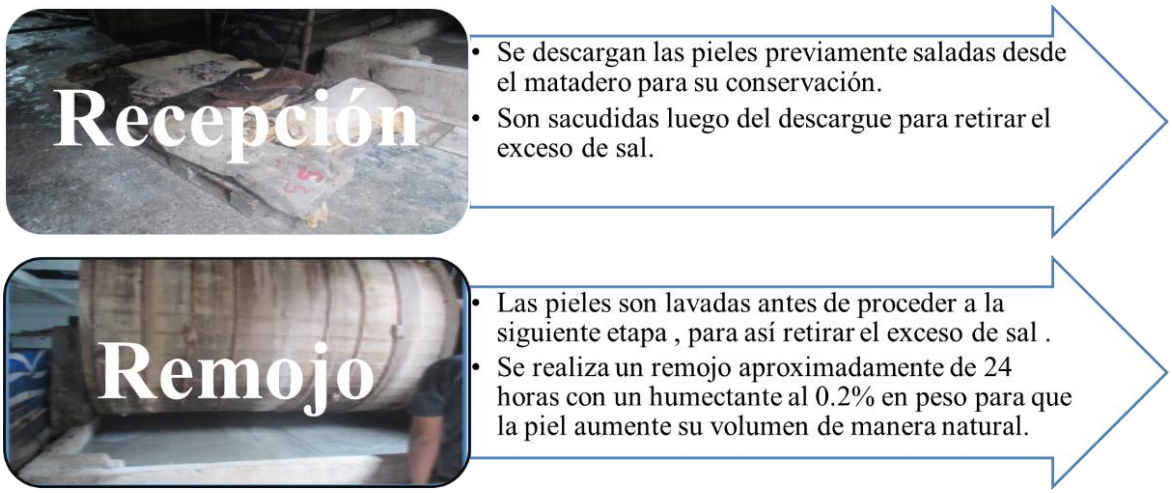
3. Marco teórico

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Proceso de producción

El proceso de curtición es aquel mediante el cual se convierten las pieles de los animales, tales como bovinos, ovinos y porcinos, en cuero. En general, las principales etapas o procesos industriales involucrados en el proceso de curtición, son el pre tratamiento y almacenamiento, ribera, curtido y acabado.

El pre-tratamiento y almacenamiento del procesamiento del cuero, puede empezar poco después del sacrificio del animal, pero en muchos casos se almacenan las pieles por tiempo prolongado, cuando esto ocurre, deben recibir un tratamiento para impedir el desarrollo de microorganismos con la consecuente putrefacción de las mismas. (Arango Escobar & Alzate tejada, 2004)**.** Una vez los cueros son trasladados a la curtiembre, son almacenados en el saladero hasta que llega el momento de procesarlos de acuerdo a las siguientes etapas (Metropolitana, 2000).



Fuente: autor 2017.

Ribera: En esta etapa, el cuero es preparado para ser curtido, en ella es limpiado y acondicionado asegurándole un correcto grado de humedad, la sección de ribera se compone de una serie de pasos intermedios, que son (Metropolitana, 2000):

Remojo: Proceso para rehidratar la piel, eliminar la sal y otros elementos como sangre, excretas y suciedad en general.

Descarnado: Proceso que consiste en la eliminación mecánica de la grasa natural, y del tejido conjuntivo, esencial para las operaciones secuenciales posteriores hasta el curtido.

Purga enzimática: El efecto principal del rendido tiene lugar sobre la estructura fibrosa de la piel, pero existen una serie de efectos secundarios sobre la elastína, restos de queratina de la epidermis y grasa natural de la piel. su acción es un complemento en la eliminación de las proteínas no estructuradas, y una acción sobre la limpieza de la flor, la que se traduce en lisura de la misma, y le confiere mayor elasticidad.

Pelambre: Proceso a través del cual se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio, produciéndose, además, al interior del cuero, el desdoblamiento de fibras a fibrillas, que prepara el cuero para la posterior curtición.

Desencalado: Proceso donde se lava la piel para remover la cal y luego aplicar productos neutralizantes, por ejemplo: ácidos orgánicos tamponados, azúcares y melazas, y ácido sulfoftálico.

Al realizar el análisis del proceso de producción se encuentra que los pasos intermedios de pelambre y desencalado, son de suma importancia ya que son los que cuentan con mayor utilización del recurso hídrico. (Gómez, 2010).

3.1.2. Producción Limpia

La PML (producción más limpia), es la aplicación continua de una estrategia ambiental, integrada y preventiva en los procesos, productos y servicios, con el fin de incrementar la eficiencia en los campos socioeconómicos, reduciendo los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente

Este incluye el uso racional de la materia prima, la energía, la eliminación de sustancias tóxicas, para reducir la cantidad de toxicidad de las emisiones y desperdicios antes de su salida del proceso. (Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca , 2010)

A la hora de analizar los impactos ambientales asociados a esta actividad se debe saber que la mayor cantidad (aproximadamente 65%) de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (remojo, pelambre, descarne y división). el resto proviene del curtido, lavado final y de la limpieza de la planta. en la ribera los efluentes líquidos presentan altos valores de pH, considerable contenido de cal y sulfatos libres, así como sulfuros y una elevada DBO debido a la presencia de materia orgánica y grasas animales provenientes de los sólidos suspendidos generados durante el proceso. (Arango Escobar & Alzate Tejada, 2004)

Como se muestra en la sigueinte ilustración 1 algunas de las alternativas planteadas por el Ministrio de Ambiente de Colombia son:

Ilustración 1. PML para el sector de curtiembres

PROCESO	ALTERNATIVAS PROPUESTAS
Recepción de pieles	– Evaluación detallada de las pieles recibidas. – Usar sal de roca gruesa y reciclar como máximo el 20% de la sal usada. – Aumento de la cantidad de sal usada – Aplicación de la sal de roca – Almacenamiento de las pieles – Control del área de recepción – Adición de bactericida
Remojo (pre)	– Adición de bactericidas – Test para la contaminación bacterial
Remojo (principal)	– Reemplazar tensoactivos – Reemplazar sulfuro sódico – Reducir el tiempo de remojo
Pelambre	– Implementar pantallas de inmunización de pelos
	– Oxidación catalítica de sulfuro in-situ
Lavados	– Realizar los lavados con los bombos cerrados
Desencalado	– Incrementar las adiciones de bisulfito sódico
	– Reemplazar sulfato amónico – Realizar el desencalado y rendido en el mismo baño
Lavados	– Lavados después del desencalado
Curtición al cromo	– Alto nivel de cromo agotado – Reemplazar cromo 42 – Instalación de pantallas para la eliminación impurezas – Evitar la introducción de impurezas – Realizar una acidificación de los licores de cromo – Polvo virgen de cromo

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2014)

Una alternativa en la PML en la industria de curtiembres es la recuperación de la sal en el alistamiento, ya que se genera menos contaminación por cloruros y grasas dado que la cantidad de sal que traen las pieles así conservadas, oscila entre un 20 y 40 por ciento del peso de la piel salada. (Enrique Kato, 2006)

A continuación se presentan las técnicas a implementar en este proceso productivo:

a) Sacudido mecánico: introducir durante 1-3 minutos la piel en un fulón girando a 3-4 revoluciones/min para recuperar una determinada cantidad de sal adherida a la piel.

b) Sacudido manual: entre 2 a 4 operarios sacuden las pieles y/o las barren. puede golpearse la piel en una mesa desaladora.

La adición de bactericidas, tensoactivos biodegradables y enzimas mejoran las condiciones de la piel para obtener mejor producto y minimizar la contaminación por el uso de productos no biodegradables. (Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca, 2010)

Para el procedimiento es necesaria la utilización de productos auxiliares con baja toxicidad e impacto ambiental como son los bactericidas, tensoactivos biodegradables y enzimas para que mejoren la operación de remojo, una opción adicional en el remojo depende que el segundo baño de lavado salga relativamente limpio, lo cual permite reutilizarlo para el primer lavado en el siguiente lote de producción. (Enrique Kato, 2006)

También se tiene el lavado en forma discontinua que, disminuye la cantidad y contaminación de agua consumida para devolver a la piel su estado de hinchamiento natural (60-65% humedad) y eliminar la suciedad (barro, sangre, estiércol, microorganismos) así como substancias proteicas solubles y agentes de conservación. (Enrique Kato, 2006)

Para el procedimiento es necesario reemplazar los lavados continuos en los que se gastan altos volúmenes de agua por lavados con volúmenes fijos en operación discontinua. (Juan jose Gomez ; Andres Felipe, 2010).

El pelambre ecológico con inmunización de pelo que, elimina la capa superior de la piel (epidermis) junto con el pelo (bovino) o la lana (ovino), separando el pelo removido sin destruirlo para evitar que éste se degrade y mezcle con las aguas residuales del proceso de pelambre, lo cual provocaría una alta contaminación de cargas de materia orgánica reflejada en los valores de demanda química

de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO). (Boleda, Portavella, Adzet y Lluch, 2007)

Se deben considerar opciones adicionales como: realizar la operación de descarnado antes del pelambre para recuperar trozos de piel en tripa y retal, tratamiento y valorización de las carnazas, y valorización del sebo, el pelambre se puede realizar conjuntamente con el encalado, por su compatibilidad, dentro del mismo fulón, el objetivo del encalado es vaciar la piel, para que en etapas posteriores permita la correcta penetración del curtiente dentro de la piel. los efectos conseguidos son: un mayor hinchamiento de la piel, eliminación de parte de la grasa natural de la piel, la blandura de la estructura de la piel. recirculación del baño de pelambre: los baños de pelambre son ricos en sulfuro y cal, ingredientes necesarios para eliminar el pelo, por lo que pueden ser reutilizados en un nuevo ciclo; siempre y cuando se realice una filtración del baño de pelambre para eliminar lodos y se reajuste el contenido de químicos con una adición de los mismos en una proporción calculada para poder utilizar este baño en una nueva cochada de pelambre.

Para el procedimientode pelambre es necesario inmunizar el pelo utilizando un agente químico, luego el pelo es arrancado de raíz sin destruirlo y posteriormente es eliminado del baño por filtración. (Campo, 2011)

En cuarto lugar, el pelambre por embadurnado en el cual, se aplica una pasta o preparación de un agente depilante sobre la piel y se deja un tiempo de reposo, los productos llegan por difusión a la raíz del pelo destruyéndola, apilar las pieles con otros pares, hasta una altura promedio de 70 cm, cubrirlas con tela porosa para evitar calor. dejar en reposo por el tiempo necesario (máximo hasta 12 horas), para posibilitar que los agentes depilantes penetren y logren el aflojamiento del bulbo

piloso, luego el pelo se arranca por métodos mecánicos o manuales. la piel se lava para eliminar el producto depilante impidiendo su posterior acción.

Los equipos necesarios son carretilla u otro similar, baldes plásticos, esponjas, caballete con tabla de madera en plano inclinado, forrado con plancha metálica no oxidable, para realizar el descarne y el primer desengrase superficial, cuchillas de descarne y desengrase, tambor plástico de 40 L para preparar la pasta, recipientes plásticos de 4 L de capacidad promedio, para el empleo de la pasta; escobilla plástica u otro de similar uso para el embadurnado, telas para cubrir las pieles apiladas, superficie lisa impermeable, para el depilado manual. fulón para enjuague. (Enrique Kato, 2006)

Se requiere de insumos químicos como: cal previamente cernida, sulfuro de sodio, y auxiliares. Los controles para el adecuado uso de esta técnica tiempo de reposo de las pieles apliladas, control de salinidad en la pasta (ajustar la densidad ya sea con cal, caolín o con agua. densidad aproximada de 25 °bé a 29 °bé y dejar en reposo 2 horas como máximo antes de su utilización). (Lampartheim, 2000)

El desencalado con productos exentos de nitrógeno que consiste en la eliminación de la cal (unida químicamente, absorbida en los capilares, almacenada mecánicamente) contenida en el baño de pelambre y para el deshinchamiento de las pieles, se usan productos exentos de nitrógeno se puede eliminar en un 95% el contenido de nitrógeno amoniacal procedente de los baños residuales. (Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca, 2010)

Usar ácidos orgánicos o inorgánicos, sus sales o ésteres que permiten realizar la operación sin aportar amonio a las aguas residuales obteniéndose un producto con buena calidad.

En éste la temperatura debe ser de máximo 35ºC y un pH entre 8,5-9,0, para que la efectividad sea la deseada. Al final deben cortarse unos trozos de las zonas duras y con fenoftaleína, en solución al 0,2% en agua y alcohol, se observa el grado de desencalado del corte de la piel; un color rojo indica presencia de cal y el blanco es señal de desencalado total. El grado de rendido se observa por presión digital, debiéndose marcar la huella, y por permeabilidad haciendo una bolsa de aire.

Se recomienda utilizar un agente piquelante que facilite bajar el contenido de sal usada en los procesos convencionales en lugar una polisulfona ácida modificada o ácidos orgánicos no hinchantes capaces de piquelar adecuadamente con baja oferta de sales. la polisulfona proporciona al baño un pH alrededor de 3, lo que es muy favorable para la operación posterior de curtido, y los ácidos orgánicos no producen hinchamiento por lo que se disminuye el uso de sal. (Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca , 2010).

En sexto lugar, el alto agotamiento de cromo que, aumenta el porcentaje de cromo fijado a la piel, con lo que se disminuye el porcentaje de cromo residual y los costos para tratar este baño.

Se aplica un baño de cromo corto con baja concentración de sulfato de cromo (alrededor de 40% en peso respecto a la piel), se aumenta la temperatura alrededor de 45°C y se adicionan otros elementos que previenen la precipitación de hidróxido de cromo e incrementan la reactividad del colágeno. una opción adicional en la operación de curtido es la recirculación de baños de cromo: para esta alternativa es necesario tener almacenada agua descargada de anteriores procesos productivos y haber tratado y caracterizado este efluente. Consiste en un proceso convencional donde se recircula todo el baño residual filtrado usándolo en una nueva operación de piquelado, éste baño debe reforzarse con sal y ácido dependiendo de lo que se haya usado en el proceso de

piquel y posteriormente reconstituirse con el cromo necesario, equivalente a lo usado normalmente menos lo que hay en el baño residual.

El pH debe manejarse entre 4 y 4.7 unidades. el volumen de aposamiento entre 30% y 40%. respecto al tiempo de operación, entre mayor tiempo de operación dentro del rango óptimo, mayor fijación de cromo en la piel. alrededor de 8 a 12 horas. la temperatura debe mantenerse entre 40°C y 45 °C después de las primeras 4 horas de la operación, al inicio se debe trabajar a temperatura ambiente con elevación gradual.

Por último, el curtido vegetal: elimina el uso de agentes curtientes a base de sales minerales que resultan fuertes contaminantes del agua, del aire o del suelo.

Este proceso de curtición vegetal consiste en utilizar como agente curtiente un extracto vegetal y agua sin sal o con poca sal y en algunos casos fungicidas para evitar la formación de hongos y ácidos débiles para fijar taninos. (Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca , 2010).

3.2.Marco legal

3.2.1. legislación

La autonomía de las autoridades ambientales regionales juega un papel importante, las curtiembres a nivel nacional están en diferentes estados frente al cumplimiento de la legislación, pues cada autoridad regional tiene sus propias metas, programas o formas de hacer cumplir la ley nacional a lo cual las empresas de cada región se deben acoger. (Arango Escobar & Alzate Tejada, 2004). las regulaciones generales para las industrias de curtiembres, las normativas ambientales, sociales, de espacio geográfico y residuos se recopilan a continuación:

En primer término, se tiene la Resolución No 0631 articulo 28 del derecho 3930 de 2010, modificado por el artículo 1 del decreto 4728 de 2010 por lo cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

En lo que respecta a las actividades de fabricacion y manufactura de bienes, se tiene en el Capitulo VI parametros fisioquímicos, en el que se establecen los máximos valores permitidos en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas a cuerpos de agua superficiales.

Asimismo, en el Artículo 14 de la Resolución No 0631 del 2015, se establecen los parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas-arnd a cuerpos de agua superficiales de actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes, como se muestra en la siguiente ilustración 2. (Ministerio de Ambiente, 2014), la tabla es tomada directamente de la Resolución

Ilustración 2. Tabla del Artículo 14 de la Resolución 631 de 2015, Fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles

PARÁMETRO	UNIDADES	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL TABACO	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES	FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL, CURTIDO Y ADOBO DE PIELES	FABRICACIÓN DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES
Generales					
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O_2	400,00	400,00	1.200,00	300,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L O_2	200,00	200,00	600,00	200,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	200,00	50,00	600,00	50,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	2,00	2,00	2,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	20,00	60,00	10,00
Fenoles	mg/L		0,20		
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos					
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		10,00	10,00	
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos de Fósforo					
Ortofosfatos ($P\text{-}PO_4^{3-}$)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno					
Nitratos ($N\text{-}NO_3^-$)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Amoniacal ($N\text{-}NH_3$)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones					
Cloruros (Cl^-)	mg/L		1.200,00	3,000,00	250
Sulfatos (SO_4^{2-})	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	500,00
Sulfuros (S^{2-})	mg/L		1,00	3,00	
Metales y Metaloides					
Cadmio (Cd)	mg/L		0,02		0,05
Cinc (Zn)	mg/L		3,00		
Cobalto (Co)	mg/L		0,50		
Cobre (Cu)	mg/L		1,00		
Cromo (Cr)	mg/L		0,50	1,50	
Níquel (Ni)	mg/L		0,50		
Otros Parámetros para Análisis y Reporte					
Acidez Total	mg/L $CaCO_3$	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L $CaCO_3$	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L $CaCO_3$	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m^{-1}	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Fuente: (Ministerio de ambiente , 2014)

No obstante, más del 50 por ciento de las industrias dedicadas al cuero drenan sus aguas residuales a ríos o a las alcantarillas sin ningún tipo de pre tratamiento. el otro 50 por ciento tiene rejillas,

pero las trampas de grasas construidas dentro de sus instalaciones no operan satisfactoriamente. en Por otra parte, en San Benito se estima que existen alrededor de 457 curtiembres que generan más de cinco mil empleos directos y unas 30 mil personas relacionadas, se evidencia la disposición de desechos sólidos. (Curtiembres, la mayor contaminación, 1994)

De acuerdo con el Decreto 619 de 2000, se debe agrupar el 80% de los industriales del sector de curtiembres en el parque industrial e-coeficiente del área de San Benito, en su mayoría empresas familiares. (Ministerio de Ambiente, 2014)

Las barreras que surgen como resultado de la aplicación de la regulación ambiental, ya sea como consecuencia de las pautas que establece la misma ley o de la forma como la autoridad la aplica. Principiente de instrumentos económicos como las tasas por uso de agua, propician una baja concepción del uso de recursos. Un ejemplo de esto es el de las curtiembres que, al estar ubicadas en riberas, utilizan el agua para la limpieza de los cueros sin que por ello incurran en el pago por empleo de este recurso. (Van Hoof, 2003)

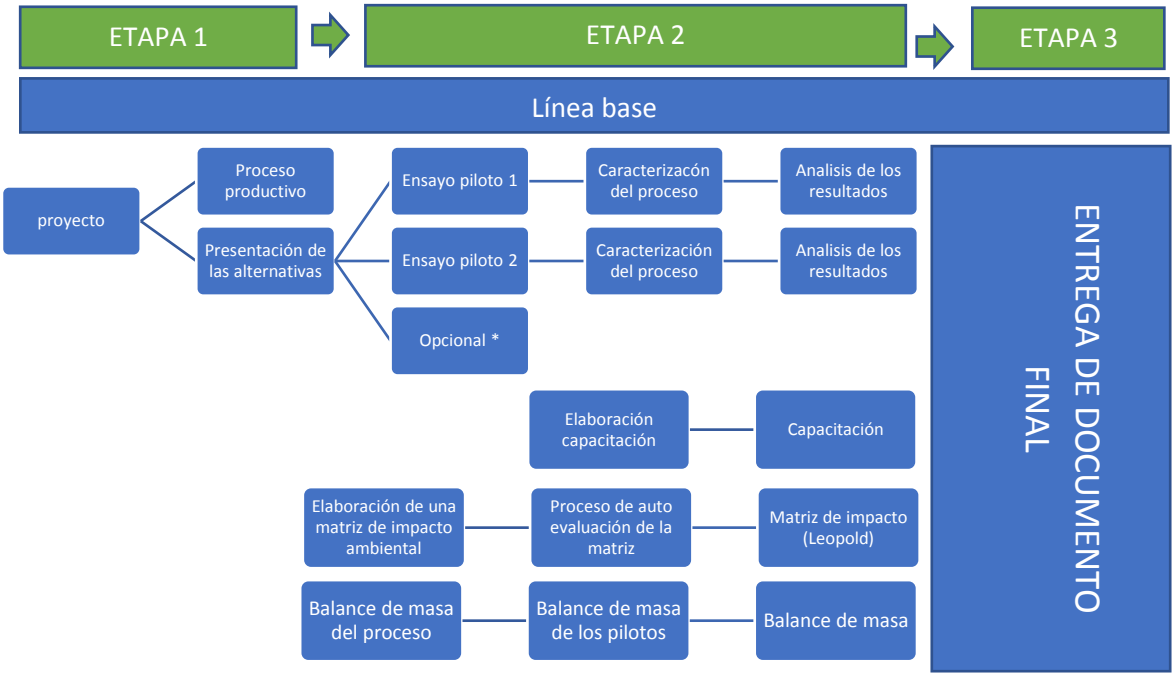
4. Marco metodológico

4.1.Método de investigación

La metodología utilizada tuvo en cuenta la caracterización de la línea base (parámetros fisicoquímicos sin la implementación de ninguna alternativa de producción más limpia) que sirve como herramienta de comparación, ya que como se mencionó en los objetivos se buscó obtener vertimientos con cargas contaminantes menores, esto se logra con el cambio de algunos insumos y/o la modificación de pequeñas partes del proceso productivo (Sirac, 2004).

A continuación, como se puede observar en el diagrama 1, se presenta de forma general las etapas del proyecto con la línea base, como eje fundamental, posteriormente los ensayos que se llamaran pilotos experimentales durante cada una de las actividades prescritas posteriormente, y finalmente una caracterización certificada la cual dará la veracidad y calidad de los parámetros.

Diagrama 1. Metodología.



Fuente: Autor, 2017

Para definir los tiempos se tuvieron en cuenta las etapas y actividades definidas en el proyecto, por lo cual se desarrollo el siguiente cronograma teniendo en cuenta fechas académicas de la Universidad de la Salle y disponibilidad de las empresas del sector. Para la primera etapa se tuvo en cuenta datos iniciales, para formulación y planeación de la línea base, con la cual se formularon alternativas y propuestas para este proyecto. Lo anterior, se muestra en la siguente tabla.

Tabla 1. Cronograma - etapa uno

Etapa uno
fecha: 23/10/2017 hasta el 30/11/2017
Estudio de viabilidad y línea base de estudio
Identificación de procesos productivos
Línea base
Caracterización primaria
Análisis de resultados
Evaluación de alternativas
Presentación de la alternativa seleccionada

Fuente. Autor, 2017

Etapa uno: Estudio de viabilidad y línea base de estudio

En esta primera fase se tuvieron en cuenta referentes teóricos, antecedentes de casos exitosos, visitas a campo, identificación de la forma tradicional de producción y la caracterización del recurso hídrico, así mismo se realizó la evaluación de posibles soluciones y presentación del proyecto ante la comunidad.

Actividad 1.1: Identificación de procesos productivos

Esto se realizó con la finalidad de poder identificar las etapas del proceso las cuales tengan mayor uso del recurso hídrico y posibles cambios para así mejorar la calidad de los vertimientos y a su vez cambios con fines de producción más limpia. el cual se revisó la información de las empresas y la teoría existente.

Posteriormente se evalúaron los parámetros acordes a la normatividad vigente teniendo en cuenta los principales contaminantes de sector, los cuales fueron seleccionados por la Secretaria Distrital de Ambiente, lo cual puede apreciarse en la Tabla 2.

Tabla 2 Parametros seleccionados por la SDA

DQO	Sólidos sedimentables
pH	Sólidos totales
Temperatura	Detergentes Catiónicos
Fenoles	Sulfuros
Color aparente	Cromo hexavalente

Fuente: Autor, 2017

Actividad 1.2: Línea base

Se identificó el estado actual del proceso productivo y estudios técnicos realizados para el el sector. Para ello, se recolectó información tanto en la Secretaría de Ambiente del Distrito Capital como en las empresas de curtiembres, con lo cual se definió el proceso productivo y estandarización de los procesos, así como también fue posible identificar los reactivos químicos más utilizados y de mayor impacto para el ambiente.

Actividad 1.3: Caracterización primaria

Se realizó una caracterización físico-química de los parámetros de la tabla 2 en las etapas de pelambre, desencalado y curtición con el fin de identificar su impacto al recurso hídrico. Se realizaron monitoreos puntuales en cada una de las etapas mencionadas, para lo cual se siguió la metodología del IDEAM “Monitoreo y Seguimiento Del Agua, 2002”, esto con el fin de determinar

la calidad del recurso, lo cual se realizó con el laboratorio y equipos del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de la Salle.

Actividad 1.4: Análisis de resultados.

Los resultados encontrados se compararon con la normatividad vigente (Resolución 0631 del 2015).

Actividad 1.5: Evaluación de alternativas.

Luego de lo anterior se identificaron junto con las casas químicas la mejor forma de mitigar o reducir la carga contaminante, se analizó la propuesta con la Secretaria Distrital de Ambiente y se realizó mediante una matriz de impacto ambiental (Leopold) la evaluación de impactos ambientales.

Actividad 1.6: Presentación de la alternativa seleccionada.

Para finalizar la primera etapa de trabajo, en conjunto: la comunidad del sector, la Secretaria Distrital de Ambiente, las empresas y las casas químicas, se llevó a cabo una presentación y un primer avance del trabajo realizado, esta actividad finalizó con una retroalimentación por parte del sector productivo, en la cual se brindaron algunas recomendaciones para avanzar en el proceso.

Segunda etapa: Pruebas piloto

Para la segunda etapa del proyecto, se analizaron los recursos disponibles y se determinó la realización de dos pruebas de pilotos y de ser necesaria una tercera. Se establecieron los cambios de reactivos químicos en el proceso y su respectivos análisis comparando la normatividad vigente de acuerdo a la la línea base prescrita en la primera etapa del proyecto. Como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Cronograma – Etapa dos

Etapa dos
fecha: 4/11/2017 hasta 25/11/2017
Implementación de pilotos
Realización de primer piloto + laboratorio
Análisis del primer piloto y comparación con línea base
Opcional
Realización de segundo piloto + laboratorio
Análisis del 1 y 2 piloto y comparación con línea base
Realización de tercer piloto + laboratorio
Análisis del 1,2 y 3 piloto y comparación con línea base
Todos estos pilotos están sujetos al verificación con laboratorio certificado

Fuente: Autor, 2017

Actividad 2.1: Realización de primer piloto y laboratorio.

Se analizó una primera modificación de reactivos químicos por productos más degradables sin que dañaran las características físicas de la piel. Los reactivos utilizados se muestran an la tabla 6. Cabe precisar que el método de muestreo fue puntual para cada una de las etapas húmedas del proceso productivo, ya que en éste tipo de empresas el trabajo es tipo batch.

Actividad 2.2: Análisis del primer piloto y comparación con línea base.

Con los datos obtenidos se realizó la comparación con la normatividad, evaluando la eficiencia de los reactivos químicos empleados y posteriormente comparándolos con los de la línea base. Con esto se determinó como necesario hacer un segundo piloto y se ejecutó una evaluación de impacto ambiental, empleando la Teoría de Leopold. con el fin de poder cuantificar la beneficencia a la sociedad, económicos y al ambiente.

Actividad 2.3: Realización de segundo piloto y laboratorio.

Se procedio hacer un segundo piloto puesto que las modificaciones de los insumos químicos realizados en el primer ensayo fueron similares a la linea base, se procedió a realizar una nueva sustitución de reactivos químicos como se muestra en la tabla 7, el cual consistió en cambiar reactivos químicos no convencionales que fueran más solubles. Adicionalmente, se modificó la dosificación en la última etapa húmeda del proceso y la utilización del cromo, generándose la nueva caracterización puntual.

Actividad 2.4: Análisis del primer y segundo piloto y comparación con línea base.

Con los datos obtenidos se realizó la comparación con la normatividad de la línea base y los dos pilotos realizados anteriormente, dando paso a una caracterización fisicoquímcia certificada para garantizar el cumplimiento normativo. Asimismo, se complementó la matriz de Leopold, cuantificando los impactos positivos y negativos en aspectos ambientales, sociales y económicos.

Actividad 2.5: Caracterización certificada.

Se realizó con una caracterización certificada con la empresa ANTEK, seleccionada por la Secretaría Distrital de Ambiente, con lo cual se estableció una muestra puntual, en cada uno de los procesos de anteriormente descritos. Se tuvo en cuenta el mejor piloto obtenido en las actividades anteriores, con el fin de garantizar el procedimiento experimental y validar la información recolectada.

Tercera etapa: Cierre del proyecto

Por último, para el cierre del proyecto, se socializaron los análisis y sus correspondientes resultados, con la entrega formal del documento a las empresas vinculadas, resumen técnico del trabajo realizado de forma académica e investigativa y una capacitación al personal de producción

acerca de las buenas prácticas ambientales, para evitar posibles aumentos de los contaminantes en los vertimientos como su muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. cronograma – etapa tres

Etapa tres
fecha: 26/11/2017 hasta 15/01/2018
cierre del proyecto
Entrega de resumen técnico
Elaboración de capacitación
Capacitación a la empresa.
Entrega de resultados y análisis finales

Fuente. autor, 2017

Actividad 3.1: Entrega de resumen técnico.

En esta actividad, se hizo entrega formal del resumen técnico y la evaluación de impacto ambiental de forma escrita y con acuerdos entre la comunidad y la Secretaria Distrital de Ambiente, con el propósito de incentivar al sector productivo al mejoramiento de la calidad de vida en el sector.

Actividad 3.2: Capacitación a empresas de producción.

En esta actividad, se diseñaron e implementaron varias sesiones de capacitación pedagógica y ambiental, en la cual se socializaron los derechos y deberes de los empresarios, y a su vez se mostraron los cambios operacionales y de buenas prácticas dentro de las instalaciones, esto con el fin de incentivar al sector productivo hacia el cuidado del ambiente.

Posteriormente se realizó una sesión de capacitación, tipo inducción en la cual se vinculó la Secretaría de Ambiente del Distrito Capital, el sector social y el sector empresarial, en la cual los cuales los temas a tratados fueron: una comparación descriptiva de la situación actual y de las repercuciones que puede tener si no hay un mejoramiento en la calidad de los vertimientos, las

sanciones correspondientes y los resultados encontrados en cuanto a insumos químicos y formas operativas.

Actividad 3.4: Entrega final del documento**.**

Se realizaró la entrega formal del documento de forma escrita a los líderes de la comunidad y a las empresas afines. y a su vez se entregó una cartilla de producción más limpia para el sector de curtiembres.

Nota:

- La Secretaria Distrital de Ambiental brindó auxilios de transporte, espacios destinados para las capacitaciones, acompañamiento a las empresas y publicación por colaboración al proyecto.
- Los reactivos químicos fueron suministrados por las casas comerciales del sector, esto con el fin de que las empresas del sector las pudieran identificar.
- Los cueros e instalaciones fueron aportadas por las empresas del sector, con lo cual fue posible incentivar su participación.
- Los laboratorios e insumos químicos para la realización de la línea base y los pilotos requeridos se realizaron en los laboratorios de la Universidad de la Salle.

5. Resultados

5.1. Diagnóstico Ambiental

De acuerdo con las observaciones realizadas en este estudio se evidenció que el proceso productivo es semi-artesanal, por lo que hay muchos problemas de carácter operativo, como el empleo de una variedad de insumos químicos que hacen muy variable el proceso, adicional a lo anterior, el proceso depende del operario de turno, quien a su consideración puede variar las cantidades de reactivos aplicadas, lo que hace un seguimiento muy difícil y los impactos ambientales generados por la actividad productiva cambian permanentemente. A continuación, se presenta la información obtenida de las visitas de campo realizadas, así como de entrevistas a los trabajadores de la empresa:

Tabla 5 Proceso productivo de las empresas seleccionadas

Proceso	Empresa 1
Pelambre	• El bombo o fúlon tiene una capacidad de 8 toneladas el cual es graduado a 10 rpm por 10 minutos cada hora. • Los reactivos químicos utilizados en este proceso son sulfuro de sodio y cal aplicándose 3 dosis del 1.5 % del peso de la carga alimentada • Se introduce las pieles en un fúlon con una mezcla de sulfuro de sodio y cal.
Desencale	• Consiste en adicionar al fúlon sulfato de amonio y un macerante para solubilizar sustancias que no sirvan en el proceso, en dosis del 2.6 % del peso de la carga alimentada. • Se realizan 4 lavados con un 40% de agua. • Se procede a una recirculación del agua.
piquelado y curtido	• Se procede a piquelar la piel adicionando al fúlon ácido acetico 2.7 % del peso de la carga alimentada, además se utiliza sal como un amortiguador de pH. • El fúlon gira entre 25 y 30 rpm • Se realiza en el mismo bombo el curtido para menor consumo de sales de cromo, en un 6 % del peso de la carga alimentada.

Fuente: autores 2018

A continuación se muestran los reactivos quimicos utilizados en el proceso, tiempos y concentraciones utilizadas en la realización de la línea base:

Tabla 6. Tabla de datos del proceso de producción (linea base)

Proceso para línea base

Fecha:	octubre 08 de 2017	lote:	1
Baquetas:	100	peso unidad (kg):	15
Peso total (kg):	1500	Procedencia de pieles:	Fresco
Proceso:	remojo – pelambre- curtición		

Etapa	**Producto**	**% en peso de la carga de piel**	**Nombre comercial del reactivo**	**Tiempo**	**observaciones**
Lavado	Agua	300%			escurrir
Remojo	Agua	150%			
	aracit da	0,10%	Chl		peso 3200
	soda	0,10%	Genérico		peso 3200
	diamol epn	0,10%	Ledoquim	2 horas	pH 0 - °be ≤ 1
Escurrir					
Pelambre	Sulfuro	0,40%	Genérico		peso 12800
	cal	1,00%	Genérico	30 min	peso 32000
	sulfuro	0,40%	Genérico	60 min	peso 12800
	Agua	500%			temp ambiente
	batan dc 2000	0,50%	Ledoquim		peso 1600
	cal	2,00%	Genérico	90 min	peso 64000
desencale – curtido					
producto		%	cantidad (kg)	tiempo	observaciones
Desencale	agua	300,00%		20 min	temp ambiente - escurrir
	sulfato	2,50%	Genérico		peso 50000

	bisulfito	0,10%	Genérico	60 min	peso 1000 - pH 0
Purga	agua	300,00%		10 min	temp ambiente - escurrir
	sellanon an	0,10%	Clariant	30 min	peso 2000 - escurrir
Piquelado	sal	3,00%	Genérico	10 min	peso 60000
	ácido acético	0,50%	Genérico	20 min	peso 10000
	piquelantes	2,20%	Trumpler		peso 44000 - reposo
	tropon pem (Piquelado)	0,30%	Trumpler	30 min	peso 6000
curtido	cromo	6,00%	Genérico	120 min	
	tropotan mdw	0,30%	Trumpler	480 min	peso 6000
	merpin	0,10%	Chl	120 min	temp 50°c - peso 2000

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, 2017

5.1.1. Muestreo

Para realizar el muestreo de calidad del agua residual se llevaron a cabo los parámetros establecidos en el instructivo para la toma de muestras de aguas residuales del IDEAM, como lo establece la Subdirección de Hidrología en el grupo de laboratorio de calidad ambiental, según el manual 187 versión número 3, siguiendo las siguientes indicaciones:

5.1.1.1. Selección del punto de muestreo, calibración y organización de equipo y materiales:

- Se identificaron los fulones en los que se realizaban cada uno de los procesos.
- Se realizó un reconocimiento de materiales donde se encontraron las botellas rotuladas, reactivos y todos los insumos correspondientes a las unidades productivas en la que se hizo el muestreo.
- Se armó el soporte para los conos imhoff en el cual se realizó la determinación de los solidos sedimentables.
- Se realizó el muestreo en cada proceso.
- Se diligenciaron los formatos de la cadena de custodia teniendo en cuenta el responsable del muestreo.

5.1.1.2. Tipo de Muestreo

Se llevó a cabo un muestreo mediante el método volumétrico de acuerdo al instructivo para la toma de muestras de agua residual del IDEAM (manual 187). Este método se aplica en tuberías o canales abiertos, el recipiente se purga dos o tres veces con porciones de aproximadamente 1 l (para el balde) o 10 l (para la caneca) del efluente, que se desechan; posteriormente, se coloca el recipiente bajo la descarga de agua de tal manera que reciba todo el flujo e instantáneamente se activa el cronometro. (IDEAM, 2007).

Para este caso se toman botellas de un (1) litro por proceso (pelambre, desencalado y curtación) con el fin de garantizar su conservación, se sella la tapa con una etiqueta más pequeña.

Ilustración 3. Rotulación de las muestras tomadas para su posterior identificación.

Fuente: Autor, 2017

- Se realizó la medición de los sólidos sedimentables, con el cono imhoff y se registró el volumen de los sólidos sedimentables en mililitros donde el material flotante no se registra como sólido sedimentable.
- Se hizo la medición de los parámetros de campo, con ayuda de los electrodos de un pH-metro y conductímetro.
- Se registraron los datos de pH, temperatura y conductividad eléctrica.
- Se realizó la debida limpieza de los equipos.

Ilustración 4. Toma de muestra por cada etapa mencionada, para solidos sedimentables.

Fuente: autor, 2017

5.1.1.3. Registro de datos y preservación de las muestras:

Previo al llenado de las botellas, fue menester cerciorarse del buen etiquetado de las mismas con la información de la preservación respectiva y además, el nombre de la empresa, lugar del vertimiento, fecha y responsable del muestreo. Antes de ejecutar el muestreo, se deben purgar las botellas con agua de la muestra y luego se procede a llenarlas, evitando la inclusión de objetos flotantes y/o sumergidos, llenando totalmente la botella y sin dejar espacio entre el nivel del líquido y la tapa, anexando los formatos de campo. Se agregó el preservante según los manuales del IDEAM que, corresponde a acído sulfúrico en una concentración de 1% y acído nítrico en una concentración del 10%, a cada una de las muestra que lo requirieron, con la cantidad específica. (20 gotas por cada 500 ml de muestra) se taparon y agitaron las botellas. Posteriormente, se guardaron y refrigeraron las botellas en la nevera con una cantidad de hielo adecuada. Finalmente, se realizó la respectiva higienización de los baldes y todos los elementos utilizados en el muestreo con agua destilada. las botellas colocaron en posición vertical, agregando suficiente hielo para refrigerarlo. (IDEAM , 2007)

Ilustración 5 rotulación de las muestras tomadas para su posterior identificación

Fuente: autor, 2017

5.1.1.4. Transporte:

Una vez determinados los parámetros a analizar (detergentes, DQO, fenoles, cromo total y sulfuros) se procedió a la conservación de la muestra por medio de un preservante, según la necesidad de cada uno de los análisis. Se trasportó en una nevera portátil con un enfriamiento de aproximadamente 4ºC, dirigiéndonos desde el punto de muestro hacia la Universidad de la Salle.

5.1.1.5. Línea base

- ***Analisis de laboratorio***

Los parámetros a realizar se establecieron con base en el proceso productivo y son los que se muestran a continuación en la tabla 6. Dichos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Salle, determinando los parámetros establecidos en el acuerdo de trabajo entre la Universidad y la Secreteria Distrital de Ambiente; realizando los procedimientos de análisis establecidos en el manual de métodos de análisis de aguas del IDEAM y el Standard Methods.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos analizados en los vertimientos objeto de estudio

Parámetro	**Equipo utilizadoo**		**método epa**
	fotómetro nano color 500d	fotómetro hach dr 1900	
Detergentes (Aniónicos y Catiónicos)	x		173-1341
Demanda química de oxígeno DQO	x		0291
Fenoles	x		0741
Cromo total		x	089
Sulfuros	x		0731

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de la Salle, 2017

Los datos obtenidos en la caracterización fisico-quimica de la linea base son:

Tabla 8. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base.

Pelambre				
Parámetro	**Resultado línea base**	**Incertidumbre ± %**	**Dilución**	**Cumple res. 0631**
Temperatura	22 °C	±0.01	-	Si
Color aparente	>100	±10	-	n,a
pH	13	±0.001	-	No
Sedimentables	62 ml/l	± 0.01	-	No
Cromo hexavalente	4 mg/l	± 0.003	1:50	**No**
Suspendidos totales	619,4 mg/l	± 0.0001	-	no
DQO	16925 mg/l	± 0.003	1:50	**no**
Sulfatos	400 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Fenoles	85 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes aniónicos	75 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes catiónicos	10 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Desencalado				
Temperatura	22 °C	± 0.01	-	**si**
Color aparente	98	± 10	-	**n,a**
pH	13	± 0.001	-	**no**
Sedimentables	20 ml/l	± 0.01	-	**no**

Cromo hexavalente	3,25 mg/l	± 0.003	1:50	**si**
Suspendidos totales	299,8 mg/l	± 0.0001	-	**si**
DQO	9800 mg/l	± 0.003	1:50	**no**
Sulfatos	225 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Fenoles	60 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes aniónicos	60 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes catiónicos	20 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Curtición				
Temperatura	25 °C	± 0.01	-	**si**
Color aparente	>100	± 10	-	**n,a**
pH	3	± 0.001	-	**no**
Sedimentables	3,5 ml/l	± 0.01	-	**no**
Cromo hexavalente	12,85 mg/l	± 0.003	1:50	no
Suspendidos totales	61 mg/l	± 0.001	-	**si**
DQO	5750 mg/l	± 0.003	1:50	**no**
Sulfatos	400 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Fenoles	85 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes aniónicos	125 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**
Detergentes catiónicos	20 mg/l	± 0.003	1:50	**n,a**

Fuente: autores. 2017

Una vez realizados los ensayos de la línea base, se concluye que la calidad de los vertimientos de la industria, sin ningún tratamiento serián deficientes, debido a que no cumple con los parámetros establecidos en la normatividad vigente; por lo anterior, se requiere de cambios sustanciales en los reactivos quimicos para apaciguar dicho impacto.

5.2. Ensayos de Sustitución de Reactivos Químicos

Con el fin de identificar posibles reactivos químicos que sean menos contaminantes para las etapas húmedas de la industria de curtiembres, junto con la industría química que abastece el sector y para la empresa objeto de estudio, se realizaron dos ensayos de sustitución (denominados piloto 1 y piloto). Es de anotar que en algunos casos, la casa química no aportó las fichas técnicas de los

productos empleados en dichas sustituciones y solo suministró datos de nombre comercial, por su reserva industrial.

5.2.1. Ensayo piloto 1

Para este primer piloto se generó cambio en los reactivos químicos dentro de los procesos de pelambre y desencalado, puesto que se observaban altas concentraciones en la DQO, sulfuros, solidos totales y cromo hexavalente en la linea base; por consiguiente se hacen cambios en acído sulfúrico y sales por taurodex, bio taurolime zw y soda caustica, y de esta forma disminuir los contaminantes anteriormente mencionados; como se muestra en la siguiente tabla 9:

Tabla 9 Tabla de datos del proceso de producción (piloto 1)

Proceso para línea base			
Fecha:	octubre 08, 09 y 10 de 2017	lote:	1
Baquetas:	3	peso unidad (kg):	25
Peso total (kg):	75	procedencia:	salado
Proceso:	remojo – pelambre- curtición		

Etapa	Producto	%	Cantidad (gr)	Observaciones
Lavado	Agua	200%		30'
Remojo	Agua	100%		4 horas
	taurodex bio	0,30%	225	
	taurolime zw	0,20%	150	
	soda caustica	0,15%	113	
Reposo 1 noche				
Pelambre	Agua	100,00%		60'
	cal hidratada	0,50%	375	
	mollescal ln d	1,00%	750	
	taurolime pz-1	0,20%	150	2 horas
	cal hidratada	1,00%	750	
	sulfuro	0,60%	450	
	cal hidratada	2,00%	1500	60'
	soda caustica	0,05%	38	30'

Lavado	agua	200,00%		30'
Escurrir también				
Desencale	agua bisulfito de sodio biodesencalante decaltal pic s	40 0,2 0,9 0,35	 150 675 262,5	 30' 60'
Verificar corte incoloro con fenolftaleína				
Ph= 8,0-8,2 corte azul con azul de bromotimol				
Escurrir a flote corto (40%)				
Purga	basozim 2000	0,5	375	60'
	taurodex bio	0,15	112,5	
Lavado	agua	150		30'
Escurrir bien y repetir el lavado 2 veces más				
Piquelado	agua	40		10'
	sal	6,00%	450	
	ácido fórmico	0,70%	525	30'
	ácido sulfúrico	0,70%	525	3 x 15 + 90'
Curtido	sal de cromo	6,00%	450	2 horas
	neutrigan mos	0,35%	262,5	6 horas

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, 2017

Con estos cambios, se obtuvieron los siguentes resultados ambientales:

Tabla 10. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en el piloto 1

Pelambre					
Parámetro	**Resultado línea base**	**Resultado piloto 1**	**Incertidumbre ± %**	**Dilución**	**Cumple res 0631**
Temperatura	22 °C	16,2ºC	± 0.01	-	si
Color aparente	>100	>100	± 10	-	n,a
pH	13	12,66	± 0.001	-	no
Sedimentables	86 ml/l	44 ml/l	± 0.01	-	no
Cromo hexavalente	1,15 mg/l	0,155mg/l	± 0.003	1:50	no
Suspendidos totales	427 mg/l	411 mg/l	± 0.0001	20 ml	si
DQO	10825 mg/l	290 mg/l	± 0.003	1:50	no
Sulfuros	11,5 mg/l	<0,05	± 0.003	1:50	no
Fenoles	55 mg/l	2,6mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Detergentes	125 mg/l	0,1 mg/l	± 0.003	1:50	n,a

anicónicos					
Detergentes catiónicos	10 mg/l	0,9mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Desencalado					
Temperatura	22 °C	16,2ºC	± 0.01	-	si
Color aparente	97	>100	± 10	-	n,a
pH	10	6,19	± 0.001	-	no
Sedimentables	2 ml/l	25 ml/l	± 0.01	-	si
Cromo hexavalente	1,225 mg/l	2,7 mg/l	± 0.003	1:50	no
Suspendidos totales	768 mg/l	322 mg/l	± 0.0001	-	no
DQO	4575 mg/l	16550 mg/l	± 0.003	1:50	no
Sulfuros	21,5 mg/l	4 mg/l	± 0.003	1:50	no
Fenoles	15 mg/l	35 mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Detergentes aniónicos	50 mg/l	25 mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Detergentes catiónicos	5 mg/l	40 mg/l	± 0.003	1:50	n,a
curtición					
Temperatura	25 °C	16,2ºC	± 0.01	-	si
color aparente	20	12	± 10	-	n,a
pH	1	3,93	± 0.001	-	no
sedimentables	100 ml/l	11 ml/l	± 0.01	-	no
cromo hexavalente	12,85 mg/l	0,7 mg/l	± 0.003	1:50	no
suspendidos totales	224 mg/l	100 mg/l	± 0.0001	-	si
DQO	2275 mg/l	400 mg/l	± 0.003	1:50	no
Sulfuros	2,5 mg/l	9 mg/l	± 0.003	1:50	si
Fenoles	10 mg/l	10 mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Detergentes aniónicos	50 mg/l	120 mg/l	± 0.003	1:50	n,a
Detergentes catiónicos	25 mg/l	15 mg/l	± 0.003	1:50	n,a

Fuente: Autor. 2017

De la tabLa 9, se observa que los parametros analizados tuvieron una disminución mÍnima en comparación de la linea base, y un leve aumento en algunos parametros como es el caso de sólidos totales, sedimentables. Sin embargo, las etapas de pelambres y desencalado fueron exitosas. Por otro lado, en la etapa de curtición se evidenció un aumento de una forma significativa en todos los

parámetros. Es de anotar que los parámetros fisicoquímicos analizados fueron los determinados en la etapa inicial del proyecto, es así como por ejemplo en la etapa de pelambre y desencalado se analizó cromo hexavalente y de hecho se detectó, lo que se concluyó como una contaminación cruzada del proceso, debido a que las pieles son desacargadas en un patio totalmente mojado con residuos de curtido.

5.2.2. Ensayo piloto 2

Para este ensayo en la etapa de pelambre, se adiciona bisulfito de sodio, dermascal f en dos momentos diferentes del proceso, con el fin de garantizar un óptima disolución de los reactivos químicos en el agua utilizada y el contacto de ésta con las pieles, también se utilizó como catalizador el ácido fórmico, bicarbonato de sodio por sulfato de sodio y el proceso de pelambre no destructivo, el cual consistió en provocar la apertura de poros y retirar el pelo rápidamente con el fin de que la fricción de la piel con los fulones no provocara el daño.

Para disminuir el cromo, se trabajó con concentración baja en agua comparada con la tradicional, logrando una mejor absorción en la piel y evitando altos nieveles de remanente en los vertimientos. Los datos utilizados se presentan en la siguiente Tabla 11:

Tabla 11. Tabla de datos del proceso de producción (piloto 2)

Proceso para línea base			
Fecha:	octubre 11 del 2017	lote:	1
Baquetas:	3	peso unidad (kg):	25
Peso total (kg):	75	procedencia:	salado
Proceso:	remojo – pelambre- curtición		

Etapa	Producto	%	Cantidad (gr)	Observaciones
Lavado	Agua	200	80	
Remojo	escurrir			

	Agua	200	80	
	dermascal f	0,2	76 gr	
	escurrir			
	bisulfito de sodio	0,4	152	
	dermascal f	1,4	532	se aplicaron 380 gr
Medir ph y corte				pH entre 7,5-8,5 y corte incoloro
Pelambre	dermascal f	0,2	76	opcional si el pH es mayor a 8,2
	sellanon an	0,3	114	
	escurrir			
	Agua	200	80	
	escurrir			
	Agua	50	20	
	Sal	3	1,14	
Medir °be				debe ser mayor a 4
Desencale	acido fórmico	0,5	190	
	sellatan p	1,2	456	
	medir pH y corte			debe estar entre 4,0 y 4,5
Curtido	merpin 8005	0,2	76	
	Cromo	3	1,14	rodar 60'
	Cromo	3	1,14	rodar 120'
	cromeno fbq	46	0,12	
subir temperatura a 50°c				

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, 2017

Del anterior ensayo, se obtuvieron los siguientes datos ambientales:

Tabla 12. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en el piloto 2

Pelambre			
Parámetro	**línea base**	**piloto 1**	**piloto 2**
Temperatura	15,8 °c	16,2ºc	16,2ºc
Color aparente	>100	>100	>100
pH	13	12,66	13
Sedimentables	86 ml/l	44 ml/l	23 ml/l
Cromo hexavalente	1,15 mg/l	7,75 mg/l	0,5 mg/l
Sólidos suspendidos totales	1185 mg/l	2635 mg/l	4095 mg/l
DQO	21650 mg/l	14400 mg/l	23800 mg/l
Sulfuros	11,5 mg/l	<2,5 mg/l	27.5 mg/l
Fenoles	55 mg/l	130 mg/l	n.a

Detergentes aniónicos	125 mg/l	5 mg/l	80 mg /l
Detergentes catiónicos	10 mg/l	45 mg/l	10 mg/l
desencalado			
Temperatura	14,8 °c	16,2ºc	17,5 ºc
Color aparente	97	>100	>100
pH	10	6,19	6
Sólidos sedimentables	2 ml/l	25 ml/l	120 ml/l
Cromo hexavalente	12,25 mg/l	2,7 mg/l	0,05 mg/l
Sólidos suspendidos totales	1830 mg/l	3960 mg/l	1555 mg/l
DQO	9150 mg/l	16550 mg/l	18850 mg/l
Sulfuros	21,5 mg/l	4 mg/l	2.5 mg/l
Fenoles	15 mg/l	35 mg/l	n.a
Detergentes aniónicos	45 mg/l	25 mg/l	5 mg/l
Detergentes catiónicos	5 mg/l	40 mg/l	70 mg/l
Curtición			
Temperatura	15.7°c	16,2ºc	18º,1c
Color aparente	20	12	>100
pH	1	3,93	6
Sólidos sedimentables	100 ml/l	11 ml/l	80ml/l
Cromo hexavalente	12,85 mg/l	0,7 mg/l	0,19 mg/l
Sólidos suspendidos totales	3820 mg/l	2150 mg/l	1450 mg/l
DQO	4550 mg/l	200 mg/l	1250 mg/l
Sulfuros	2,5 mg/l	9 mg/l	2.5 mg/l
Fenoles	10 mg/l	<10 mg/l	n.a
Detergentes aniónicos	5 mg/l	120 mg/l	5 mg/l
Detergentes catiónicos	125 mg/l	15 mg/l	10 mg/l

fuente: Autor, 2017

Se logra observar que, con los datos experimentales tanto del piloto 1 y 2, hay disminuciones significativas en las etapas donde se utilizaron mas reactivos químicos; sin embargo, en las primeras etapas se observa que la DQO, solidos totales y suspendidos se mantienen igual. Es de anotar, que se evidencia una disminución del cromo hexavalente en la última etapa del proceso.

5.2.3. Esquema del proceso

A continuación se presentan los esquemas de proceso con las cantidades de reactivos utilizadas, se debe tener en cuenta que los valores son aproximados a la realidad por absorción de reactivos y de

escurridos en pieles. Para estos esquemas, se planteó una carga de un procesamiento de 25 kilogramos/piel.

Los esquemas del proceso con sus pesos van relacionados con porcentajes (%) en relación al peso, como se muestran en la siguiente ecuación:

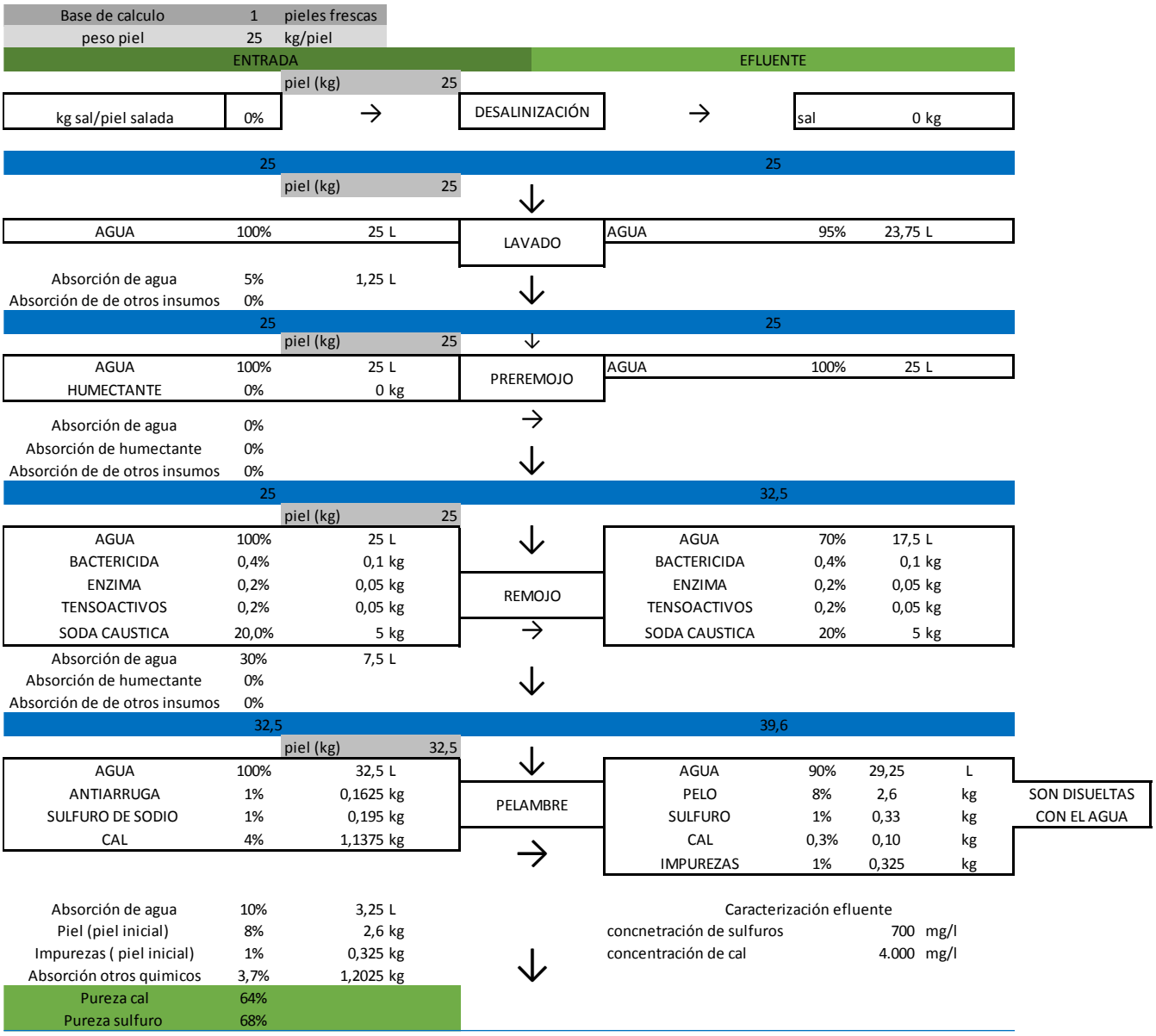
$$Sulfato\ de\ amonio\ (2\%) * 19\ (kg)\ de\ pieles = 0{,}44\ Kg\ del\ sulfato\ de\ amonio$$

Como se observa, se agrega 0,44 Kg de sulfato de amonio en el desencalado. Para los porcentajes de adición de agua se muestra la siguente ecuación:

$$agua(100\%) * 25(Kg)\ de\ pieles = 25\ kg\ 1\ \frac{L}{Kg}(densidad\ del\ agua)\ \approx 25\ Litros$$

Lo cual arroja un esquema del proceso como se muestra en la siguiente ilustración 6:

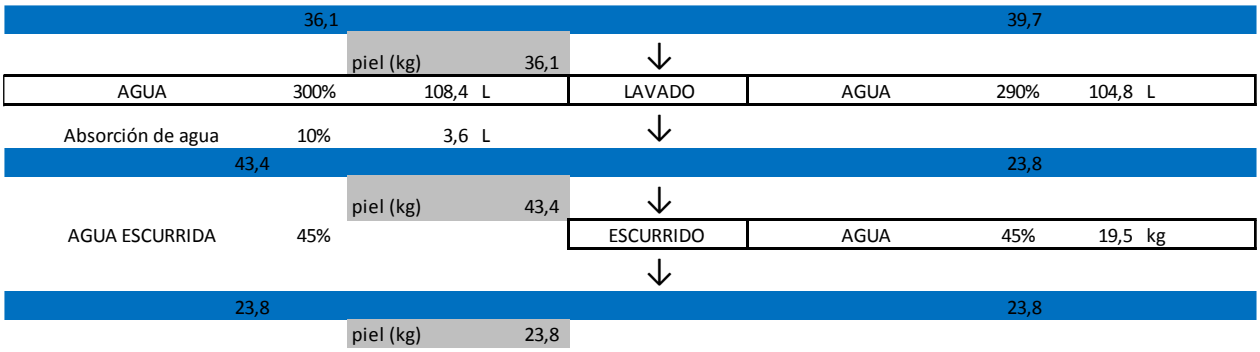
Ilustración 6 Esquema de Proceso



Fuente: autor, 2017

39,6					39,6		
		piel (kg)	39,6	↓			
AGUA	100%	39,5525	kg	LAVADO	AGUA	100%	39,5525 kg
Absorción de agua	0%			↓			
39,6					35,95		
		piel (kg)	36	↓			
peso unche	6%	piel inicial		DESCARNE	UNCHE	6%	2,16 kg
agua escurrida	4%				AGUA	4%	1,44 kg
				↓			
35,95					36		
		piel (kg)	36	↓			
PESO DE RECORTE	5%	1,8	Kg	DESCARNE	RECORTE NO CURTIDO	5%	1,8 kg
				↓			
34,2					22		
		piel (kg)	34,2	↓			
AGUA	100%	34,2	L	DIVIDIDO	AGUA	100%	34,2 L
					CARNAZA		12 kg
Agua escurrida	0%			→	AGUA ESCURRIDA	0%	0 kg
Peso carnaza	12	kg/piel inicial		↓			
22					22		
		piel (kg)	22				
AGUA	800%	178	L	LAVADO	AGUA	800%	178 kg
agua absorvida	0%						
22					34		
		piel (kg)	22	↓			
AGUA	200%	44	L		AGUA	200%	44 L
ENZIMA	0,3%	0,07					-
BISULFITO Na	0,2%	0,04	kg	DESENCALADO Y PURGA	BISULFITO Na	0%	- kg
SULFATO DE AMONIO	20%	4,44	kg		SULFATO DE AMONIO	5%	1,1 kg
ACIDO SULFURICO	15%	3,33	kg	→	ACIDO SULFURICO	10%	2,2 kg
ACIDO OXALICO	20%	4,44	kg		ACIDO OXALICO	1%	0,22 kg
ACIDO FORMICO	20%	4,44	kg		ACIDO FORMICO	15%	3,3 kg
DESENCALE	25%	5,55	kg	↓	DESENCALE	15%	3,3 kg
Desorción de agua	0%						
Absorción de otros insumos	55%	12	Kg				
34					36,1		
		piel (kg)	34	↓			
AGUA	100%	34	L	LAVADO	AGUA	95%	33 L
Absorción de agua	5%	2	L	↓			
36,1					42,6		
		piel (kg)	36,1	↓			
AGUA	100%	36,1	L		AGUA	100%	36,1 L
SAL	3%	1,08	kg		SAL	2%	0,72 kg
ACIDO FORMICO	0,2%	0,07	kg	PIQUELADO Y CURTIDO	ACIDO FORMICO	10%	3,61 kg
ACIDO SULFURICO	1%	0,36	kg		ACIDO SULFURICO	1%	0,18 kg
CROMO 33	5%	1,81	kg		CROMO 33	10%	3,61 kg
PIQUELANTE	0%	0,07	kg	→	PIQUELANTE	0%	- kg
BASIFICANTE	0,4%	0,14	kg		BASIFICANTE	0%	0,11 kg
FUNGICIDA	0%	-	kg		FUNGICIDA	0%	- kg
Cromo en la sal	25%			↓	Caracterización del efluente		
Pureza de la sal	100%				Concentración de cromo		1000 kg/l
absorción de agua	0%	-	L				
Absorción de otros insumos	18%	6,5	kg				

Fuente: autor, 2017

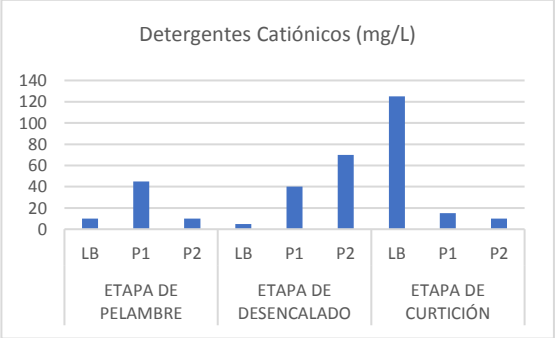


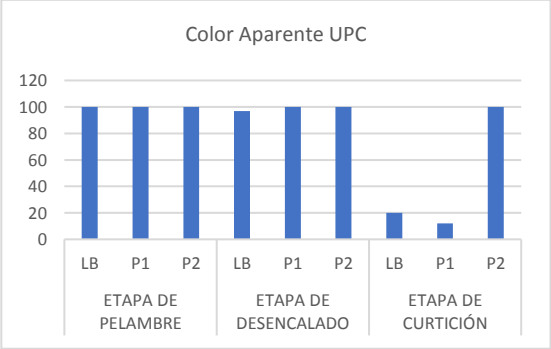
Fuente: Autor, 2017

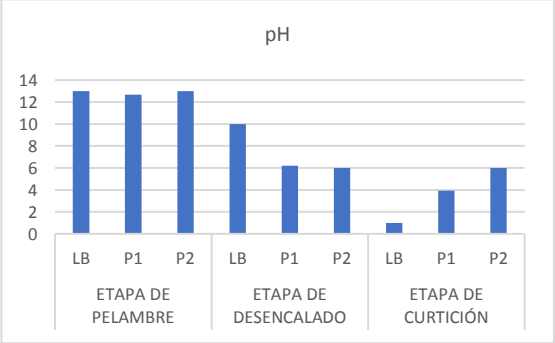
5.2.4. Análisis global

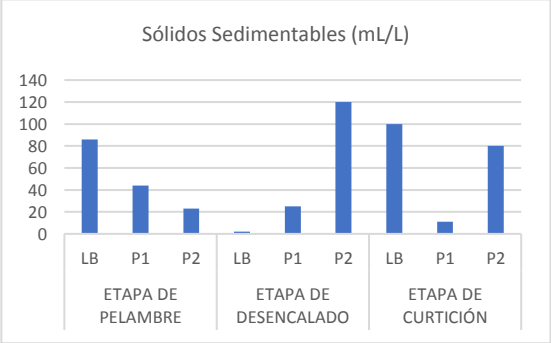
De la información ambiental obtenida, se realizó un análisis gráfico y porcentual para establecer la incidencia de cada uno de los cambios realizados en el proceso en cada parámetro ambiental. Las siguientes gráficas muestran los resultados obtenidos en la Tabla 13:

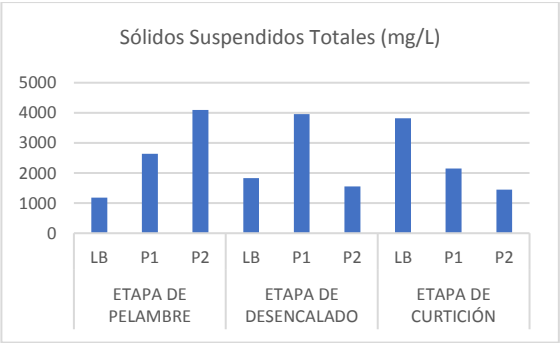
Tabla 13 Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base y los pilotos

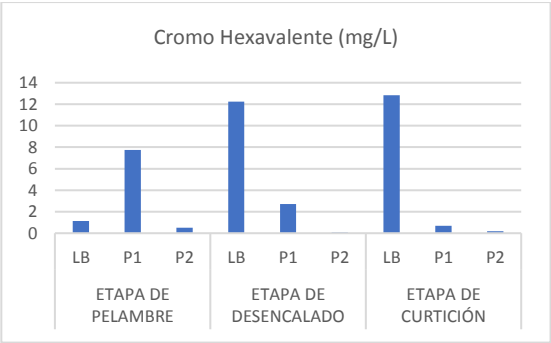


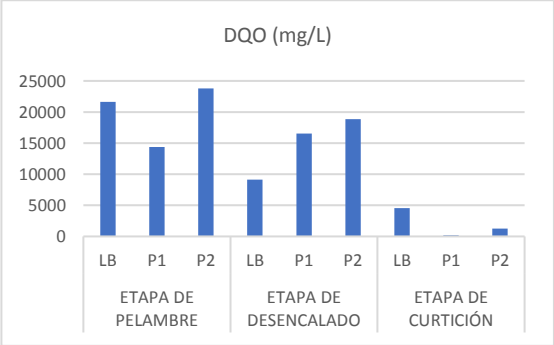


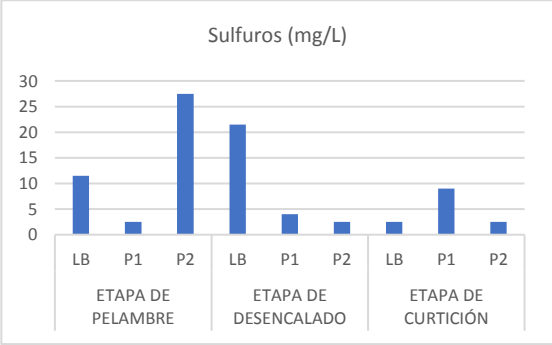


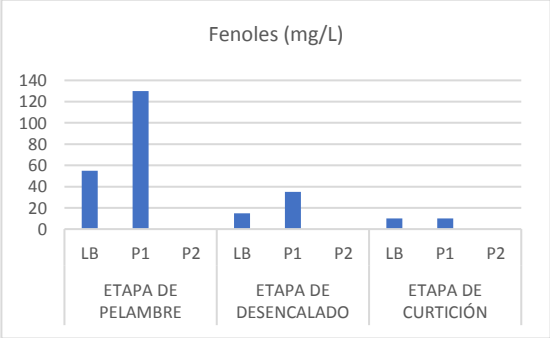


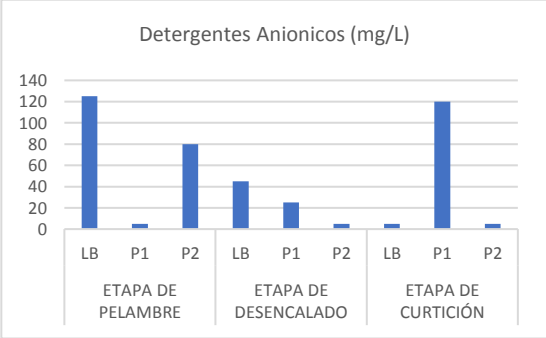












Fuente: Autor 2017.

Para la interpretación de los resultados, se evaluaron los resultados de cada ensayo (piloto) en relación a la linea base, y los reactivos químicos empleados en cada uno de ellos, y a su vez, se evaluó por cada etapa humeda del proceso de producción, ya que en ella se evaluaron con diferente tipo de pH y de reactivos utilizados, como se muestra a continuación:

5.2.4.1.Etapa de pelambre

En esta etapa, de los parámetros *in situ* analizados, el único que mostró diferencias significativas al haber realizado cada piloto fueron los sólidos sedimentables con reducción de 49 y 73%

respectivamente para el piloto 1 (p1) y el piloto 2 (p2). Contrario a lo anterior, se presentó un aumento de los sólidos suspendidos totales en un 122 y 245% para p1 y p2. En cuanto al cromo se observó un comportamiento atípico en esta etapa, ya que se presupone la no existencia de este elemento, en especial en p1. De otra parte, la materia orgánica en términos de DQO evidenció un aumento del 33% con p1 y disminución del 10% en p2, mientras que, los sulfuros indicaron una disminución del 78% en p1 y un aumento del 139% en p2. Los fenoles mostraron un aumento del 136% con p1 y disminución total de p2. Los detergentes aniónicos indicaron una disminución del 96% en p1 y un aumento del 36% en p2. Los detergentes catiónicos mostraron un aumento del 350% con p1 y disminución total de p2.

A su vez se evidencia como la más contaminate de las tres pilotos realizados, debido a los valores de pH que maneja y al alto contenido de sólidos y materia orgánica, los cuales no se removieron en ninguno de los pilotos. En cuanto a las sustancias químicas como cromo, fenoles, sulfuros y saam se lograron buenos resultados en especial con el p2.

5.2.4.2.Etapa de desencalado

En esta etapa, de los parámetros *in situ* analizados, el pH bajó de 10 a 6 para cada uno de los pilotos, observándose una mejora con la modificación y/ o sustitución de los reactivos. Los sólidos sedimentables por el contrario al pH aumentaron ostensiblemente del 2 al 25 ml/l respectivamente para el p1 y el p2. Los sólidos suspendidos totales evidenciaron un aumento del 3960 mg/l con p1 y disminución del 1555 mg/l en p2. En cuanto al cromo hexavalente se observó una disminución muy buena en p1 y p2, del 2,7 mg/l al 0,05 mg/l. la DQO mostró un aumento de 200 mg/l al 1250 mg/l con p1 y p2, mientras que, los sulfuros indicaron una disminución del 4 mg/l al 2,5 mg/l en p1 y p2. Los fenoles mostraron un aumento del 35 mg/l con p1 y disminución total de p2. Los detergentes aniónicos indicaron una disminución del 25 al 5 mg/l en p1 y p2. Los detergentes

catiónicos mostraron un aumento de 40 al 70 mg/l en p1 y p2. Todos estos valores estan en relación a la linea base de estudio.

Se evidenciaron problemas con sólidos y DQO ya que, ninguno de los pilotos logró removerla, en cuanto a las sustancias químicas como cromo, fenoles, sulfuros y SAAM se lograron buenos resultados en especial con el p2.

5.2.4.3.Etapa de curtición

En esta etapa, el color aparente muestra una disminución del 40% en p1 y un aumento del 100% en p2. El pH subió de 1 que es extremadamente ácido a 4 y 6 pH respectivamente con p1 y p2. Los sólidos sedimentables presentaron una disminución del 90% en p1 y un aumento del 20% en p2. Los sólidos suspendidos totales disminuyeron en un 44 y 66% para p1 y p2. En cuanto al cromo se observó una gran disminución en cada uno de los pilotos de 95 y 98% en p1 y p2. La materia orgánica en términos de DQO evidenció una disminución del 95% con p1 72% en p2. Los sulfuros indicaron un aumento del 6,5 mg/l en p1 y un valor igual a la línea base en p2. Los fenoles mostraron un valor igual a la línea base en p1 y disminución total de p2. Los detergentes aniónicos indicaron un aumento del 120 mg/l en p1 y un valor igual a la línea base en p2. Los detergentes catiónicos mostraron una disminución del 88% con p1 92% con el p2

Análisis global

Lo anterior visto a la luz de la calidad del vertimiento según la norma y la modificación del proceso, indica lo observado en la tabla 12. en la cual, en color amarillo se observan los valores que cumplen la norma. Según lo mostrado, se evidencia que el piloto 2 presenta mejores valores en términos de calidad según la norma, para el pH, cromo, materia orgánica, sulfuros, fenoles y saam, mientras que p1 muestra mayor número de valores altos que subrepasan la norma. Por otro lado ninguno de

los dos pilotos cumplen la norma de sólidos sedimentables, ni suspendidos, lo que evidencia la necesidad de un tratamiento de remoción de éstos fuera de la sustitución química. es de anotar que la sustitución química efectivamente toxicidad proveniente de compuestos químicos ya que, éstos entraron a norma principalmente después del piloto 2.

Se evidenciaron problemas solamente con sólidos ya que, ninguno de los pilotos logró removerlos, en cuanto a los demás parámetros se lograron buenos resultados en especial con el p2.

Tabla 14 Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos en la línea base y los pilotos en comparación con la norma

		Temp. Oc	Color ap. Upc	Ph	Sólidos sed. (ml/l)	Sólidos susp. Totales (mg/l)	Cromo hex. (mg/l)	DQO (mg/l)	sulfuros (mg/l)	fenoles (mg/l)	saam an. (mg/l)	saam cat. (mg/l)
Resolución 0631/15		< 40	no aplica	5 a 9	2	600	1,5	1200	3	n.a	análisis y reporte	análisis y reporte
Etapa de pelambre	lb	15,8	100	13	86	1185	1,15	21650	11,5	55	125	10
	p1	16,2	100	12,66	44	2635	7,75	14400	2,5	130	5	45
	p2	16,2	100	13	23	4095	0,5	23800	27,5	n.a	80	10
Etapa de desencalado	lb	14,8	97	10	2	1830	12,25	9150	21,5	15	45	5
	p1	16,2	100	6,19	25	3960	2,7	16550	4	35	25	40
	p2	17,5	100	6	120	1555	0,05	18850	2,5	n.a	5	70
Etapa de curtición	lb	15,7	20	1	100	3820	12,85	4550	2,5	10	5	125
	p1	16,2	12	3,93	11	2150	0,7	200	9	10	120	15
	p2	18,1	100	6	80	1450	0,19	1250	2,5	n.a	5	10

Fuente: autores. 2017

5.2.5. Análisis de la industria

Es de anotar que al realizar los muestreos se hicieron varias observaciones que pueden alterar la representatividad de las muestras, entre ellos se destacan:

El establecimiento tiene dos lugares de trabajo, donde se puede evidenciar que tiene poca ventilación y poca luminosidad,. las paredes no se limpian y no tienen una pintura especial. Adicionalmente, durante todo el proceso productivo las pieles son transportadas por el suelo, donde éste no presenta mayor limpieza, pudiendo generarse alguna contaminación cruzada con remates en el suelo.

Al momento de realizarse la **línea base** se identificó que en algunas ocasiones se utiliza recirculación con otras aguas, mas no se indicó de cuáles etapas ni en qué proporción. en la muestra de desencale el agua estaba reposada hacía más de una hora, por lo que se le pidió al operador dar unas vueltas adicionales al fulón y así tomar la muestra; por el contrario, para las otras dos etapas, pelambre y curtido se tomaron en el momento en que paraban el fulón después de su proceso normal, lo que puede generar una variación.

El **piloto 1** no fue muestreado por el autor, quien solamente se hizo cargo de transportar la muestra al laboratorio de la universidad para el desarrollo de los análisis químicos, es de anotar que la botella del desencale no cumplía con las especificaciones del IDEAM.

Para el **piloto 2** la muestra no se tomó de los tradicionales fulones de madera, sino metálico de ½ metro de diámetro, llamado fulón de ensayo, por lo que la toma no fue totalmente similar a las anteriores, donde el número de pieles no era el mismo; se asume que la proporción de reactivos químicos si era la misma.

5.3. Tabla resumen

Dado lo anterior se observó que los posibles reactivos químicos que son menos contaminantes para las etapas humedas de la industria de curtiembres son: (ver tabla 15):

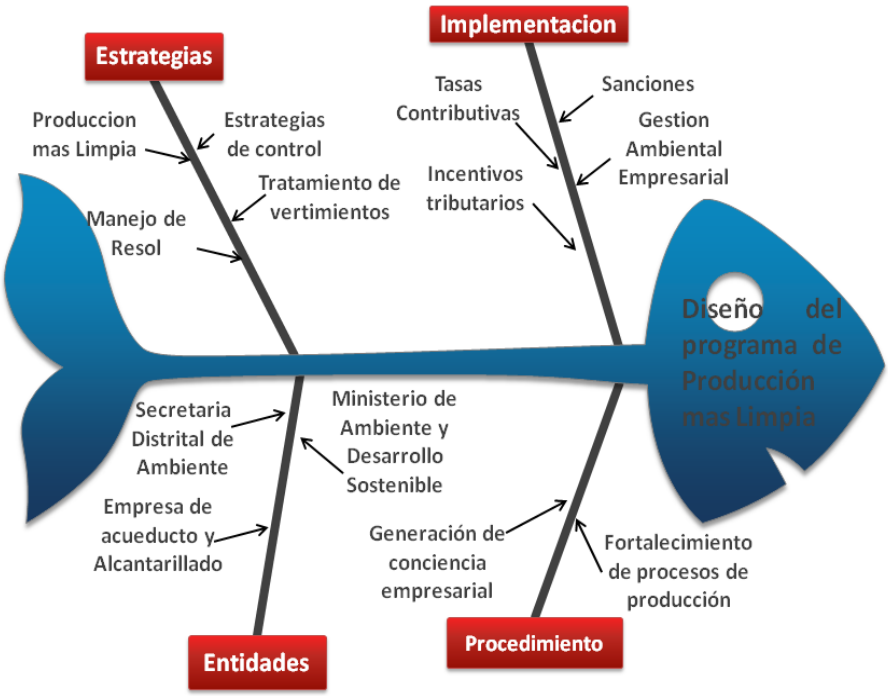
Tabla 15. Tabla de datos del proceso de producción (piloto 2)

Proceso para línea base				
Fecha:	octubre 11 del 2017		lote:	1
Baquetas:	3		peso unidad (kg):	25
Peso total (kg):	75		procedencia:	salado
Proceso:	remojo – pelambre- curtición			
Etapa	producto	%	cantidad (gr)	observaciones
Lavado	Agua	200	80	
Remojo	escurrir			
	Agua	200	80	
	dermascal f	0,2	76 gr	
	escurrir			
	bisulfito de sodio	0,4	152	
	dermascal f	1,4	532	se aplicaron 380 gr
Medir ph y corte				pH entre 7,5-8,5 y corte incoloro
Pelambre	dermascal f	0,2	76	opcional si el pH es mayor a 8,2
	sellanon an	0,3	114	
	escurrir			
	Agua	200	80	
	escurrir			
	Agua	50	20	
	Sal	3	1,14	
Medir °be				debe ser mayor a 4
Desencale	acido fórmico	0,5	190	
	sellatan p	1,2	456	
	medir pH y corte			debe estar entre 4,0 y 4,5
Curtido	merpin 8005	0,2	76	
	Cromo	3	1,14	rodar 60'
	Cromo	3	1,14	rodar 120'
	cromeno fbq	46	0,12	
subir temperatura a 50°c				

5.4. Evaluación de impacto ambiental

Se realizó el Diagrama de Ishikawa, con el fin de ilustrar de una forma más explícita las etapas y actividades del proyecto, teniendo en cuenta el procedimiento, la implementación, las estrategias y las entidades.

Ilustración 7 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autor, 2017.

5.4.1. Matriz de Leopold:

Es un método cualitativo que ayuda a determinar el valor de diferentes actividades dentro de un proyecto, en dónde se evalúa la intensidad (siendo positiva o negativa) y la importancia (siendo siempre positiva). de manera que la suma de las filas de cada subcomponente reflejará la incidencia sobre cada factor ambiental y la sumatoria de las columnas reflejará un valor relativo de cada acción que impactará en el medio (Leopold, 2010)

Los resultados anteriormente mostrados en la tabla 12 (página 50), permiten inferir que la prueba piloto, en la mayoría de los parámetros analizados se generan vertimientos con mejores calidades y por lo tanto la implementación de alternativas más limpias se considera exitosa para este caso. Las comparaciones con la normatividad allí consignadas corresponden sólo a los valores de la línea base. Una forma de estimar, por lo menos de manera parcial, la incidencia de los cambios de las materias primas en el proceso de curtido de pieles es mediante una valoración de los impactos generados en cada una de las etapas del proceso productivo a través de una matriz de Leopold.

La matriz que se expondrá a continuación; contempla los impactos generados por cada actividad en los componentes biótico, abiótico y social para la situación actual (resultados línea base), es decir, aquella en la que las modificaciones realizadas en los pilotos no han sido implantadas en su totalidad. En ella se evidencia que los mayores son causados a cuerpos de agua a partir de los residuos de los procesos húmedos, es decir generados por los vertimientos líquidos.

Para definir los rangos de evaluación se establece una escala de -5 a 5; donde -5 es un impacto negativo hasta llegar a un impacto positivo con un valor de 5, y de igual forma para la importancia de cada impacto relacionado con sus componentes. Como se observa en la teoría relacionada con el tema y los datos obtenidos tanto en las caracterizaciones y en el balance de masas, se observa que la mayor problemática se genera en el componente abiótico, ya que es una materia prima que se utiliza durante la mayor parte del proceso productivo. Por lo cual se tendrá en cuenta de forma transversal en la evaluación y generación de la matriz de impacto ambiental.

Para poder determinar los límites entre los diferentes impactos negativos se hace una relación entre los valores máximos y mínimos, y de esta forma dividir sobre la cantidad de categorías, lo

cual se realiza para cada componte, subcomponentes y actividades. Esto con el fin de evidenciar cuales son las actividades que comprometan de forma negativa los componentes y que componente debe ser puesto bajo vigilancia, con el fin de prevenir y controlar los impactos negativos dentro del proceso productivo.

Ilustración 8 Indicadores de evaluación

Por componente		
Número más negativo		-50
Número menos negativo		-2
Diferencia		-48
Intervalos		-12
-2	-14	leve
-14,1	-26	moderado
-26,1	-38	alto
-38,1	-50	critico
por actividad		
Número más negativo		-10
Número menos negativo		-11
Diferencia		1
Intervalos		0,25
-1	-3,5	leve
-3,6	-4,6	moderado
-4,5	-5,5	alto
-7,6	-10	critico

Fuente: Autor. 2017

Abiótico:

Para los factores abióticos se contemplan los 3 componentes fundamentales dentro del proceso de producción, en el cual se encuentra los recursos agua, suelo y aire. Para ello se tuvieron en cuenta las actividades con mayor uso dentro del proceso de producción; por lo tanto, el factor de mayor importancia será el recurso hídrico, y estará en dos subdivisiones ya que en el proceso de mezclan aguas lluvias y aguas de acueducto; aunque, las dos terminan en el sistema de

alcantarillado.

Para el recurso de suelo se puede determinar que su incidencia en el uso del mismo es leve y no tiene impactos negativos, ni positivos por lo que su incidencia en la valoración es casi nula.

Para el componente aire se tiene en cuenta las emisiones que, causadas por la maquinaria y las reacciones químicas dentro de los fulones, sin embargo, son pocas y no son continuas durante todo el proceso de producción, por lo cual su impacto es moderado y poco insignificante para el proyecto. cabe resaltar que este factor es de mucha preocupación para la salud y el bienestar de los operarios, ya que los impactos negativos son directamente a ellos.

Biótico:

Para este componente son casi nulos los impactos, ya que hablamos de industrias con instalaciones y sistemas adecuados previamente establecidos dentro de una urbanización, lo cual hace que la línea base de estudio sea ya modificada y con el cambio de insumos químicos no tenga cambios ni negativos ni positivos al factor biótico. Sin embargo, se tiene una modificación del ambiente rural al urbanístico que se encuentran alrededor del rio Tunjuelito.

Social:

Para el componente social, se puede determinar que son aspectos positivos exceptuando el subo-componte salud, ya que los riesgos en cada proceso productivos son mínimos, aunque si su exposición es prolongada generaran problema a la salud personal y publica dentro del sector.

Actividades:

Para las actividades que se presentan dentro del proceso productivo con mayor impacto negativo a la calidad de los vertimientos y con gran importancia son la de remojo, curtición y recorte, ya

que de ellas se ve reflejado la mayor cantidad de uso y re uso del recurso hídrico. Sin embargo, estas actividades son variables según la cantidad de pieles y de procesos que requiera el lote para el comprador.

Además de la caracterización de los residuos líquidos es necesario reconocer los insumos químicos utilizados en cada uno de los procesos productivos húmedos, para identificar el estado de los vertimientos de la empresa en estudio y posteriormente determinar qué insumos serían los óptimos para mejor la calidad del efluente.

Dentro del proceso de remojo y pelambre, el insumo empleado en mayor volumen es el agua pues se trata de un proceso húmedo. Existen otros insumos que también se pueden utilizar dentro del proceso de remojo y pelambre; los insumos mencionados a continuación son algunos que fueron empleados en las pruebas piloto, tales como:

- Aracit da
- Soda
- Diamol epn

Estos reactivos son igualmente útiles dentro del proceso y reducen el tiempo empleado, por lo cual, son beneficiosos para el proceso de producción de las pieles. en el proceso de curtido se utilizan los siguientes insumos:

- Agua
- Sulfato de amonio
- Solución pH 4
- Macerante 1500
- Taurodex bio
- Sal
- Ácido fórmico
- Cromo
- Taurbass m

Igualmente, en este proceso el agua es el insumo que mayor participación tiene, debido a que es de gran importancia en el proceso de curtido de las pieles. algunos insumos que pueden emplearse dentro del proceso para sustituir parte de los anteriores son:

- Bisulfito
- Sellanon an
- Ácido acético
- Piquelante
- Tropon pem
- Tropotan mdw
- Merpin

Al hacer uso de estos nuevos insumos se reduce el tiempo del proceso, por lo cual la producción puede aumentar al disminuir los tiempos y disminuir los costos económicos derivados del proceso de curtido de pieles.

Tabla 16 Matriz de evaluación de impactos antes de los cambios de reactivos químicos

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	CATEGORÍAS	ACTIVIDADES DE PRODUCIÓN DE CUEROS (AZULES)												Total por categoría	Total por subcomponente	Total por componente
			RECEPCIÓN	REMOJO	LAVADO Y REMOJO	PELAMBRE	DESORILLO Y RECORTE DE PIEL	DIVIDIDO	DESENCALE	PIQUELADO	CURTIDO	RECORTE	REMOJADO	RECEPCIÓN			
ABIÓTICO	AGUA	Agua lluvia		3 2	-2 3	-1 1			-1 2						-3	-53	-97
		Agua alcantarillado		-2 3	-3 2	-4 4	-1 1			-2 2	-4 4		-1 1		-50		
	SUELO	Usos del suelo	-2 2			-1 1								-1 1	-6	-11	
		Propiedades									-1 1	-2 2			-5		
	AIRE	Gases		-1 1		-2 2				-2 2	-4 3				-21	-33	
		Material particulado					-1 1					-3 2			-7		

		Nivel de presion sonora				-1 1			-1 1	-1 1	-1 1	-1 1			-5		
SOCIAL	EDUCACÍON														0	0	51
	SALUD		-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-12	-12	
	EMPLEO		3	2	4 2	1 2	1 1		1 1		3 2	1 1	2 2		23	23	
	CALIDAD DE VIDA											-1 1	2 2	5 5	28	28	
	ECONOMÍA		-2 3	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1		-1 1		-2 1			5 5	12	12	
	ACTIVIDAD		-2 6	0 8	-3 9	-10 13	-3 5	-1 1	-3 6	-6 6	-10 13	-7 8	2 6	7 13			

Fuente: autor. *2017*

Tabla 17 Matriz de evaluación de impactos despues de los cambios de reactivos químicos

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	CATEGORÍAS	ACTIVIDADES DE PRODUCIÓN DE CUEROS (AZULES)												Total por categoría	Total por subcomponente	Total por componente
			RECEPCIÓN	REMOJO	LAVADO Y REMOJO	PELAMBRE	DESORILLO Y RECORTE DE PIEL	DIVIDIDO	DESENCALE	PIQUELADO	CURTIDO	RECORTE	REMOJADO	RECEPCIÓN			
ABIÓTICO	AGUA	Agua lluvia		3 2	-2 3	-1 1			-1 2						-3	-31	-75
		Agua alcantarillado		-1 3	-2 2	-3 3	-1 1			-2 2	-3 2		-1 1		-28		
	SUELO	Usos del suelo	-2 2			-1 1								-1 1	-6	-11	
		Propiedades									-1 1	-2 2			-5		
	AIRE	Gases		-1 1		-2 2				-2 2	-4 3				-21	-33	
		Material particulado					-1 1					-3 2			-7		
		Nivel de presion sonora				-1 1			-1 1	-1 1	-1 1	-1 1			-5		
SOCIAL	EDUCACÍON														0	0	51

	SALUD	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-12	-12
	EMPLEO	3		2		4	2	1	2	1	1			1	1			3	2	1	1	2	2			23	23
	CALIDAD DE VIDA																			-1	1	2	2	5	5	28	28
	ECONOMÍA	-2	3	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1			-2	1					5	5	12	12
	ACTIVIDAD	-2	6	1	8	-2	9	-9	12	-3	5	-1	1	-3	6	-6	6	-9	11	-7	8	2	6	7	13		

Fuente: autor. *2017*

Se observa que la matriz sin cambios de insumos químicos, contiene puntos criticos dentro del proceso de producción de cuero en los componentes de recurso hídrico y calidad del aire que, pueden afectar al recurso y a los operarios de la planta. Por otra parte se encuentra impactos leves lo cuales estan relacionadas al riesgo natural que tiene esta actividad productiva.

Sin embargo, al realizar la segunda matriz se analiza que el costo beneficio de dicha actividad económica resulta positiva para el sector, ya que las ganancias tanto empresariales como sociales, son significativas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el enfoque de la empresa es contratar personal del sector y en algunos casos población vulerable, por lo tanto hace que tenga un valor agregado.

Por parte de las actividades para este proyecto se tendrá en cuenta que las actividades con mayor cuidado, son las relacionadas con el uso del recurso hidrico, por lo cual se vuelve un riesgo casi continuo durante todo el proceso de producción. Sin embargo para disminuir estos factores, se pueden realizar los cambios establecidos en los insumos quimicos, y en la operatividad. De esta forma se recorta el uso de materia prima para la fabricación y los tiempos de exposición de los operarios.

Dado lo anterior, se observa que al cambiar los insumos quimicos y pequeñas modificaciones en el proceso, baja el nivel de riesgo al pasar de critico a una amenaza alta. Sin embargo, sigue siendo una actividad de suma importancia dentro del proceso productivo y de dichas empresas. Lo anterior debería tenerse en cuenta a futuro, ya que pueden aumentar los costos operativos.

6. Conclusiones

Como conclusiones del presente estudio se tienen:

En primer término, de acuerdo a los resultados obtenidos en ambos pilotos, se evidencia que los insumos en el piloto dos, traen mayor beneficio ambiental especialmente y en cuanto a la reducción de las sustancias químicas que se utilizan. Sin embargo, ambos pilotajes, tienen problemas de sólidos y materia orgánica, lo que presupone tratamientos adicionales al agua antes de ser vertida. Asimismo, el comportamiento de los detergentes es variable y en etapas como el desencale se aprecia su aumento. La reducción de cromo es muy buena en particular con el piloto 2, ya que su reducción es significativa hasta del 99% en la etapa del curtido.

En segundo término, en los vertimientos de la empresa objeto de estudio, el valor de DQO es alto debido a la elevada carga orgánica que el pelo genera; para disminuir estos valores en la DQO se debe evitar o disminuir la mezcla de los sólidos con el efluente. Para ello, se pueden usar cribas al final del proceso de pelambre y posteriormente recircular el agua; esta recomendación se puede usar también en todos los vertederos del proceso. Respecto a los otros elementos encontrados como detergentes se pueden usar productos biodegradables como: bactericidas, tenso activos biodegradables y enzimas, estos productos además de disminuir la carga contaminante puede mejorar la calidad de la piel.

En tercer término, en el proceso de desencalado debido a los agentes químicos usados como es el caso de cal, el agua presenta un aumento en la alcalinidad si se tiene en cuenta que este proceso requiere de un pH no mayor a 10, evidenciandose que el valor de dicho parámetro excede el valor máximo permitido por la Norma. Por lo anterior resulta

recomendable eliminar el contenido de amonio en el proceso usando bióxido de carbono, ya que además de disminuir la alcalinidad también disminuye los sólidos disueltos.

En cuarto término, respecto a la concentración de cromo hexavalente en los efluentes, la empresa prestadora del servicio excede el valor máximo permisible; aun así este valor puede ser disminuido y por ello, es recomendable recuperar el cromo precipitándolo con algún agente alcalino y posteriormente disolver hidróxido de sodio para obtener a manera de precipitado la sal de cromo que puede ser reutilizada. Esta medida además de disminuir la contaminación es un beneficio económico para la empresa. De igual manera se pueden reutilizar los residuos generados en el proceso de pelambre como lo es la solución de sulfuro y en el depilado se puede reusar la cal, disminuyendo así los valores de sulfuros. Lo anterior se menciona con el fin de evitar modificaciones al proceso productivo y al producto final, para los casos en los que la implementación de las pruebas piloto no sea posible.

En quinto término, es importante evaluar los resultados y posibles impactos generados por la implementación de los cambios en las materias primas en un plazo mucho mayor que el contemplado por los pilotos estudiados, pues bajo este contexto analizar la viabilidad de su reemplazo puede ser más claro en términos de costos y reducción de cargas contaminantes. La adaptación de las modificaciones al proceso productivo se alcanza de manera gradual y por lo tanto no puede analizarse completamente la incidencia de éstas de forma general y objetiva con la información obtenida hasta el momento; por lo tanto se proponen análisis exhaustivos que implican la realización de otras pruebas piloto.

El trabajo con las comunidades debe ser continuo a lo largo de todo el proceso, incluso en las etapas finales de implementación de la sustitución, pues de ello depende el fortalecimiento de la estrategia, ya que en muchas ocasiones las personas se muestran reticentes a los cambios; sin embargo, en este ámbito en el que se buscan alternativas de solución a los problemas de contaminación generados por las curtiembres, resulta de suma importancia hacer una difusión de la información de forma clara y pertinente.

Por último, los resultados de la matriz de impacto ambiental (Leopold), se observa que al hacer la comparación de las actividades criticas, como lo fue el recurso hidrico, factor social y factor ecónomico, se ve una disminución leve a la linea base de estudio, esto se debe a que son cambios que disminuyen algunos agentes contaminantes, y disminuye la cantidad de insumo químico a utilizar. Sin embargo los datos obtenidos son un buen índicio de un cambio con medidas de corto plazo.

7. Recomendaciones

En primer lugar, según las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas a los efluentes de los distintos procesos húmedos, se encuentra que los parámetros objeto de reducción son en primer lugar: pH, solidos sedimentables, DQO, detergentes, sulfuros y cromo hexavalente.

Debido a las concentraciones elevadas en las que se encuentran estos contaminantes se toman las consideraciones pertinentes para la implementación de pruebas piloto que prioricen los esfuerzos en ellos. La implementación de nuevos insumos en el proceso productivo, así como la ligera modificación de partes del mismo genera, una mejora en la calidad de los vertimientos producto del proceso de curtido de pieles, lo que en muchos de los parámetros permite que se cumpla la normatividad respecto a valores máximos permitidos.

Esto quiere decir que para una actividad económica tan extendida como las curtiembres sí hay alternativas de solución fácilmente aplicables y reproducibles que permiten reducir los impactos ambientales y mejorar la imagen de las mismas en este ámbito, pues el beneficio no es sólo para los dueños de la empresa, sino y principalmente para la comunidad en general.

En segundo lugar, es sugerente realizar algunos muestreos adicionales en condiciones totalmente similares, cada vez como el uso de los mismos fulones para evitar posibles alteraciones de los valores por aspectos diferentes a los que se desea estudiar.

En tercer lugar, siendo el sector el mayor generador de cargas residuales de cromo total sobre el río Tunjuelo, se sugiere evaluar el comportamiento (transporte, sedimentación, acumulación y biodegradación) y efectos ambientales del este en el Río Tunjuelo.

En cuarto lugar, se sugiere fortalecer el balance de materia realizado, incorporando la información recopilada por los indicadores de control, teniendo en cuenta que los procesos de transformación de pieles y la producción del sector son variables.

Una última recomendación consiste en evitar posibles errores en la toma de muestras y en el desarrollo de los análisis, ya que éstos pueden conducir a la obtención de resultados equívocos en la caracterización. Aunque su impacto no es altamente significativo, se pueden efectuar mejoras en los procedimientos que conduzcan al perfeccionamiento de la ejecución de dicha labor.

Reconociendo los procesos de la empresa y sus horas productivas se define el tipo de muestreo a llevar a cabo para tener como resultado una muestra representativa.

8. Presupuesto

presupuesto anteproyecto									
costos directos del anteproyecto									
código	**rubro**	**descripción**	**financiación**		**contrapartida ($)**		**subtotal**	**i.v.a.**	**total**
			propios	**externos**	**dinero**	**especie**			
1.1	bolsas plásticas	10 paquetes	x		x		$ 22.000	$ 4.180	$ 26.180
1.2	caracterización fisicoquímica	5	x		x		$ 1.500.000	$ 320.000	$ 1.820.000
1.3	folders	6 unidades	x		x		$ 24.000	$ 4.560	$ 28.560
1.4	carpetas (carta)	50 unidades	x		x		$ 25.000	$ 4.750	$ 29.750
1.5	proyector	1 unidad	x		x		$ 300.000	$ 57.000	$ 357.000
1.6	caja de esferos	1 unidad	x		x		$ 15.000	$ 2.850	$ 17.850
1.7	tapa bocas	1 caja	x		x		$ 10.000	$ 1.900	$ 11.900
1.8	gafas laboratorio	1 unidad	x		x		$ 5.000	$ 950	$ 5.950
1.9	Guantes	1 unidad	x		x		$ 15.000	$ 2.850	$ 17.850
subtotal materiales e insumos							**$ 1.916.000**	**$ 399.040**	**$ 2.315.040**

costos indirectos del anteproyecto									
3	Transporte	60 pasajes	x		x		$340.200,00	$79.800,00	$420.000,00
3.1	Folders	4 unidades	x		x		$16.200,00	$3.800,00	$20.000,00
3.2	Papelería	1	x		x		$12.150,00	$2.850,00	$15.000,00
3.3	guantes látex	2 cajas	x		x		$24.300,00	$5.700,00	$30.000,00
3.4	Tapabocas	1 caja	x		x		$8.100,00	$1.900,00	$10.000,00
3.5	gafas de seguridad	4 unidades	x		x		$11.340,00	$2.660,00	$14.000,00
3.6	Viáticos	30	x		x		$243.000,00	$57.000,00	$300.000,00
subtotal de costos indirectos							**$655.290,00**	**$153.710,00**	**$809.000,00**

total de proyecto	$2.571.290,00	$552.750,00	**$3.124.040,00**

9. Bibliografía

9.1 libros

Artuz, l. e. (2006). *Las industrias de curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá.* Bogotá.

Boleda, Portavella, Adzet y Lluch. (2007). *Tecnología Química del Cuero Gratacos.* España

Camara de Comercio de Bogotá. (2006). Balance tecnológico de la cadena productiva marroquineria en Bogotá y Cundinamarca. Bogotá D.C.

Campo, N. B. (2011). Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembres. *Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales* , 25-31.

Coorporación Autonoma Regional de Cundinamarca . (24 de junio de 2010). *IN-03 Cartilla de producción mas limpia en curtiembres.* Obtenido de https://www.car.gov.co/tools/marco.php?idcategoria=21705

Gómez, M. a. (2015). curtir el cuero, arte que se concentra en Bogotá. Plaza Capital, edición 32.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). toma de muestra de agua residual verción 7. Bogotá11

9.2 cibergrafía

arango escobar, c. a., & alzate tejada, a. m. (2004).P*proyecto gestión ambiental en la industria de curtiembre en colombia.* centro nacional de producción más limpia. obtenido de http://www.sirac.info/curtiembres/html/archivos/publicaciones/estrategiasdiagnostico.pdf

CAR. (marzo de 2009). *cartilla de producción más limpia en colombia* . obtenido de guía práctica para la capacitación de empresarios y trabajadores de la industria curtidora: http://www.idea.unal.edu.co/proyectos/switch/documentos/cartilla_PML%20curtiembres.pdf

_____. (1994). Curtiembres, la mayor contaminación. En prensa. 26 de febrero de 1994. El Tiempo.

Lampartheim, G. J. (2000). Posibles fallas en el cuero y su producción. Alemania.

Leopold. (2010). Matriz de Impacto Ambiental . en *Leopold* (págs. 20-56). españa: Colores .

Metropolitana, c. n.-r. (junio de 1999). *guia para el control y prevencion de la contaminacion industrial.* obtenido de http://www.sinia.cl/1292/articles-39927_recurso_1.pdf

Ministerio de Ambiente, V. Y. (31 de octubre de 2003). *diario oficial 45357 de octubre 31 de 2003.* obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=15073

sobre bases generales del medio ambiente modificada por la ley 20.173 2007 . (27 de marzo de 2007). obtenido de ley 19.300 : http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1370463346ley19300.pdf

sostenible, ministerio de ambiente y desarrollo. (17 de marzo de 2016). obtenido de resolución 0631: http://www.andi.com.co/ambiental/siteassets/res631vertimientos.pdf

Van Hoof, B. (2003). necesidades de bienes y servicios ambientales de las pymes en colombia: identificación y diagnóstico. santiago de chile: naciones unidas.

Carlos Humberto Torres, M. E. (2006). evaluación del daño en el adn y vigilancia biológica de la exposición laboral a solventes orgánicos. Bogotá, d.c., colombia.cpl. (febrero de 2004). sistema interactivo de referenciación ambiental sectorial. recuperado el 3 de abril de 2016, de http://www.sirac.info/curtiembres/html/archivos/publicaciones/sirac%20curtiembres.pdf

IDEAM. (2007). toma de muestras de agua residuales. Bogotá.

IDEAM. (s.f.). *ideam.* obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/toma_muestras_aguasresiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428

Méndez, R. (2007). producción limpia en la industria de curtiembre. santiago de compostela: universidad de santiago de compostela.

Minambiente. (17 de marzo de 2015). resolución 0631. obtenido de por la cual se establecen los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales: http://www.andi.com.co/ambiental/siteassets/res631vertimientos.pdf

Nullvalue. (26 de febrero de 1994). curtiembres, la mayor contaminación. periodico el tiempo. quintero, d. s. (2007). universidad tecnologica de pereira. recuperado el 2 de abril de 2016, de plan de gestión integral de residuos peligrosos y programa de educación ambiental:http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/803/1/62844g984pg.pdf

Tribunal Administrativo de Cundinamarca. Recursos de apelación interpuestos contra las providencias de 25 de agosto y su complementaria de 16 de septiembre de 2004 proferidas por la sección cuarta, subsección “b”, del Tribunal Administrativo de Cundinamarca., ap-25000-23-27-000-2001-90479-01 (consejo de estado 28 de marzo de 2014).

10. Anexos

Antek

IDEAM

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11596-15

Bogota D.C., Diciembre 19 de 2015

Pagina 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
INDUSTRIA DE CURTIDOS LA SABANA - SAN BENITO ADRIANA ISABEL PINZON MUÑOZ CALLE 59 A No. 18C-39 / BARRIO SAN BENITO 3134222672 adriana.munoz@ambientebogota.gov.co	PRODUCTOMATRIZ: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5,7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 4539 IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.E. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: CALLE 59A SUR No 18 C -39 /BARRIO SAN BENITO / BOGOTA D.C TIPO DE MUESTREO: PUNTUAL

FECHA DE MUESTREO: 2015-12-02 FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-12-03 FECHA DE ANALISIS: 2015-12-03 AL 2015-12-12

Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	PELAMBRE
				ANTEK 163936
HORA	h.	---		04:00
TEMPERATURA MUESTRA	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	15,3
pH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	7,24
CAUDAL	L/s	VOLUMETRICO	GUIA PARA EL MONITOREO DE VERTIMIENTOS. CAPITULO 4 IDEAM. 2005	*
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 436nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	223
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 525nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	133
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 620nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	105
SULFUROS	mg/L S-2	YODOMETRICO	SM 4500- S2 F	52,1
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACION - FOTOMETRICO DIRECTO	SM 5530 B - SM 5530 D	<0,100
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L - h	VOLUMETRICO - CONO IMHOFF	SM 2540 F	60
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	32 200
DBO5	mg/L O2	INCUBACION 5 DIAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	10 600
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	27 500
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3500 E - SM 3111 D	<0,109
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	**
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 5520 C	47,2

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A.: ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA * NOTA: NO ES POSIBLE REALIZAR LA MEDICION DE CAUDAL, DEBIDO A LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA EL PUNTO DE MONITOREO. ** NOTA: LA MUESTRA PRESENTA INTERFERENCIA DE COLOR PARA EL METODO DE SAAM.

OBSERVACIONES:
METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM-SIC. CUYA NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION - FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 17 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCEN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - CERTIFICADO ANALISIS DE AGUA PARA LA INDUSTRIA

REVISO
P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO
P.Q.I. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Tecnica y Laboratorio

FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-11596-15

Calle 25B No. 85B - 54. Bogota, D.C. - Colombia. PBX (57) 1 - 295 2333
anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com

RT-6.10-06 V.2

Antek

IDEAM

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11594-15

Bogota D.C., Diciembre 29 de 2015

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
INDUSTRIA DE CURTIDOS LA SABANA - SAN BENITO ADRIANA ISABEL PINZON MUÑOZ CALLE 59 A No. 18C-39 / BARRIO SAN BENITO 3134222672 adriana.munoz@ambientebogota.gov.co	PRODUCTOMATRIZ: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5,7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 4539 IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.E. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: CALLE 59A SUR No 18 C -39/BARRIO SAN BENITO / BOGOTA D.C TIPO DE MUESTREO: PUNTUAL

FECHA DE MUESTREO: 2015-12-02 FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-12-03 FECHA DE ANALISIS: 2015-12-03 AL 2015-12-12

Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	CURTIDO
				ANTEK 163932
HORA	h.	----		07:00
TEMPERATURA MUESTRA	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	28,5
pH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	3,87
CAUDAL	L/s	VOLUMETRICO	GUIA PARA EL MONITOREO DE VERTIMENTOS. CAPITULO 4 IDEAM. 2005	*
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 436nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	210
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 525nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	128
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 620nm	ABSORBANCIA (m-1)	ESPECTROFOTOMETRICO - DIFERENTES LONGITUDES DE OND	SM 2120 D	101
SULFUROS	mg/L S-2	YODOMETRICO	SM 4500- S2 F	7,15
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACION - FOTOMETRICO DIRECTO	SM 5530 B - SM 5530 D	<0,100
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L - h	VOLUMETRICO - CONO IMHOFF	SM 2540 F	180
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	772
DBO5	mg/L O2	INCUBACION 5 DIAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	1 020
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	2 330
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	374
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	2,52

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A.: ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA * NOTA: NO SE REALIZA LA MEDICION DE CAUDAL, DEBIDO A LAS CONDICIONES DEL SISTEMA, YA QUE LA DESCARGA ES INDUCIDA.

OBSERVACIONES:
METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION. FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION). EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 17 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PROPORCIONAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

REVISO

P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

P.Q.I. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Tecnica y Laboratorio