

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Química y Textil



INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN CURTIEMBRE EN EL ÁREA DE PELAMBRE”

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

Elaborado por

PEDRO EDWIN CCALLA CRUZ

 0009-0009-6232-8419

Asesor

Ing. Luis Miguel Sierra Flores

 0000-0002-6417-5307

TOMO I DE I

LIMA – PERÚ

2024

Citar / How to cite	Vega Z., L. P. (2014) [1]
Referencia/Reference	[1] En su investigación del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina con hidróxido de calcio [tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina].
Estilo / Style	
IEEE	
Citar / How to cite	Vega Z., L. P. (2014) [1]
Referencia/Reference	[1] En su investigación del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina con hidróxido de calcio [tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina].
Estilo / Style	
APA 7ma ed	
Citar / How to cite	Coba U., E. J. J. y Rodríguez T., J. (2018) [1]
Referencia/Reference	[1] <u>Efecto de la concentración del hidróxido de calcio en la obtención de queratina de pelo vacuno de la curtiembre ecológica del Norte EIRL</u> [tesis de ingeniería, Universidad César Vallejo].
Estilo / Style	
IEEE	
Citar / How to cite	Coba U., E. J. J. y Rodríguez T., J. (2018) [1]
Referencia/Reference	[1] <u>Efecto de la concentración del hidróxido de calcio en la obtención de queratina de pelo vacuno de la curtiembre ecológica del Norte EIRL</u> [tesis de ingeniería, Universidad César Vallejo].
Estilo / Style	
APA 7ma ed	

DEDICATORIA

A mis padres Leandro y Paulina por su amor, su apoyo y sacrificio por todos estos años, a mis hijas Alejandra y Evangeline, ya que fueron mi motivo para poder superarme como profesional y por todo su apoyo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A SAYVIL S.A.C. por la oportunidad de desarrollo profesional a lo largo de estos
años de mi desempeño profesional.

RESUMEN

La empresa en la cual se realizó el presente trabajo de actividades, se dedica a la curtiduría de pieles de animales, mediante una serie de etapas en el sistema productivo, a partir de la piel de vacuno se obtiene cuero. Las actividades se han centrado en la etapa del pelambre, siendo esta una reacción exotérmica debido a la reactividad de sus componentes. **Objetivo general:** Desarrollar la estrategia para una producción más limpia en una curtiembre en el área del pelambre. **Objetivos específicos:** a) Identificar los efluentes, emisiones y residuos sólidos, contaminantes de una curtiembre en el área del pelambre. b) Calcular el balance de masa en una curtiembre en el área del pelambre. c) Calcular el balance de calor en el área del pelambre. d) Establecer la estrategia para una producción más limpia en una curtiembre en el área del pelambre. **Conclusiones:** a. Se identifica en el efluente: lodos y sanguaza, en residuos sólidos: residuos de piel y pelos, en emisiones: H_2S . b. Se obtiene 4593.84 kg de piel sin pelos. c. El calor del sistema es 50,880.96 calorías.

ABSTRACT

The company in which this research work was carried out is dedicated to the tanning of animal skins, through a series of stages in the production system, leather is obtained from the cowhide. The research has focused on the unhairing stage, this being an exothermic reaction due to the reactivity of its components. General objective: Develop the strategy for cleaner production in a tannery in the unhairing area. Specific objectives: a) Identify the effluents, emissions and solid waste, pollutants of a tannery in the unhairing area. b) Calculate the mass balance in a tannery in the fur area. c) Calculate the heat balance in the hair area. d) Establish the strategy for cleaner production in a tannery in the unhairing area. Conclusions: a. It is identified in the effluent: sludge and blood clots, in solid waste: skin and hair waste, and in emissions: H₂S. b. 4,593.84 kg of skin without hair is obtained. c. The system heat is 50,880.96 calories.

INDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
CAPÍTULO I: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA DONDE LABORÓ COMO BACHILLER.....	11
1.1. Sector industrial al que pertenece	11
1.2. Línea de servicios.....	11
1.3. Cultura organizacional	12
1.3.1 Visión	12
1.3.2 Misión.....	13
1.3.3 Valores.....	13
1.3.4 Políticas	13
1.3.5 Principios para el logro de calidad	14
1.4. Organigrama funcional de la empresa	14
1.5. Normatividad empresarial.....	15
1.6. Sistema de seguridad industrial.....	16
1.7. Gestión de impactos ambientales.....	16
CAPÍTULO II: CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER	18
2.1. Cargo dentro de la organización	18
2.2. Responsabilidades asignadas al cargo desempeñado.....	18
2.3. Personal a cargo y sus responsabilidades.....	18
2.4. Funciones ejecutivas y/o administrativas.....	18
CAPÍTULO III: ACTIVIDAD DESARROLLADAS.....	21
3.1. Actividades de carácter técnico profesional.....	21
3.2. Reportes presentados según actividades realizadas	21
CAPÍTULO IV: CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	24
4.1. Actividades realizadas.....	24
4.2. Cronograma de actividades.....	24
CAPÍTULO V: FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL	26
5.1. Conocimientos académicos para realizar las actividades de carácter técnico profesional.....	26

5.2.	Planteamiento de la realidad problemática	27
5.3.	Antecedentes referenciales.....	29
5.4.	Marco teórico	30
5.4.1	Curtiembre.....	30
5.4.2	Producción más limpia (PML)	31
5.5.	Objetivos de la actividad desarrollada	31
5.6.	Ingeniería de una curtiembre.....	31
5.6.1	Proceso productivo	31
5.6.2	Diagrama de flujo de una curtiembre	32
5.7.	Ingeniería del área del pelambre	33
5.7.1	Diagrama de flujo del pelambre	34
5.7.2	Identificación de materias primas en el pelambre	34
5.7.3	Identificación de insumos en el pelambre	37
5.7.4	Características ingenieriles en el pelambre	41
5.7.5	Proceso productivo del pelambre	41
5.7.6	Identificación de equipos y maquinarias en el pelambre.....	48
5.7.7	Pruebas en laboratorio	53
5.7.8	Balance de masa en el pelambre.....	58
5.7.9	Balance de calor en el pelambre	62
5.8.	Toxicidad de los compuestos del área del pelambre.....	64
5.8.1	Toxicidad de los reactantes.....	64
5.8.2	Toxicidad de los productos.....	65
5.9.	Componente ambiental del área del pelambre	66
5.9.1	Identificación de residuos sólidos del pelambre.....	66
5.9.2	Identificación del efluente del pelambre	66
5.9.3	Identificación de emisiones del pelambre	66
5.10.	Producción más limpia en el pelambre	67
5.10.1	Mitigación de impactos de los reactantes.....	67
5.10.2	Mitigación de impactos de los productos	69
5.10.3	Tratamiento de residuos sólidos del pelambre	70
5.10.4	Tratamiento del efluente del pelambre.....	74
5.10.5	Tratamiento de emisiones del pelambre.....	76
5.10.6	Medidas de prevención y control adecuados.....	77
5.10.7	Características de los EPP	78

5.10.8 Programa de vigilancia médica para monitorear la salud.....	79
5.11 Análisis de resultados.....	80
5.12 Evaluación y decisiones tomadas.....	81
CAPÍTULO VI: CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE LA EMPRESA	84
6.1 Actividades de innovación realizadas como bachiller	84
6.2 Participación en unidades o grupos de seguridad industrial	84
6.3 Actividades de representación de la empresa	86
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7.1. Conclusiones	88
7.2. Recomendaciones.....	88
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Informes presentados según actividad	21
Tabla 2 Propiedades físicas del óxido de calcio	38
Tabla 3 Propiedades químicas del óxido de calcio	38
Tabla 4 Propiedades físicas del sulfuro de sodio	40
Tabla 5 Propiedades químicas del sulfuro de sodio	40
Tabla 6 Dimensionamiento del botal	48
Tabla 7 Material del botal	49
Tabla 8 Dimensionamiento de la cremallera.....	50
Tabla 9 Dimensionamiento del motoreductor del botal.....	51
Tabla 10 Requerimiento eléctrico del botal	52
Tabla 11 Balance de masa de pieles en prueba piloto.....	55
Tabla 12 Balance de masa de pelo/piel en prueba piloto.....	56
Tabla 13 Etapas del pelambre	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama funcional de INVERSIONES SAYVIL S.A.C.....	15
Figura 2 Cronograma de actividades	25
Figura 3 Diagrama de flujo de una curtiembre	33
Figura 4 Diagrama de flujo del pelambre	34
Figura 5 Piel limpia.....	35
Figura 6 Agua de pozo.....	36
Figura 7 Tesista muestrando el agua de pozo	37
Figura 8 Bolsa de óxido de calcio industrial.....	38
Figura 9 Bolsa de sulfuro de sodio industrial	40
Figura 10 Piel con pelo antes de ingresar al botal	41
Figura 11 Ingreso de las pieles con pelo al botal	42
Figura 12 Ingreso del agua al botal.....	42
Figura 13 Ingreso de la cal al botal.....	43
Figura 14 Ingreso del sulfuro al botal	43
Figura 15 Tarugos internos en el botal	44
Figura 16 Compuerta del botal	45
Figura 17 Ingreso de agua para el lavado, línea de alimentación de agua para el botal	46
Figura 18 Eliminación del agua de lavado.....	47
Figura 19 Producto de salida: cuero sin pelo	47
Figura 20 Botal para el proceso del pelambre	48
Figura 21 Material del botal.....	49
Figura 22 Cremallera	50
Figura 23 Motoreductor del botal	51
Figura 24 Tablero eléctrico del botal.....	52
Figura 25 Sistema de arranque eléctrico estrella-triángulo	53
Figura 26 Piel antes de ingresar a la etapa de pelambre	54
Figura 27 Piel después de salir de la etapa de pelambre.....	55
Figura 28 Tesista realizando las pruebas piloto.....	56
Figura 29 Muestra de cal industrial	58
Figura 30 Muestra de sulfuro industrial.....	60
Figura 31 Capacitación individual sobre EPP al personal.....	86

CAPÍTULO I:

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA DONDE LABORÓ COMO BACHILLER

1.1. Sector industrial al que pertenece

Datos de la empresa

- Nombre de la empresa: INVERSIONES SAYVIL S.A.C.
- RUC: 20515406973
- Inicio de operaciones: 12/03/2007
- Dirección: Jirón Manco Inca N° 825, Rímac, Lima, Lima
- Central telefónica: 995 061 478

Reseña empresarial de la empresa

INVERSIONES SAYVIL S.A.C., es una empresa con inversionistas peruanos, que se dedica a realizar el curtido en pieles de animales en cuero.

Sector industrial al que pertenece

La empresa pertenece al sector curtiduría en pieles de animales.

En la empresa se lleva a cabo el proceso que permite transformar la piel de un animal en cuero. Este procedimiento se realiza en varias etapas, y las etapas están en función al destino del cuero (Capítulo 1.2.2).

1.2. Línea de servicios

- Empresa peruana especializada en la transformación de pieles a nivel industrial y comercial.
- Cuenta con las maquinarias especializadas para la transformación de las pieles para uso en calzado, carteras, correas, entre otros.
- Cuenta con un gran equipo humano capacitado, que les permite transformar desde pequeñas hasta grandes cantidades de pieles.
- Se realiza servicios en todas las etapas que se requiere desde la concepción, ingeniería,

control de calidad, y comercialización.

1.2.1 Tipos de procesos

- Cueros.
- Suela.
- Suelilla.
- Badanas.
- Suela cromo.
- Cogotes.
- Carnazas.
- Suela vira (correas).
- Cachetes (retazos de suela).
- Grupon (suela cortada en forma rectangular).

1.2.2 Tipos de productos

- La empresa no elabora productos terminados.
- La empresa presta servicios de diferente tipo (Capítulo 1.2) en el cual realiza el servicio de curtido en pieles de animales, mediante diferentes procesos productivos (Capítulo 1.2.1), y estos a su vez, son empleados por otras empresas, como materia prima para:
 - Zapatos,
 - Carteras,
 - Portadas de libros,
 - Carta de platos en restaurantes,
 - Casacas de cuero,
 - Artesanías,
 - Etc.

1.3. Cultura organizacional

1.3.1 Visión

Desde el 2007

Ser son una empresa reconocida en el sector de la industria de curtiduría a nivel

nacional, logrando una plena satisfacción del cliente, conservación del medio ambiente y con un personal comprometido con su logro.

Aspiramos a ser una curtiembre que satisfaga las necesidades de nuestros clientes, con productos reconocidos por sus acabados novedosos y calidad.

1.3.2 Misión

Producir y comercializar cueros de la más alta calidad con procesos y tecnología de punta e insumos amigables con el medio ambiente, para poder lograr la satisfacción del cliente.

1.3.3 Valores

- Liderazgo.
- Pasión.
- Compromiso.
- Orgullo.

1.3.4 Políticas

Las políticas de empresa son normas internas que tienen como objetivo regular y definir las reglas internas de funcionamiento de la organización. Describen las responsabilidades de los empleadores y la alta dirección, así como de los empleados en todos los niveles de la jerarquía.

Política de gestión integrada (Calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente):

- La empresa brinda productos de muy buena calidad tanto para el área de calzado, artesanías y otros.
- Satisfacer los requerimientos de nuestros clientes, entregando productos de calidad.
- Proteger a todos los miembros de la organización en seguridad, salud y medio ambiente, la prevención de lesiones, enfermedades e incidentes relacionados con el trabajo.
- Cumplir con la legislación aplicable, normas y otros requisitos en materia de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional asumidos por la empresa para establecer medidas necesarias de prevención.
- Implementar y mantener un sistema de mejora continua en sus productos, procesos y procedimientos establecidos en nuestro sistema de gestión de calidad, medio ambiental, seguridad y salud ocupacional.

1.3.5 Principios para el logro de calidad

La gerencia se asegura de planificar el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), para lo cual, cumple con la prescripción de la Norma ISO 9001:2008 mediante la elaboración del “Manual del sistema de gestión de calidad (ACC-MAN-0001)” y al planificar o implementar cambios, se asegura de mantener su integridad cumpliendo lo descrito en un manual. La planificación de los objetivos de la empresa se describe en “objetivos específicos”, en el que se detalla las actividades y las áreas responsables para llevar a cabo los objetivos propuestos. Se implementa la gestión de calidad total en la empresa, lo que significa que todos los empleados de la entidad, desde diseño, desarrollo hasta fabricación y logística, son responsables de mejorar las operaciones, en la que la gestión es un método que se implementa como si fuera un trabajo centralizado. La gerencia debe proporcionar financiamiento continuo, capacitación, mano de obra y objetivos claramente definidos para administrar activamente la calidad del servicio. Alcanzar la calidad en la curtiduría es importante para garantizar los estándares y requisitos del cliente y la producción de cueros cumpliendo con la normatividad vigente.

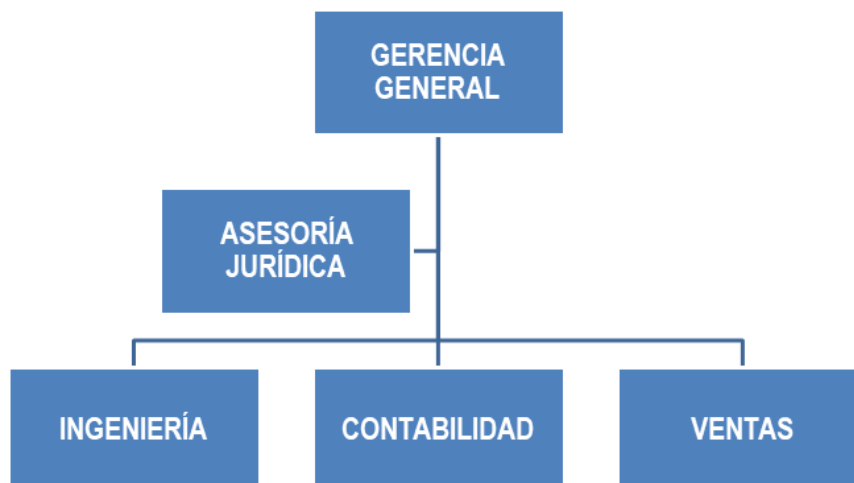
1.4. Organigrama funcional de la empresa

El organigrama es la estructura de una empresa, representa la estructura administrativa de esta, tiene una representación gráfica (**Figura 1**), en la cual se incluye la jerarquía de la empresa y se utiliza para mostrar el grado de autoridad de cada uno de los departamentos y roles de la compañía.

La articulación horizontal del organigrama es fundamental, si bien es cierto que la jerarquía tiene una línea vertical, pero, las áreas deben de trabajar de forma conjunta y concatenada.

Figura 1

Organigrama funcional de INVERSIONES SAYVIL S.A.C.



Nota. Cortesía de la empresa INVERSIONES SAYVIL S.A.C.

1.5. Normatividad empresarial

- La normatividad empresarial de INVERSIONES SAYVIL S.A.C. es el conjunto de normas que hay dentro de la organización, cuya función es la de regular los comportamientos y las conductas existentes.
- La normatividad empresarial de INVERSIONES SAYVIL S.A.C. se encuentra descrita en el Reglamento Interno de Trabajo (RITA) establece las normas de comportamiento laboral obligatorio para todos los trabajadores de la empresa, desde el día de su ingreso, independientemente de la ubicación, cargo, categoría o grado jerárquico.
- Las normas que contiene el RITA no implican restricciones a la facultad administrativa de INVERSIONES SAYVIL S.A.C. de organizar sus actividades, de fiscalizar el cumplimiento de trabajo y de aplicar las sanciones que correspondan.
- Sus normas tampoco reemplazan las obligaciones específicas de cada trabajador, por razón del cargo que desempeñe como ni implican variación de las disposiciones legales vigentes.
- El propósito esencial de INVERSIONES SAYVIL S.A.C. es lograr la más alta productividad laboral alentando el desarrollo personal promoción por méritos, reconocimiento del esfuerzo personal y técnico, procurando el fortalecimiento de los vínculos entre los trabajadores y la empresa, bajo la mayor armonía laboral, sobre la base de la buena fe y el respeto recíproco en el desarrollo de las reales relaciones laborales.

1.6. Sistema de seguridad industrial

- El sistema de seguridad industrial de INVERSIONES SAYVIL S.A.C., se orienta en salvaguardar la integridad física y la salud del personal de la entidad, a partir de la prevención, identificación, evaluación y corrección de los riesgos a los que están expuestos los colaboradores en su trabajo.
- El sistema de seguridad industrial de INVERSIONES SAYVIL S.A.C., fomenta la disciplina que tiene como objetivo la prevención de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, reside en desarrollar un proceso lógico y un proceso paso a paso basado en la mejora continua.
- Uno de los objetivos principales de INVERSIONES SAYVIL S.A.C. consiste en promover dentro de sus grupos ocupacionales una cultura de prevención en riesgos laborales que atentan en contra de la integridad física de sus trabajadores.
- Propiciar el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo mediante el desarrollo de módulos de capacitación específica en torno a sus propios riesgos laborales.
- INVERSIONES SAYVIL S.A.C. introdujo los equipos de protección personal, estos son artículos diseñados para proteger a los empleados y trabajadores de accidentes y enfermedades que pueden ocurrir cuando entran en contacto con agentes químicos, incluyendo agentes físicos, eléctricos y/o mecánicos.

1.7. Gestión de impactos ambientales

- INVERSIONES SAYVIL S.A.C. tiene establecidos los procedimientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente apropiados para la adecuada gestión de los productos químicos; desde el proceso de adquisición, hasta su disposición final y/o temporal.
- INVERSIONES SAYVIL S.A.C. garantiza la correcta manipulación, almacenamiento y transporte de dichos productos químicos, cuyo alcance comprende que todos los trabajadores involucrados en la adquisición, manipulación, transporte, almacenamiento y disposición de productos químicos.
- INVERSIONES SAYVIL S.A.C. tiene establecido un procedimiento para lograr una

gestión adecuada de los residuos tanto peligrosos como no peligrosos, con el fin de prevenir la contaminación del medio ambiente por efecto de estos y cualquier riesgo en la salud de los trabajadores de la empresa y de las personas en general.

CAPÍTULO II: CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER

2.1. Cargo dentro de la organización

El cargo desempeñado dentro de la empresa es el de ingeniero de proceso, responsable del proceso productivo de la curtiembre.

2.2. Responsabilidades asignadas al cargo desempeñado

- Seguimiento en cada etapa del proceso en todas las áreas.
- Organización de información.
- Manejo de control documentario.
- Desarrollo de pilotajes de nuevas tecnologías.
- Participación en las reuniones de traspaso de información al inicio al inicio de un proyecto con la finalidad de que se cumplan los objetivos y fechas establecidas.
- Coordinar y realizar el seguimiento del avance de las diferentes áreas durante la ejecución de la producción.
- Presentar oportunamente y según se requiera, informes detallados del avance de la producción.
- Control de SOMA.

2.3. Personal a cargo y sus responsabilidades

Asistente y/o practicante del área de ejecución de procesos y coordinación con personal técnico para programación de actividades, durante el proceso de producción de las diferentes áreas, coordina la ejecución de la seguridad y salud ocupacional.

2.4. Funciones ejecutivas y/o administrativas

- Dirigir reuniones de inicio de procesos y traspaso de información para nuevos métodos de proceso de pieles. En esta actividad se realiza la convocatoria a las distintas áreas involucradas en la ejecución para un nuevo proceso. La reunión se realiza en forma

presencial, algunos de los puntos más importantes a tratar son los acuerdos de traspaso de información, tiempo de entrega, presupuesto general, acuerdos generales y nuevo proceso de acabado, se establece acta de traspaso de información.

- Participación en reuniones con gerencia, esta actividad comprende la participación en la reunión para un inicio nuevo de producción, con la calidad deseada por el departamento de ventas, el tiempo de entrega desde la recepción de la materia prima, además del costo de producción de los materiales químicos y tiempo en la maquinaria que se necesitara para el producto terminado. De igual forma, se establece las pautas principales para el control documentario, actividades de seguimiento de producción y acuerdos generales.
- Elaboración de cronograma de producción, luego de realizadas la reunión de inicio de producción en la reunión. Se elabora un cronograma de producción teniendo en cuenta los tiempos de entrega, el cronograma es revisado y actualizado 2 veces por semana.
- Elaboración de documentos de gestión, esta actividad comprende la elaboración de acta de constitución, reuniones con gerencia, acta de traspaso información, acta de alcance de producción, etc. También el tiempo incluye el cronograma detallado de cada proceso, su tiempo de producción, este tiempo puede variar dependiendo del producto terminado y de la cantidad del material además del tamaño de cada piel.
- Revisión de la información transferida, luego de recibir el traspaso de información del área de ventas se revisan los aspectos principales considerando la calidad de producto deseado por el área de ventas y el tipo de producto deseado. Se revisa el producto deseado y se pone en cola de producción. El orden de atención de cada producto puede variar según el tiempo de entrega estimado.
- Gestión de compras, comprende la elaboración del cronograma de compra de suministros de los principales procesos considerando los costos, presupuestos, tiempo de entrega, penalidades y contingencias propias de cada producto, esta etapa también comprende la elaboración de las solicitudes de compras locales e importaciones búsqueda y evaluación técnica de nuevos proveedores los cuales posteriormente son evaluados financieramente por gerencia.
- Gestión de recursos, el cronograma de producción es elaborado en coordinación con las áreas de cada proceso, pelambre, dividido, curtido, carpeteado, planchado y gerencia por lo que la asignación de recursos también es evaluado y definido al inicio de cada producción teniendo en cuenta disponibilidad de personal infraestructura y/o

necesidad de nuevos elementos.

- Gestionar reuniones, de seguimiento organizar y/o participar en reuniones de seguimiento reproducción con cada jefe de área para revisar avances con el área de ventas.
- Gestión de costos durante la ejecución del proceso se realiza la evaluación de los costos y el presupuesto del proceso para verificar el desempeño del proceso.
- Elaboración de informes semanales quincenales y mensuales según se vaya terminando cada producto; se realizan informes de avance de producción con el fin de informar a los interesados y evaluar la necesidad de ajuste.
- Revisión de documentación relacionada al desarrollo de una producción, como nueva formulación menos costosa, menor tiempo maquinaria entre otros.
- Supervisión del control documentario de la producción
- Coordinación con área de almacén para el correcto despacho de los productos hacia el área de ventas.
- Coordinación con área de almacén para el correcto despacho de los insumos químicos suministrados para una producción.
- Coordinación con gerencia, acerca de la seguridad industrial para la elaboración de requisitos y permisos de personal. como exámenes médicos. charlas de seguridad. procedimientos escritos de trabajo entre otros.
- Coordinaciones con cada jefe de área para el inicio de producción.
- Control de calidad al producto terminado, el cual debe ser detallado tanto como el color el grosor y el peso.
- Cotización de insumos químicos, se realiza la elaboración de la propuesta técnica económica en base área de ventas teniendo en cuenta el tipo de producto deseado y la tecnología a usar más apropiada, así como tiempos de entrega.
- Control documentario de producción.
- Cotización para mantenimiento de equipos y la adquisición de nuevos equipos.
- Elaboración de diagramas de flujo elaboración, de balance de masa mediante software Excel, especificaciones técnicas, filosofías de operación y manuales de operación y mantenimiento.
- Elaboración de cuadros de ventas anuales para gerencia de ventas y proyectos.
- Elaboración de informes semanales y reportes fotográficos.

CAPÍTULO III: ACTIVIDAD DESARROLLADAS

3.1. Actividades de carácter técnico profesional

- Manipulación de ácidos.
- Manipulación de bases.
- Conocimientos en pH.
- Manipulación de productos controlados.
- Normas ISO 17025

3.2. Reportes presentados según actividades realizadas

Tabla 1

Informes presentados según actividad

Proceso	Tipo de servicio	Cargo	Periodo de tiempo
Salado	Suela	Asistente	1/09/2015 - 30/09/2015
Remojo	Suela	Asistente	1/10/2015 - 31/10/2015
Pelambre	Suela	Asistente	1/11/2015 - 30/11/2015
Descarnado	Suela	Asistente	1/12/2015 - 31/12/2015
Dividido	Suela	Asistente	1/01/2016 - 31/01/2016
Desencalado	Suela	Asistente	1/02/2016 - 29/02/2016
Piquelado	Suela	Asistente	1/03/2016 - 31/03/2016
Curtido	Suela	Asistente	1/04/2016 - 30/04/2016
Escurreado	Suela	Asistente	1/05/2016 - 31/05/2016
Blanqueado	Suela	Asistente	1/06/2016 - 30/06/2016
Colgado	Suela	Asistente	1/07/2016 - 31/07/2016
Carpeteado	Suela	Asistente	1/08/2016 - 31/08/2016
Planchado	Suela	Asistente	1/09/2016 - 30/09/2016
Salado / Remojo / Pelambre	Suela	Ingeniero de procesos	1/10/2016 - 31/10/2016
	Suela	Ingeniero de procesos	1/11/2016 - 30/11/2016
	Suela	Ingeniero de procesos	1/12/2016 - 31/12/2016
Descarnado / Dividido /	Suela	Ingeniero de procesos	1/01/2017 - 31/01/2017
Desencalado	Suela	Ingeniero de procesos	1/02/2017 - 28/02/2017

Continuación de la Tabla 1

Proceso	Tipo de servicio	Cargo	Periodo de tiempo
Piquelado / Curtido / Ecurrido	Suela	Ingeniero de procesos	1/03/2017 - 31/03/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/04/2017 - 30/04/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/05/2017 - 31/05/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/06/2017 - 30/06/2017
Blanqueado / Colgado / Carpeteado / Planchado	Suela	Ingeniero de procesos	1/07/2017 - 31/07/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/08/2017 - 31/08/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/09/2017 - 30/09/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/10/2017 - 31/10/2017
Salado / Remojo / Pelambre / Descarnado / Dividido / Desencarnado	Suela	Ingeniero de procesos	1/11/2017 - 30/11/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/12/2017 - 31/12/2017
	Suela	Ingeniero de procesos	1/01/2018 - 31/01/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/02/2018 - 29/02/2018
Piquelado / Curtido / Ecurrido / Blanqueado / Colgado / Carpeteado	Suela	Ingeniero de procesos	1/03/2018 - 31/03/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/04/2018 - 30/04/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/05/2018 - 31/05/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/06/2018 - 30/06/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/07/2018 - 31/07/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/08/2018 - 31/08/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/09/2018 - 30/09/2018
	Suela	Ingeniero de procesos	1/10/2018 - 31/10/2018
Salado / Remojo / Pelambre / Descarnado / Dividido / Desencarnado	Suela	Supervisor	1/11/2018 - 30/11/2018
	Suela	Supervisor	1/12/2018 - 31/12/2018
	Suela	Supervisor	1/01/2019 - 31/01/2019
	Suela	Supervisor	1/02/2019 - 29/02/2019
Piquelado / Curtido / Ecurrido / Blanqueado / Colgado / Carpeteado	Suela	Supervisor	1/03/2019 - 31/03/2019
	Suela	Supervisor	1/04/2019 - 30/04/2019
	Suela	Supervisor	1/05/2019 - 31/05/2019
	Suela	Supervisor	1/06/2019 - 30/06/2019
	Suela	Supervisor	1/07/2019 - 31/07/2019

Continuación de la Tabla 1

Proceso	Tipo de servicio	Cargo	Periodo de tiempo
Salado / Remojo / Pelambre / Descarnado / Dividido / Desencarnado	Suela	Supervisor	1/08/2019 - 31/08/2019
	Suela	Supervisor	1/09/2019 - 30/09/2019
	Suela	Supervisor	1/10/2019 - 31/10/2019
	Suela	Supervisor	1/11/2019 - 30/11/2019
	Suela	Supervisor	1/12/2019 - 31/12/2019
	Suela	Supervisor	1/01/2020 - 31/01/2020
	Suela	Supervisor	1/02/2020 - 29/02/2020
	Suela	Supervisor	1/03/2020 - 29/03/2020

CAPÍTULO IV:

CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

4.1. Actividades realizadas

Se realizó las siguientes labores asignadas:

Recepción de pieles; se verificó la cantidad de pieles y la masa de estos, tanto de res como ovino.

El proceso descrito es para que el producto final de suelas para zapatos:

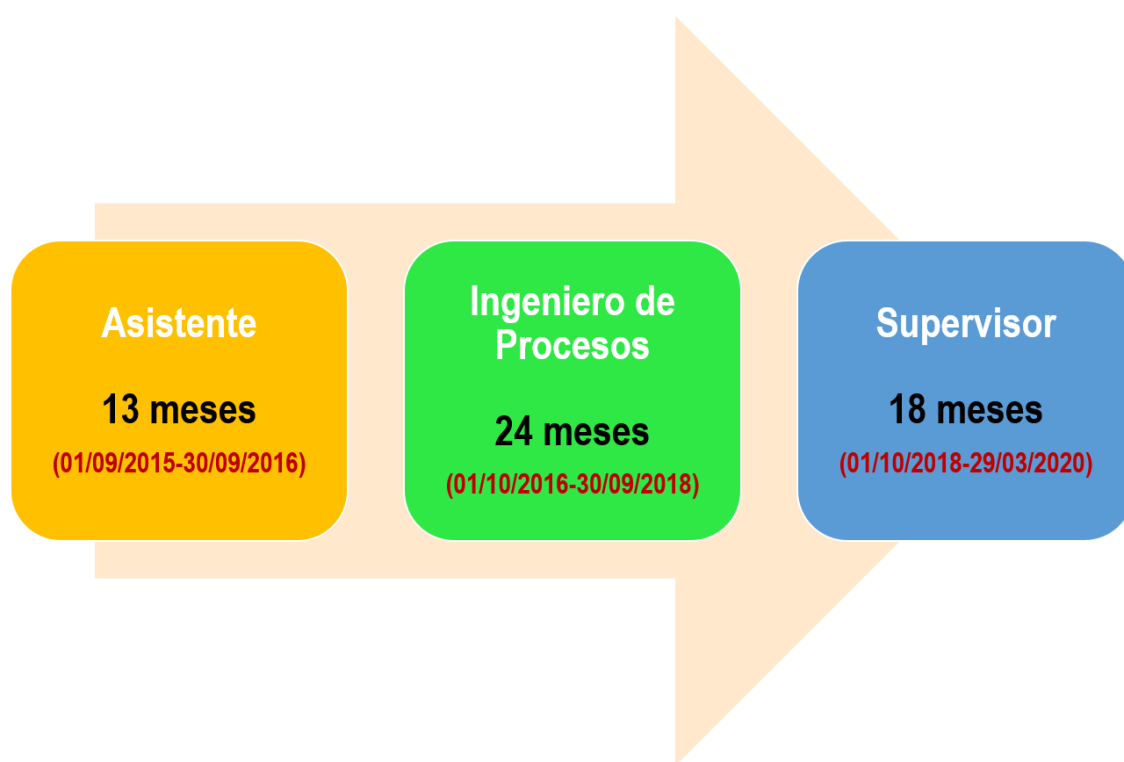
- Salado de pieles.
- Remojo.
- Desalado.
- Pelambre.
- Descarnado.
- Dividido.
- Desencalado.
- Piquelado.
- Curtido.
- Ecurrido.
- Blanqueo.
- Carpeteado.
- Planchado.

4.2. Cronograma de actividades

La Figura 2, muestra el flujograma de los cargos obtenidos en la empresa.

Figura 2

Cronograma de actividades



Nota. Muestra el tiempo recorrido, 55 meses, tiempo en que ocupó varios cargos dentro de la empresa.

CAPÍTULO V:

FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL

5.1. Conocimientos académicos para realizar las actividades de carácter técnico profesional

La carrera profesional de ingeniería química proporciona un amplio conocimiento de los procesos industriales y/o del funcionamiento de procesos en diversos sectores industriales. Las materias obligatorias incluyen ciencias básicas, disciplinas básicas y avanzadas de ingeniería química y materias avanzadas como:

- Cálculos en ingeniería química, ayudan a determinar los flujos masicos, concentraciones, eficiencia entre otros mediante cálculos sencillos.
- Balances de materia y energía, mediante ecuaciones de balance de masa y energía se puede mejorar la eficiencia.
- Termodinámica para ingeniería química, se pudo hallar el calor y la variación de entalpia con estos conocimientos.
- Mecánica y resistencia de los materiales, se pudo organizar mejor el tipo de materiales y la posición en los botes de producción.
- Fenómenos de transporte, me ayudaron a efectuar ciertos cálculos y comportamiento de la materia prima.
- Química inorgánica, un curso muy importante, ya que pude entender diversas ecuaciones químicas en el proceso de curtiembre.
- Química orgánica, se pudo entender la consistencia de la piel.
- Laboratorio de análisis químico cualitativo, se pudo manejar los materiales y su correcto uso.
- Laboratorio de análisis químico cuantitativo, se pudo usar cuanto de material se debe usar en el proceso.
- Laboratorio de físico química, a nivel de laboratorio, se pudo utilizar dichos conocimientos más que nada en la seguridad, para el manejo de material toxico como la neutralización de ácidos.
- Transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa, con estos cursos, se pudo averiguar, cuanto de residuo solido habría y cuanto de energía se libera y necesita cada proceso, además de las presiones en el flujo de agua.

- Industria de los procesos químicos, ayudo a conocer en un principio una industria y estar preparado para el proceso asignado.
- Materiales industriales, nos indicó el tipo de material, el tipo de soldadura que se debe tener en cuenta para el proceso.
- Operaciones en ingeniería química, en la recepción de materia prima, en este caso como el tamaño de partícula necesario para el proceso.
- Corrosión, en este caso nos enseñó cual es el material a usar para las instalaciones donde circula los materiales como el agua.
- Laboratorio de operaciones unitarias, en la parte de agitación y la parte de bombas además del circuito de tuberías.
- Instrumentos de control, se intentó automatizar, aunque no llego a realizarse, pero se dio pautas donde aplicar en el proceso global de producción.
- Economía de los procesos, nos sirvió para saber si el producto es rentable y el costo en cada parte del proceso desde material hasta energía usada.
- Planeamiento y control de la producción, nos ayudó a ahorrar tiempos en la producción, ya muchos de nuestros procesos, es con tiempo limitado y nos ayudó a ordenarnos.
- Higiene Industrial, nos ayudó a clasificar materiales químicos por su toxicidad y como deben de estar almacenados.
- Métodos en ingeniería química, nos ayudó a mejorar la producción en el ordenamiento de los operarios de máquinas.
- Tratamiento de aguas residuales, como se debe almacenar los residuos para su posterior tratamiento.
- Simulación y control de procesos, nos sirvió para controlar mejor los procesos mediante simulaciones.
- Gestión Tecnológica empresarial, nos ayuda a relacionarnos con empresas tanto para la compra de material, maquinaria e insumos químicos, así como para la venta de posibles empresas que deseen el producto final.
- Diseño de plantas, nos ayudó a diseñar procesos mediante nuevas tecnologías.

5.2. Planteamiento de la realidad problemática

En Bangladesh, los trabajadores, incluidos los niños menores de 11 años, en muchas

fábricas de cuero en el área de Hazaribagh en Dhaka, se enferman debido a la exposición a productos químicos peligrosos y resultan heridos en terribles accidentes laborales (Human Rights Watch, 8 de octubre de 2012).

El informe de 101 páginas evidencia las crisis de salud y seguridad para los trabajadores masculinos y femeninos en estas instalaciones, incluidas las enfermedades respiratorias y de la piel por la exposición a los productos químicos para curtir y las amputaciones de extremidades por accidentes con maquinarias peligrosas.

En Paraguay, la Laguna Cerro se hizo conocida internacionalmente hace muchos años debido a la contaminación provocada por una curtiduría que vertía sus desechos al río, que luego se tiñó de rojo. Ahora hay noticias sobre las consecuencias de la sequía (Diario Más Encarnación, 18 de febrero de 2022).

Los vecinos de Limpio Piquete Cué piden al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) que tome medidas inmediatas para proteger la vida de los peces que sobrevivieron en la pequeña área que quedó del agua, y que también se haga una limpieza, porque había restos y mucha tierra que la curtiduría colocó tiempo atrás para hacer una pista y botadero de desechos.

En Colombia, el Ministerio del Medio Ambiente impuso 50 medidas preventivas a la industria de procesamiento de pieles de animales en el sector de San Benito, en el sur de la capital. El procedimiento administrativo se realizó con el apoyo de la policía y la unidad de protección ambiental (Radio Caracol, 27 de setiembre de 2018).

La medida se implementó luego de que se determinara que ninguna de las instalaciones cuenta con los permisos de emisión exigidos por la Agencia Ambiental, las cuales generan emisiones directamente del manejo de aguas servidas no domésticas o industriales, residuos sólidos y peligrosos que ingresan al alcantarillado general, en la red del sector.

En Argentina, el cuero de varias marcas de zapatos y carteras proviene del curtido, que la Autoridad de Aguas de Matanza-Riachuelo ha definido como contaminantes, por lo que la responsabilidad empresarial debe ir más allá del marketing y extenderse a todo el ciclo productivo, a la vida útil de su producto (Lipcovich, 8 de agosto de 2021).

Este país no cuenta con un registro público de las emisiones de cada industria, lo que permitiría a todos los ciudadanos acceder a la información.

En el Perú de hoy, el cuero es considerado casi un artículo de lujo y es reemplazado por materiales que imitan sus propiedades, pero en el pasado esto no era así, el cuero era parte indispensable de la vida cotidiana (Esparza y Gamboa, 2001).

El impacto ambiental de la industria de la curtiduría es igual de contaminante al de las industrias minera y petrolera, metales pesados, sólidos, sales inorgánicas, etc.

En Perú, Trujillo es uno de los lugares que se ha dado a conocer por su especialización en la producción de calzado. El crecimiento de este sector industrial también propició el gran crecimiento de las pequeñas curtidurías, que se consideran las más contaminantes de todas las industrias (Rosner, 2008).

Los efectos ambientales negativos se ven agravados por el hecho de que la mayoría de las curtiembres informales están ubicadas en barrios marginales residenciales, cuya infraestructura no está diseñada para resistir el uso industrial.

Como se textualiza en los párrafos precedentes, la industria curtiembre trata del procesamiento de pieles, usualmente ganado, cuyo proceso, en forma resumida, consiste en retirar el pelo de la piel, curtir con agentes químicos en diversas etapas del proceso productivo, cuyos efluentes, residuos sólidos y emisión de gases, contaminan el medio ambiente.

5.3. Antecedentes referenciales

5.3.1 Antecedentes internacionales

Cotes y Herrera (2022), interesado en el estudio de una estrategia preventiva de producción más limpia, realizaron una investigación titulada: Estrategias de producción limpia para las empresas cerámicas con tecnología Horno Túnel en el área metropolitana de Cúcuta, realizada en España.

El **objetivo** es generar estrategias de producción limpia para empresas cerámicas con tecnología de horno túnel en la región capitalina de Cúcuta. **Metodología**, investigación descriptiva, diseño no experimental con enfoque cualitativo. **Resultados**, se identificaron impactos ambientales significativos tanto a la entrada como a la salida del proceso. **Conclusiones**, se identificaron, diagnosticaron y evaluaron los efectos de las actividades realizadas durante la producción de estas empresas, con la ayuda del

balance de consumo de materias primas se pudo conocer cuáles fueron los mayores consumos, que provocaron la mayoría efectos negativos.

Criollo (2010), conocedor que la producción más limpia es una herramienta que permite no solo un adecuado manejo ambiental sino también una optimización de los factores ambientales realizó una investigación titulada: Implementación de técnicas de producción más limpia en el plan de manejo ambiental de la empresa autopartes Andina S.A., realizada en Ecuador.

El **objetivo** es identificar las actividades que generan la mayor cantidad de residuos sólidos para evaluar las fundamentales causas de las pérdidas e ineficiencias. **Metodología**, investigación descriptiva, diseño no experimental con enfoque cualitativo. **Resultados**, la implementación de un plan de producción más limpia en la empresa, permitió beneficiarse de la implementación de medidas encaminadas al uso eficiente de materias primas, tratamiento de aguas residuales y minimización de emisiones y residuos sólidos.

5.3.2 Antecedentes nacionales

Castillo y López (2018), preocupados por el agua industrial de curtiembres porque presentan alta contaminación orgánica y tóxica, las cuales están asociadas a sales, sulfuros y cromo, realizaron una investigación titulada: Tratamiento del agua residual industrial de la curtiembre Rolemt, para el cumplimiento de los valores máximos admisibles.

El **objetivo** es implantar mejoras en el sistema de tratamiento de agua una curtiduría para cumplir con los valores máximos permitidos. **Metodología**, estudio descriptivo, diseño no experimental con enfoque cualitativo, se recolectó una muestra de agua residual de 8 litros. **Conclusiones** en base a la evaluación de la calidad de las aguas residuales tratadas antes de la implementación de la mejora, se pudo afirmar que no se cumplieron los valores máximos permitidos en los siguientes parámetros: pH, SST aceites y grasas, sulfuros, nitrógeno amoniacal, cromo y otros.

5.4. Marco teórico

5.4.1 Curtiembre

La industria del cuero es considerada uno de los sectores más contaminantes, ya que se

necesitan aproximadamente 500 kg de productos químicos para procesar una tonelada de cuero crudo, ya que el 85% no está contenido en el cuero terminado (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2012, citado en Castillo y López, 2018).

5.4.2 Producción más limpia (PML)

PML se utiliza para la mejora continua a través del uso eficiente y la optimización de los recursos, lo que forjan en resultados ambientales positivos, impacto ambiental reducido y costos operativos bajos (Rayabo, 2009, citado en Cotes y Herrera, 2022).

PML se enfoca en la implementación continua, incluidas nuevas metodologías y estrategias que ayudan a encontrar las mejores soluciones con la ayuda de expertos. A través de este método, muchas empresas logran eficiencia operativa, ahorro de costos, metas financieras y mejoran el medio ambiente (Cotes y Herrera, 2022).

5.5. Objetivos de la actividad desarrollada

Objetivo general

Desarrollar la estrategia para una producción más limpia en una curtiembre en el área del pelambre.

Objetivos específicos

- Identificar los efluentes, emisiones y residuos sólidos, contaminantes de una curtiembre en el área del pelambre.
- Realizar el balance de masa en una curtiembre en el área del pelambre a partir de 3000 kg de piel sin procesar.
- Realizar el balance de calor en una curtiembre en el área del pelambre a partir de 3000 kg de piel sin procesar.
- Establecer la estrategia para una producción más limpia en una curtiembre en el área del pelambre.

5.6. Ingeniería de una curtiembre

5.6.1 Proceso productivo

- **Recepción de pieles:** se verifica la cantidad de pieles y la masa de estos, tanto de res

como ovino.

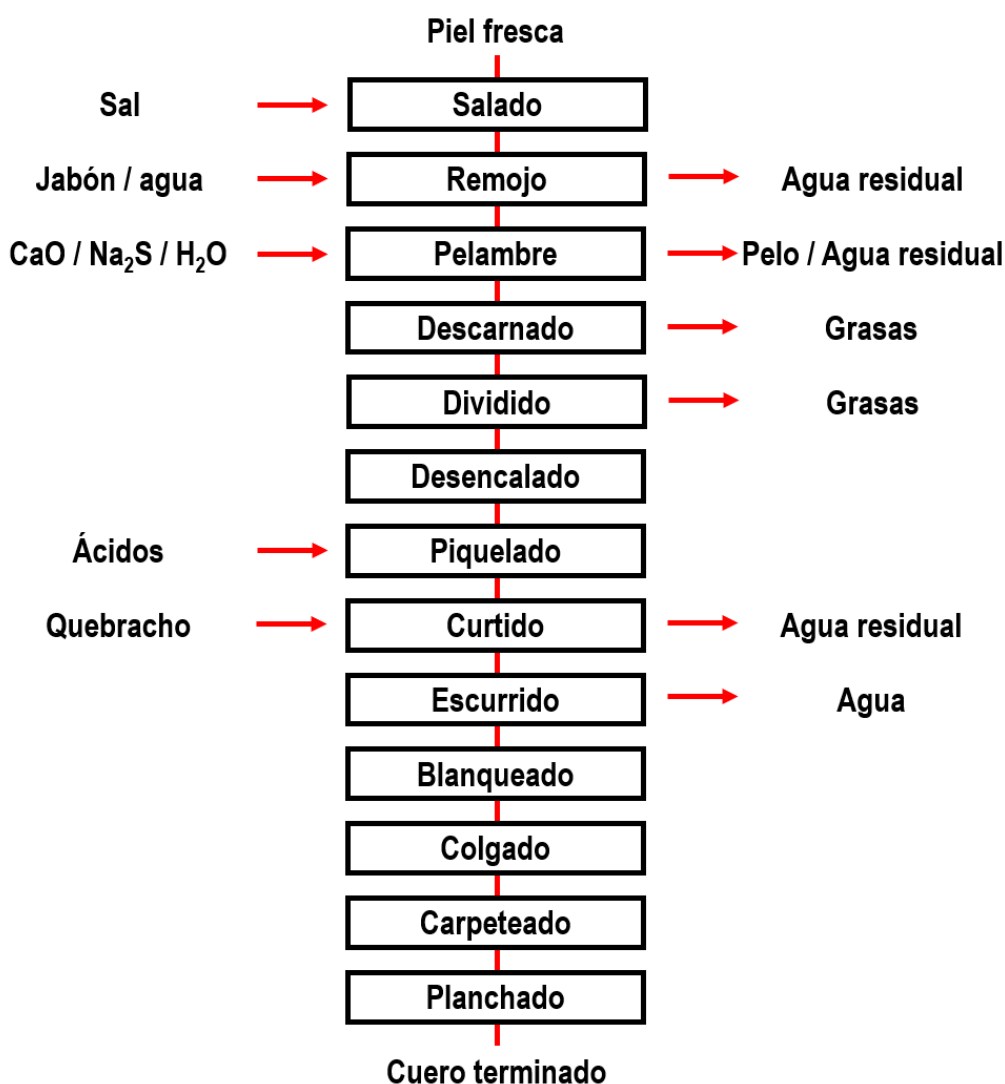
- **Salado de pieles:** se acomoda piel por piel, una sobre otra, teniendo el lado con pelo hacia el piso, se procede a salar la piel por el lado opuesto al pelo y se coloca una piel sobre otra, todas las partes con pelo mirando al suelo. El salado de pieles se realiza con la finalidad de conservar la piel para un futuro proceso, ya que el proceso se realiza según el horario otorgado por administración.
- **Remojo:** prepara las pieles para el iniciar el proceso, en caso de cuero salado, se quita la sal, suciedad y restos de sangre, para caso de pieles frescas es solo quitar sangre y suciedad, se hace un lavado en el botal.
- **Desalado:** es lavar las pieles y prepararla para el proceso del pelambre, se realiza en el mismo botal del remojo.
- **Pelambre:** tiene por finalidad retirar el pelo de las pieles por método químico, para lo cual se le agrega cal viva y sulfuro de sodio.
- **Descarnado:** es un proceso físico donde se retira el exceso de grasa y de carne, además en este caso se corta a la piel por la mitad para poder manipular fácilmente.
- **Dividido:** se le da un grosor a la piel, se debe resaltar que este proceso se hace piel por piel y depende de la experiencia del operario para el uso para un grosor adecuado.
- **Desencalado:** tiene como objetivo quitar taninos, suciedad y algunos restos de pelo, además de quitar los restos de cal que quedo del proceso del pelambre, este proceso se hará en botal.
- **Piquelado:** también llamado precurtido, prepara a las pieles para el curtido, para este proceso se añade lo siguiente: Acido Fórmico al 2% y Agua al 60%
- **Curtido:** este es proceso le da la contextura y el color necesario a la piel, para lo que es suela, se añade quebracho.
- **Escurrido:** tiene como objetivo retirar el exceso de agua en la piel.
- **Blanqueado:** la piel se introducirá en el botal nuevamente sin agua, para aclarar el color de la piel se le añade sulfato de magnesio.
- **Carpeteado:** el objetivo de este proceso es quitar las arrugas más grandes de las pieles.
- **Planchado:** este proceso, es el final, ya con la suela seca, se hace pasar una rueda de acero de 0,5 tonelada, con la finalidad de darle consistencia a la suela para su uso adecuado.

5.6.2 Diagrama de flujo de una curtiembre

Si bien es cierto que objetivo del presente informe, no es el análisis en todo el proceso de una curtiembre, sino en una sola etapa de ella, pero, con la finalidad de tener una visión holística en la curtiduría, en la **Figura 3** se muestra todo el proceso de ella.

Figura 3

Diagrama de flujo de una curtiembre



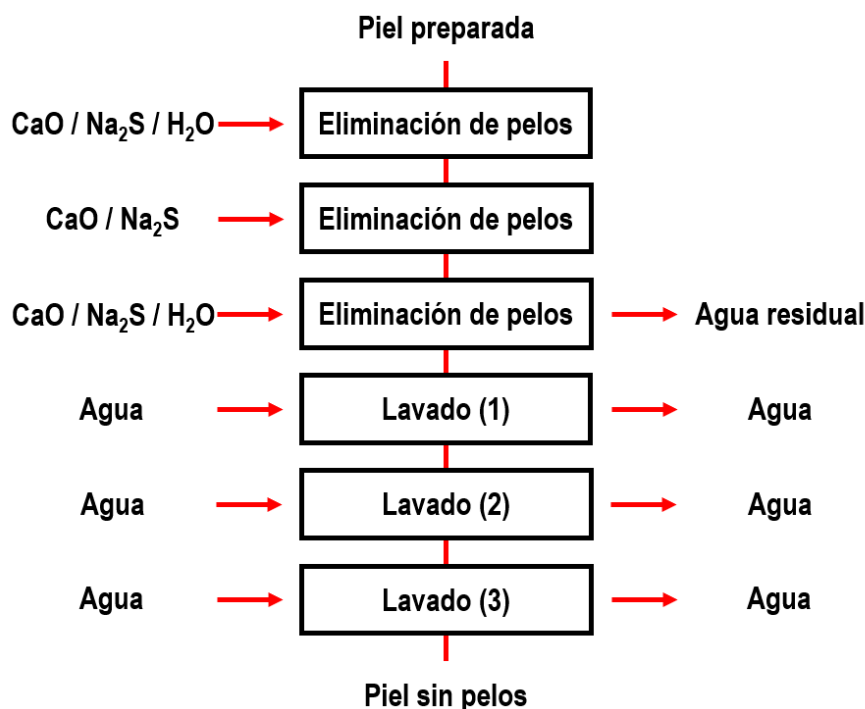
5.7. Ingeniería del área del pelambre

La etapa del pelambre es la fase esencial del proceso de curtido de pieles, que implica el retiro del pelo, la epidermis y otras impurezas de la piel de los animales. Esta etapa es fundamental para transformar la piel cruda en cuero utilizable y duradero.

5.7.1 Diagrama de flujo del pelambre

Figura 4

Diagrama de flujo del pelambre



5.7.2 Identificación de materias primas en el pelambre

Cuero crudo: cuero crudo: antes de la etapa del pelambre, el cuero debe tener ciertas características y condiciones especiales para que el proceso sea efectivo y produzca cuero de alta calidad. Algunas características esperadas de la piel al comienzo de la etapa incluyen:

- **Frescura:** la piel debe estar fresco y no almacenado por mucho tiempo, ya que el desgaste puede afectar negativamente la calidad del cuero.
- **Libre de bacterias y descomposición:** la piel fresca asegura que la piel resista el crecimiento bacteriano y la descomposición.
- **Libre de sal:** si hay demasiada piel, se cubre con piel para que no entre en contacto con el oxígeno del ambiente, lo que evita que se oxide. Este "salado" puede prevenir la ruptura de la piel hasta por 6 meses.
- **Perfecto:** la piel debe estar perfecta, sin grandes agujeros, cortes o desperfectos graves que afecten gravemente a su integridad. Los agujeros en el cuero reducen su valor

comercial.

- **Limpia:** La piel debe estar limpia y libre de suciedad, barro u otras impurezas que puedan impedir el proceso del pelambre.
- **Ausencia de sangre:** es deseable que no queden grandes restos de sangre en la piel, ya que esto puede afectar al aspecto y calidad del cuero.
- **Flexibilidad:** la piel debe ser lo suficientemente flexible para facilitar el proceso del pelambre y permitir una eliminación adecuada del pelo y la epidermis.
- **De tamaño suficiente:** los cueros deben tener tamaño y condición suficientes para ser manipulados en el proceso de curtido.
- **Peso adecuado:** estandarizar el peso de estas, las pieles del toro y vaca pesan 40-60 kg y 25-30 kg, respectivamente.

Figura 5

Pieles limpias



Agua (H₂O): el agua debe cumplir ciertas características para asegurar la eficiencia del proceso y obtener cueros de alta calidad. Algunas características requeridas:

- **Limpieza:** el agua debe estar libre de impurezas, sedimentos, partículas e impurezas que puedan afectar la calidad del cuero o el proceso del pelambre.
- **pH adecuado:** el pH del agua debe estar dentro de un cierto rango, que facilite la acción de los productos químicos utilizados en la etapa del pelambre. En general, los agentes descalcificantes y reductores requieren un pH ligeramente alcalino para funcionar correctamente.
- **Sin sales:** se recomienda que el agua no contenga grandes cantidades de sales o

minerales, ya que pueden impedir procesos químicos y afectar la calidad del cuero.

- **Temperatura controlada:** la temperatura del agua debe ser regulada para garantizar que se mantenga en un rango óptimo para las reacciones químicas que ocurren durante la etapa del pelambre.
- **Agua suficiente:** Se debe disponer de agua suficiente para asegurar una adecuada hidratación de la piel y facilitar la depilación.
- **Procedencia:** el agua empleada en el proceso productivo es de pozo.

Figura 6

Agua de pozo



Figura 7

Tesista muestrando el agua de pozo



5.7.3 Identificación de insumos en el pelambre

Óxido de calcio (cal viva) CaO : permite que las fibras de la piel se suavicen y facilita la eliminación del pelo de la piel. Tiene varios objetivos:

- **Ablandamiento de las fibras:** tiene la propiedad de ablandar las fibras de la piel. Al sumergir la piel en una solución de cal, las fibras se hinchan y se vuelven más flexibles, lo que facilita el proceso de eliminación del pelo y la epidermis.
- **Inicio del proceso de descomposición:** la cal crea un ambiente alcalino que inicia la descomposición de las sustancias orgánicas de la piel, como residuos de pelo, la grasa y los restos de tejido conjuntivo. Esto debilita las uniones entre el pelo y la piel, lo que permite que el pelo se desprenda más fácilmente durante el siguiente paso del pelambre.
- **Eliminación de materia orgánica no deseada:** además de facilitar la eliminación del pelo, la cal ayuda a disolver otros componentes no deseados de la piel, como los restos de carne y las proteínas no estructurales.
- **Limpieza y purificación:** la acción alcalina de la cal actúa como un limpiador natural,

eliminando bacterias y microorganismos no deseados que pueden estar presentes en la piel cruda.

- **Peso de la bolsa:** 30 kg, material polipropileno.

Figura 8

Bolsa de óxido de calcio industrial



Tabla 2

Propiedades físicas del óxido de calcio

Propiedades físicas	Valor	Unidades
Apariencia	Polvo	
Color	Blanco	
Densidad	3,300	kg/m ³
Masa molar	56.1	g/mol
Punto de fusión	2572	°C
Punto de ebullición	2850	°C

Tabla 3

Propiedades químicas del óxido de calcio

Propiedades químicas	Valor	Unidades
Solubilidad en agua (25 °C)	1.19	g/L
pH		
Entalpía	-635.09	KJ/mol

Sulfuro de sodio (sulfuro) Na_2S : se utiliza como agente reductor en proceso de la curtiduría.

- **Desencalado:** gracias a la cal, las pieles se saturan de cal, que se utiliza para eliminar el pelo. El sulfuro de sodio se utiliza para neutralizar el exceso de cal y ayudar a eliminar los residuos de calcio de las fibras de la piel. Esto es un paso crítico antes de pasar a la siguiente etapa del proceso de curtido.
- **Reducción de los pigmentos de óxido de hierro:** el sulfuro de sodio puede reducir los pigmentos de óxido de hierro que pueden estar presentes en la piel, como resultado de la descomposición de la hemoglobina cuando se sacrifica el animal. Esto es importante para evitar manchas de color no deseadas en el cuero.
- **Blanqueamiento:** el sulfuro de sodio también tiene la capacidad de blanquear la piel, eliminando las impurezas de origen orgánico que hayan podido quedar después del pelambre.
- **Eliminación de olores:** ayuda a reducir los olores desagradables que pueden estar presentes en la piel cruda después del proceso del pelambre.
- **Desodorización:** ayuda a reducir los olores desagradables que pueden desarrollarse en la piel en carne viva después de la depilación.
- **Peso de la bolsa:** 40 kg, material polipropileno.

Figura 9

Bolsa de sulfuro de sodio industrial

**Tabla 4**

Propiedades físicas del sulfuro de sodio

Propiedades físicas	Valor	Unidades
Apariencia	Escamas	
Color	Crema	
Densidad	1,430	kg/m ³
Masa molar	78.05	g/mol
Punto de fusión	90	°C
Punto de ebullición	165	°C

Tabla 5

Propiedades químicas del sulfuro de sodio

Propiedades químicas	Valor	Unidades
Solubilidad en agua (20 °C)	160	g/100 mL
pH	12.9	unidades
Entalpía	nn	Kj/mol

5.7.4 Características ingenieriles en el pelambre

- El proceso de pelambre se produce dentro del botal que actúa como un **sistema cerrado**. Las reacciones químicas se producen dentro del botal. Ningún producto, subproducto o residuo peligroso generado durante el proceso del pelambre se liberan fuera del sistema o entran en contacto directo con el medio ambiente.
- Es un **proceso batch** (por lotes). Una vez que el botal se carga con las materias primas y los insumos respectivos, se cierra la compuerta, la cantidad de la materia prima e insumos químicos está en función del balance de masa, explicado líneas abajo. Después de un tiempo se abre la compuerta para obtener el producto final.
- Es un **proceso exotérmico**. Las reacciones químicas producidas por los insumos químicos dentro del botal liberan calor hacía el entorno, es decir, atraviesan las paredes del sistema. El proceso exotérmico en el sistema es beneficioso porque el calor generado puede ayudar a aumentar la eficiencia del pelambre.

5.7.5 Proceso productivo del pelambre

1. Selección de pieles frescas.

Figura 10

Pieles con pelo antes de ingresar al botal



La figura 10 muestra las pieles saladas antes de iniciar el proceso de manufactura, las cuales fueron traídas de provincia.

2. Ingreso al botal de 60 unidades de piel, cada piel pesa 50 kg, en total hacen un peso de 3000 kg de piel limpia.

Figura 11

Ingreso de las pieles con pelo al botal



3. Ingreso al botal de 500 kg de agua con la final de lavado de la piel.

Figura 12

Ingreso del agua al botal



La figura 12 muestra las pieles ya lavadas, libres de sal listas para iniciar el proceso de pelambre.

4. Ingreso al botal del contenido de 2 bolsas de cal de 30 kg cada bolsa con una pureza de 86%.

Figura 13

Ingreso de la cal al botal



5. Ingreso al botal del contenido de 1 bolsas de sulfuro de 30 kg cada bolsa con una pureza de 65%.

Figura 14

Ingreso del sulfuro al botal



La figura 14 muestra el ingreso de cal y sulfuro al botal, los cuales son necesarias para el inicio del proceso de pelambre.

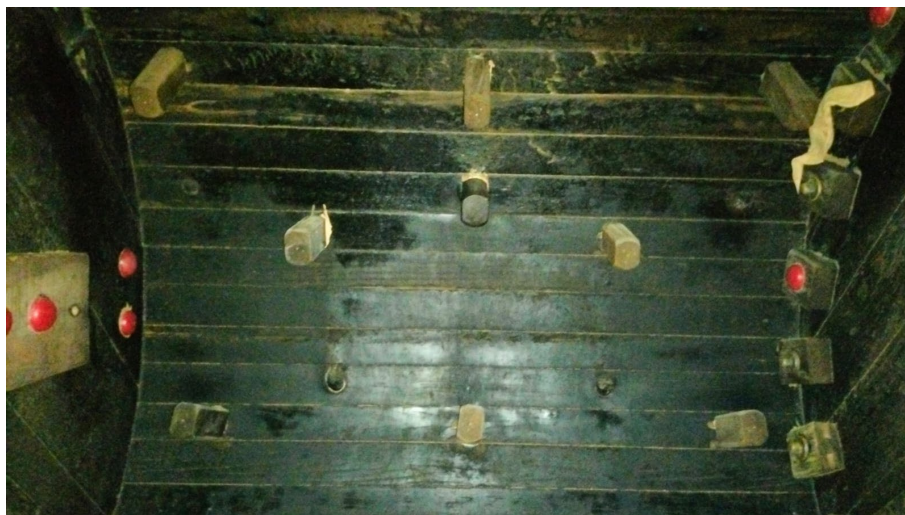
6. **Ingreso al botal** de 1000 kg de agua.
7. **Reacción química**, se pone en funcionamiento el botal con la finalidad de que los insumos químicos reaccionen con el agua y cumplan su cometido, explicado líneas

arriba. La activación química producida por las reacciones químicas que se producen dentro del sistema cerrado.

8. **Retirado del pelo del cuero**, el movimiento de rotación del botal sobre su eje, hace que las pieles se “soben” entre sí, y puedan salir los pelos del cuero, y cuando las pieles son arrastradas por el movimiento circular, estas “suben” un poco, y por efecto de la acción de la gravedad, estas caen sobre las pieles que están en la parte inferior del botal; y los que están en la parte inferior “caen” sobre los tarugos.

Figura 15

Tarugos internos en el botal



9. **Tiempo de reacción (1)**, el botal permanece en funcionamiento por 1 hr.
10. **Verificación del estado de las pieles (1)**, con el botal detenido, se procede a abrir la compuerta del botal, con mucho cuidado para poder verificar es estado de las pieles en proceso del pelambre.

Figura 16

Compuerta del botal



11. **Tiempo de descanso (1)**, el botal permanece detenido por 30 minutos con la finalidad que la activación química producida por los insumos añadidos, actúen mientras las pieles permanecen sumergidas dentro de la solución, en el sistema cerrado.
12. **Ingreso al botal (2)**, idem paso 4.
13. **Ingreso al botal (2)**, idem paso 5.
14. **Tiempo de reacción (2)**, idem al paso 9.
15. **Verificación del estado de las pieles (2)**, idem al paso 10.
16. **Tiempo de descanso (2)**, idem al paso 11.
17. **Ingreso al botal (3)**, idem al paso 4.
18. **Ingreso al botal (3)**, idem al paso 5.
19. **Ingreso al botal** de 1000 kg de agua.
20. **Tiempo de reacción (3)**, idem al paso 9.

- 21. Verificación del estado de las pieles (3),** idem al paso 10.
- 22. Tiempo de descanso (3),** el botal permanece detenido por 24 horas con la finalidad que la activación química producida por los insumos añadidos, actúen mientras las pieles permanecen sumergidas dentro de la solución, en el sistema cerrado.
- 23. Tiempo de reacción (4),** el botal permanece en funcionamiento por 1 hr.
- 24. Tiempo total de la reacción, 29 hr.**
- 25. Enfriamiento,** debido a que el proceso del pelambre es exotérmico, mientras haya temperatura dentro del sistema, esta es aprovechada para que continúen con la activación química dentro de él, en tal sentido, se deja enfriar hasta el día siguiente.

Figura 17

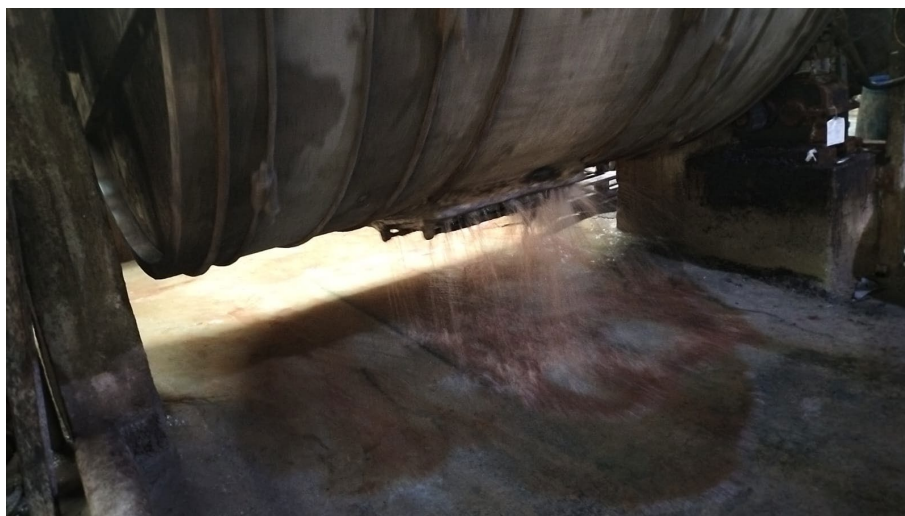
Ingreso de agua para el lavado, línea de alimentación de agua para el botal



- 26. Lavado,** una vez eliminado el efluente del botal, el cuero sin pelo es lavado tres veces con 500 kg de agua por vez. Cada lavado dura 1 hr.

Figura 18

Eliminación del agua de lavado



27. Producto final, una vez eliminado el agua del lavado se obtiene cuero sin pelo, con un peso total de 4,593.84 kg.

Figura 19

Producto de salida: cuero sin pelo



La figura 19 muestra la piel después del proceso de pelambre, es decir piel libre de pelo.

5.7.6 Identificación de equipos y maquinarias en el pelambre

Figura 20

Botal para el proceso del pelambre



Tabla 6

Dimensionamiento del botal

Dimensiones	Valor	Unidades
Diámetro (Φ)	3	m
Longitud (L)	3	m
Periodo (T)	2,42	s ⁻¹
Material	Madera	
Tratamiento del material	Ninguno	

Nota. La madera del botal no tiene ningún tratamiento ni revestimiento interno. Este equipo, es construido en planta, y durante las pruebas de funcionamiento, por ser una madera “virgen”, sufre algunas pequeñísimas filtraciones, pero al contacto con el agua, esta madera se hincha, sufriendo una deformación espacial, lo que se sellan estos pequeños poros, cesando por completo las filtraciones.

Figura 21

Material del botal

**Tabla 7**

Material del botal

Dimensiones	Valor	Unidades
Tipo de material	Madera	listones
tipo	tornillo	
Número de listones	90	unidades
Ancho del listón	10	cm
Espesor del listón	6	cm

Figura 22

Cremallera

**Tabla 8**

Dimensionamiento de la cremallera

Dimensiones	Valor	Unidades
Material	Fierro fundido	
Diámetro (Φ)	3	m
Nº de dientes	210	unidades
ancho	10.5	cm
Alto del cuerpo	2.5	cm

Figura 23

Motoreductor del botal

**Tabla 9**

Dimensionamiento del motoreductor del botal

Dimensiones	Valor	Unidades
Fuente energía	Trifásico	
Potencia	20	HP
Voltaje	220	V
Amperaje	18	A

Figura 24

Tablero eléctrico del botal

**Tabla 10**

Requerimiento eléctrico del botal

Característica	Valor	Unidades
Fuente energía	Trifásico	
Voltaje	220	V
Amperaje	18	A

Figura 25

Sistema de arranque eléctrico estrella-triángulo



5.7.7 Pruebas en laboratorio

Los ensayos en el laboratorio de la etapa del pelambre son esenciales para garantizar la calidad y la seguridad en la producción de cuero. Estos ensayos permiten controlar la eficiencia de los procesos químicos, la eliminación adecuada de pelos y contaminantes, y la conformidad con estándares ambientales. Además, ayudan a prevenir problemas en productos finales y a mantener un entorno de trabajo seguro para los empleados, lo que es fundamental en la industria de la curtiduría.

- **Análisis de la piel**

Figura 26

Piel antes de ingresar a la etapa de pelambre



Figura 27

Piel después de salir de la etapa de pelambre

**Tabla 11**

Balance de masa de pieles en prueba piloto

Ensayo	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Incremento (%)
1	40	60	50,00
2	42	62	47,62
3	34	55	61,76
Promedio			53,13

De la **Tabla 11**, se aprecia que el peso del cuero en la etapa de pelambre “se incrementa”, esto se debe a que el cuero absorbe agua, esto se evidencia al observar que el espesor del cuero ha aumentado en volumen, debido al hinchamiento del mismo, provocado por la absorción de agua.

- **Análisis de los efluentes**

Figura 28

Tesista realizando las pruebas piloto



Nota. Tesista realizando las pruebas piloto en el laboratorio del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas (CITECCAL).

Tabla 12

Balance de masa de pelo/piel en prueba piloto

Ensayo	Peso piel (g)	Peso pelo (g)	Factor (%)
1	400	2,545	0,636
2	450	2,212	0,492
3	750	5,225	0,697
Promedio			0,608

De la **Tabla 12**, se aprecia que el peso del pelo que se obtuvo después de la etapa de pelambre no llega ni a la unidad porcentual respecto de, peso de la piel que ingresa a la etapa de pelambre.

Caracterización de la tabla 12

Caracterizaciones físicas de las muestras después del proceso de pelambre

Ensayo	Grosor (mm)	Humedad (%)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)	Contenido de grasa (%)
1	4,16	62,23	20	42,22	1,31
2	4,21	62,32	21	41,23	1,25
3	4,43	64,61	22	43,31	2,23

Caracterizaciones químicas de las muestras después del proceso de pelambre

Ensayo	Colágeno (%)	Proteínas no Colagenicas (%)	Cenizas (%)	pH
1	82,23	1,34	2,01	13,23
2	83,05	2,35	2,23	13,23
3	86,12	2,05	2,45	13,23

Caracterizaciones mecánicas de las muestras después del proceso de pelambre

Ensayo	Resistencia al desgarro (N/mm)	Dureza (Shore A)	Permeabilidad al agua (g/m²h)
1	68,65	35,62	75,35
2	67,35	36,26	76,54
3	68,87	37,02	77,23

5.7.8 Balance de masa en el pelambre

Para el balance de masa se utilizaron 3000 kg de piel, solo en esta etapa el proceso duro un total de 29 horas aproximadamente.

Tabla 13

Etapas del pelambre

Etapas	Piel (kg)	CaO (kg)	Na₂S (kg)	H₂O (kg)
1ra	3000	50	30	1000
2da	-	50	30	-
3ra	-	50	30	1000
Total	3000	150	90	2000

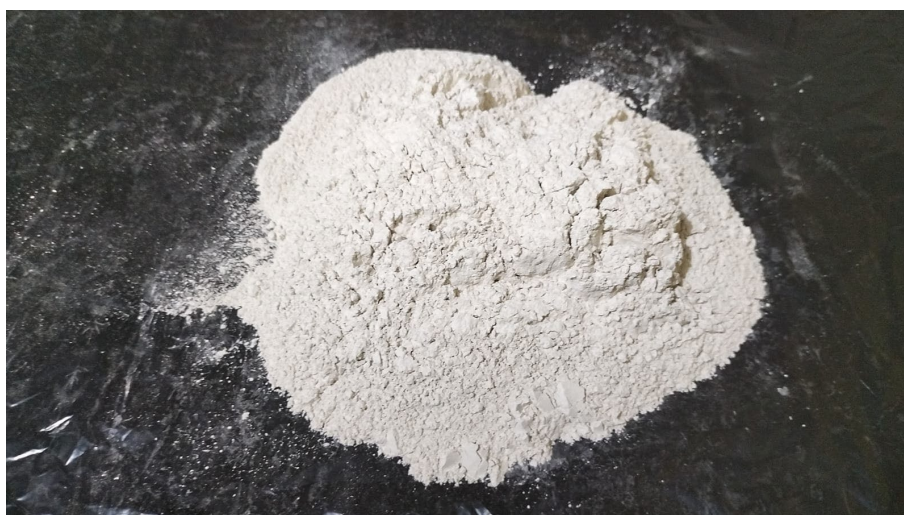
a) Óxido de calcio / Hidróxido de calcio

Cantidad del óxido de calcio (CaO) por etapa:

Pureza : 86%

Figura 29

Muestra de cal industrial



Reacción química del óxido de calcio (CaO):

$$56 \qquad \qquad 18 \qquad \qquad 74$$

$$43 \qquad \qquad 13,82 \qquad \qquad 56,82$$

Cálculo del peso (W):

$$W_{(\text{CaO})} = 43 \text{ kg}$$

$$W_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{W_{(\text{CaO})} * PM_{(\text{H}_2\text{O})}}{PM_{(\text{CaO})}} = \frac{43 * 18}{56} = 13,82 \text{ kg}$$

$$W_{(\text{Ca(OH)}_2)} = \frac{W_{(\text{CaO})} * PM_{(\text{Ca(OH)}_2)}}{PM_{(\text{CaO})}} = \frac{43 * 74}{56} = 56,82 \text{ kg}$$

Cálculo molar (η):

$$\eta_{(\text{CaO})} = \frac{W_{(\text{CaO})}}{PM_{(\text{CaO})}} = \frac{43 * 1000}{56} = 767,86 \text{ moles}$$

$$\eta_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{W_{(\text{H}_2\text{O})}}{PM_{(\text{H}_2\text{O})}} = \frac{13,82 * 1000}{18} = 767,86 \text{ moles}$$

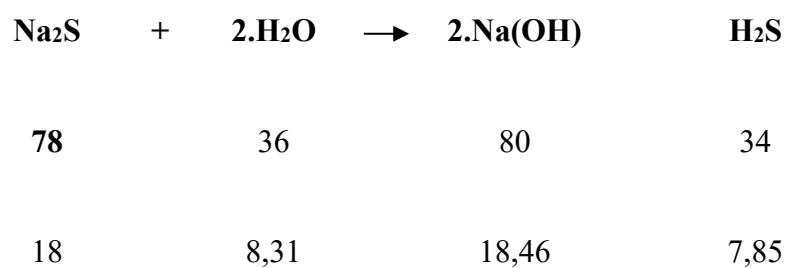
$$\eta_{(\text{Ca(OH)}_2)} = \frac{W_{(\text{Ca(OH)}_2)}}{PM_{(\text{Ca(OH)}_2)}} = \frac{56,82 * 1000}{74} = 767,86 \text{ moles}$$

b) Sulfuro de sodio / Hidróxido de sodio**Cantidad del sulfuro de sodio (Na₂S) por etapa:**

$$\text{Pureza} \qquad \qquad : \quad 62\%$$

Figura 30

Muestra de sulfuro industrial

**Reacción química del sulfuro de sodio (Na₂S):****Cálculo del peso (W):**

$$W_{(Na_2S)} = 18 \text{ kg}$$

$$W_{(2.H_2O)} = \frac{W_{(Na_2S)} * PM_{(2.H_2O)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{18 * 36}{78} = 8,31 \text{ kg}$$

$$W_{(2.Na(OH))} = \frac{W_{(Na_2S)} * PM_{(2.Na(OH))}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{18 * 80}{78} = 18,46 \text{ kg}$$

$$W_{(H_2S)} = \frac{W_{(Na_2S)} * PM_{(H_2S)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{18 * 34}{78} = 7,85 \text{ kg}$$

Cálculo molar (η):

$$\eta_{(Na_2S)} = \frac{W_{(Na_2S)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{18 * 1000}{230.77} = 230,77 \text{ moles}$$

$$\eta_{(Na_2S)} = \frac{W_{(Na_2S)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{8.31 * 1000}{36} = 230,77 \text{ moles}$$

$$\eta_{(Na_2S)} = \frac{W_{(Na_2S)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{18.46 * 1000}{80} = 230,77 \text{ moles}$$

$$\eta_{(Na_2S)} = \frac{W_{(Na_2S)}}{PM_{(Na_2S)}} = \frac{7.85 * 1000}{34} = 230,77 \text{ moles}$$

c) Incremento del peso de la piel / Agua absorbida

Piel (peso inicial) : 3000 kg

Incremento peso : 53,13% (Tabla 11)

Piel (peso final) : 4593,84 kg

$$Piel_{(peso\ inicial)} = 3000 \text{ kg}$$

$$Piel_{(peso\ final)} = Piel_{(peso\ inicial)} * Factor = 3,000 * (1.5313) = 4593,84 \text{ kg}$$

$$Agua\ retenida\ en\ la\ piel_{(peso)} = 4593,84 - 3000 = 1593,84 \text{ kg}$$

d) Balance hídrico

Ingreso H₂O : 2000 kg

H₂O / CaO : 4146 kg

H₂O / Na₂S : 2492 kg

H₂O / piel : 1593,84 kg

H₂O / fluente : 339,78 kg

$$H_2O_{(ingreso)} = 2000 \text{ kg}$$

$$H_2O_{(Rx \text{ con } CaO)} = 13,82 * 3 = 41,46 \text{ kg}$$

$$H_2O_{(Rx \text{ con } Na_2S)} = 8,31 * 3 = 24,92 \text{ kg}$$

$$H_2O_{(retenida \text{ en la piel})} = 1593,84 \text{ kg}$$

$$H_2O_{(efluente)} = 2000 - 41,46 - 24,92 - 1593,84 = 339,78 \text{ kg}$$

e) Pelos / Piel

Piel (peso inicial) : 3000 kg

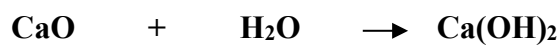
Incremento peso : 0,608% (Tabla 12)

$$Piel_{(peso \text{ inicial})} = 3000 \text{ kg}$$

$$Pelos_{(peso)} = Piel_{(peso \text{ inicial})} * Factor = 3000 * (1,0608) = 18,24 \text{ kg}$$

5.7.9 Balance de calor en el pelambre

Energía liberada por la reacción del CaO:



Entalpía (kJ/mol)	-635,1	-285,8	-986,1
--------------------------	---------------	---------------	---------------

$$\nabla H = H_{(Ca(OH)_2)} - H_{(CaO)} - H_{(H_2O)} \quad \frac{kJ}{mol}$$

$$\nabla H = -986,1 + 635,1 + 285,8 = -65,2 \frac{kJ}{mol}$$

$$\nabla H = -65,2 \frac{kJ}{mol} * \frac{1 cal}{4,186 J} = -15,58 \frac{kcal}{mol}$$

$$\eta \text{ Ca(OH)}_2 : 767,86 * 3 \text{ moles}$$

$$Q_{entregado} = -15,58 \frac{kcal}{mol} * 3 * 767,86 = -35879,80 kcal$$

En valor negativo significa que es un proceso exotérmico.

Energía liberada por la reacción del Na₂S

	Na ₂ S	+	2.H ₂ O	→	2.Na(OH)	H ₂ S
Entalpía (kJ/mol)	-373		-285,8		-425,6	-20,2

$$\nabla H = H_{(NaOH)} + H_{(H_2S)} - H_{(Na_2S)} - H_{(H_2O)} \frac{kJ}{mol}$$

$$\nabla H = -425,6 * 2 - 20,2 + 373 + 285,2 * 2 = 73,8 \frac{kJ}{mol}$$

$$\nabla H = 73,8 \frac{kJ}{mol} * \frac{1 cal}{4,186 J} = 17,48 \frac{kcal}{mol}$$

$$\eta \text{ Ca(OH)}_2 : 230,77 * 3 \text{ moles}$$

$$Q_{entregado} = 17,48 \frac{kcal}{mol} * 3 * 230,77 = 12106,32 kcal$$

En valor positivo significa que es un proceso endotérmico.

Energía total liberada:

$$Q_{liberada} = Q_{(CaO)} + Q_{(Na_2S)}$$

$$Q_{liberada} = 35879,80 \text{ kcal} - 12106,32 \text{ kcal} = 23773,48 \text{ kcal}$$

Energía absorbida por la piel

Piel (peso inicial)	: 3000 kg
ce (piel)	: 0,32 cal/g.°C
T (final)	: 43 °C
T (inicial)	: 22 °C

$$Q_{absorbido \text{ por la piel}} = m_{piel} * ce_{piel} * VT_{piel}$$

$$Q_{absorbido \text{ por la piel}} = 3000 \text{ kg} * 0,32 \frac{\text{cal}}{\text{g.}^\circ\text{C}} * ce_{piel} * (43 - 22)^\circ\text{C} = 20160 \text{ kcal}$$

Energía del sistema pelambre

$$Q_{sistema} = Q_{liberado} - Q_{absorbido \text{ por la piel}}$$

$$Q_{sistema} = 23773,48 - 20160 = 3613,48 \text{ kcal}$$

5.8. Toxicidad de los compuestos del área del pelambre

5.8.1 Toxicidad de los reactantes

Toxicidad del óxido de calcio (CaO)

- Un compuesto fuertemente alcalino, lo que significa que puede causar quemaduras químicas en la piel y las membranas mucosas en contacto directo. Por lo tanto, debe manejarse con cuidado y se deben tomar las precauciones adecuadas durante su uso.
- La reacción química con el agua es violenta y muy exotérmica, lo que puede causar quemaduras a los trabajadores, por lo que deben estar alejados de la línea de agua y humedad.
- La inhalación de polvo de óxido de calcio puede irritar las vías respiratorias y los

pulmones y puede ser tóxico para las vías respiratorias en altas concentraciones.

- La inhalación de polvo de óxido de calcio con la humedad de las fosas nasales puede causar quemaduras.
- La exposición a largo plazo o las altas concentraciones también pueden causar problemas de salud más graves.

Toxicidad del sulfuro de sodio (Na_2S)

- Compuesto altamente tóxico si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel o los ojos.
- La inhalación puede causar irritación de la piel y las membranas mucosas y dificultad para respirar.
- Puede liberar ácido sulfhídrico (H_2S) cuando reacciona con la humedad ambiental bajo ciertas condiciones, aumentando su toxicidad.

5.8.2 Toxicidad de los productos

Toxicidad del hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

- El hidróxido de calcio un compuesto que se forma dentro del botal, por la reacción química del óxido de calcio con el agua, en un sistema cerrado.
- Es una sustancia altamente alcalina y corrosiva que puede causar severas quemaduras químicas en contacto con la piel, ojos y sistema respiratorio.
- La inhalación de polvo puede irritar las vías respiratorias y los pulmones, lo que en casos graves puede causar problemas respiratorios y daño pulmonar.
- El contacto con el polvo o la solución de hidróxido de calcio también puede causar irritación en la piel y en los ojos.
- Si bien es cierto que este compuesto se produce dentro de un sistema cerrado, pero, por alguna falla o colapso del botal, este compuesto químico, en estado líquido, puede atravesar los límites del sistema y entrar en contacto con el trabajador.

Toxicidad del sulfuro de hidrógeno (H_2S)

- El H_2S es un compuesto producido dentro del botal, por la reacción química del sulfuro de sodio con el agua, en un sistema cerrado.
- Es una sustancia altamente tóxica y puede ser peligrosa incluso en pequeñas

concentraciones en el aire.

- La exposición a altas concentraciones de H_2S puede causar una serie de efectos adversos para la salud, como irritación ocular y respiratoria, dificultad para respirar, mareos, náuseas y, en casos extremos, pérdida del conocimiento y daño cerebral.
- Si bien es cierto que este compuesto se produce dentro de un sistema cerrado, pero, por alguna falla o colapso del botal, este compuesto químico, en estado gaseoso, puede atravesar los límites del sistema y entrar en contacto con el trabajador.

5.9. Componente ambiental del área del pelambre

5.9.1 Identificación de residuos sólidos del pelambre

- **Residuos de pelo y epidermis**, el proceso del pelambre implica la eliminación mecánica del pelo y la epidermis de las pieles, dando como resultado residuos sólidos de estos tejidos.
- **Lodos y sólidos suspendidos**, durante el proceso del pelambre y otros tratamientos, se pueden producir lodos y sólidos en suspensión que contienen sustancias químicas y orgánicas.

5.9.2 Identificación del efluente del pelambre

- **Lixiviados**, los productos químicos utilizados en el pelambre pueden disolverse en el agua de lavado y generar lixiviados que contienen compuestos tóxicos.
- **Efluentes líquidos**, el agua utilizada en el proceso del pelambre se convierte en aguas residuales líquidas que contienen sustancias químicas, sales, proteínas y otras impurezas.

5.9.3 Identificación de emisiones del pelambre

- **Ácido sulfhídrico (H_2S)**, durante la hidrólisis del Na_2S utilizado en el proceso del pelambre, se libera H_2S , un gas venenoso con un olor típico a huevos podridos.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COV)**, algunos productos químicos utilizados en la curtiduría pueden liberar compuestos orgánicos volátiles al aire.
- **Polvo y partículas**, las operaciones de manipulación de pieles y materiales sólidos puede generar polvo y partículas que pueden contener compuestos tóxicos o irritantes.

5.10. Producción más limpia en el pelambre

Es importante recalcar que la generación y manejo de estos contaminantes debe ser controlada y regulada para minimizar su impacto en la salud humana y el medio ambiente. Las curtiembres modernas utilizan métodos y técnicas de procesamiento adecuados implementan prácticas y tecnologías de tratamiento adecuadas para reducir y tratar estos contaminantes, asegurando una producción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

5.10.1 Mitigación de impactos de los reactantes

Mitigación de la toxicidad del óxido de calcio (CaO)

Tanto en el almacén de productos químicos como en el área de producción, se deben realizar ciertos procedimientos cuando se envasa este producto:

- **Manipulación segura:** cuando se trabaja con CaO, es importante seguir estrictamente las normas de seguridad y utilizar el equipo de protección personal adecuado, como ropa de trabajo adecuada que cubra la piel, guantes resistentes para evitar el contacto con la piel, gafas protectoras para evitar la irritación de los ojos y mascarar o respiradores en caso que se genere polvo o se produzcan vapores irritantes.
- **Ventilación adecuada:** trabajar en áreas bien ventiladas para evitar la acumulación de polvo y vapores de óxido de calcio en el aire.
- **Evite contacto directo:** evite el contacto directo con el CaO y su polvo, especialmente con la piel, ojos y vías respiratorias.
- **Manipulación cuidadosa:** manipule el CaO con cuidado para evitar salpicaduras o la liberación de polvo en el aire.
- **Almacenamiento seguro:** almacenar en lugares adecuados y en lugar seguro, lejos de fuentes de humedad y materiales incompatibles.
- **Capacitación y conocimiento:** los trabajadores que manipulan CaO deben recibir una formación adecuada sobre los riesgos que implica y las medidas de seguridad necesarias.
- **Limpieza adecuada:** en caso de derrames, siga los procedimientos adecuados de limpieza y descontaminación, y elimine los desechos adecuadamente.
- **En caso de contacto:** con la piel o si se inhala el polvo, se debe buscar atención médica

inmediatamente y lave la zona afectada con abundante agua limpia.

Mitigación de la toxicidad del sulfuro de sodio (Na_2S)

Se requiere adoptar ciertas medidas en el almacén de sustancias químicas, así como, en el área de producción, al momento de introducir este producto al botal:

- **Manipulación segura:** cuando se trabaje con Na_2S , se deben seguir estrictamente las precauciones de seguridad y se debe usar equipo de protección personal, como guantes, gafas protectoras y un respirador.
- **Ventilación adecuada:** es importante trabajar en áreas bien ventiladas para evitar la acumulación de vapores tóxicos. Si es necesario, se deben utilizar sistemas de escape locales.
- **Almacenamiento seguro:** debe almacenarse en contenedores adecuados, en un lugar seguro y alejado de fuentes de calor o materiales incompatibles.
- **Evitar contacto con otros productos químicos:** puede reaccionar peligrosamente con ciertos compuestos químicos, por lo que se debe evitar el contacto con ácidos o agentes oxidantes.
- **Capacitación y conocimiento:** el personal que manipula Na_2S de sodio debe recibir una formación adecuada sobre los riesgos que implica y las medidas de seguridad necesarias.
- **Limpieza adecuada:** en caso de derrame, se debe realizar una limpieza y descontaminación adecuadas con materiales absorbentes y neutralizadores específicos para el sulfuro de sodio.
- **Eliminación segura de residuos:** los desechos Na_2S deben tratarse y eliminarse adecuadamente de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales. En este caso, la empresa “Disal” encargada de los efluentes y con experiencia en el área de gestión de residuos industriales, utiliza permanganato de potasio KMnO_4 o peróxido de hidrogeno H_2O_2 para neutralizar mediante oxidación y reducir la peligrosidad del sulfuro de sodio y formar sulfatos como el sulfato de sodio Na_2SO_4 que es un compuesto inerte y mucho menos peligroso que el sulfuro de sodio.

5.10.2 Mitigación de impactos de los productos

Mitigación de la toxicidad del hidróxido de calcio (Ca(OH)_2)

Se requiere adoptar ciertas medidas en el área de producción, al momento de estar en funcionamiento el botal:

- **Normas de seguridad:** los requisitos de seguridad deben seguirse estrictamente.
- **Equipos de protección personal (EPP):** uso continuo de los EPP, como guantes, gafas de seguridad y máscaras respiratorias.
- **Ventilación adecuada:** trabaje en áreas bien ventiladas para evitar la acumulación de polvo y vapores de hidróxido de calcio en el aire.
- **Monitoreo continuo del botal:** revisión periódica de las paredes internas y externas del botal.

Mitigación de la toxicidad del ácido sulfhídrico (H_2S)

- **Normas de seguridad:** los requisitos de seguridad deben seguirse estrictamente.
- **Detección temprana:** es fundamental contar con un sistema de detección de H_2S en el área de trabajo.
- **Ventilación adecuada:** trabaje en áreas bien ventiladas para evitar la acumulación de H_2S en el aire. Una ventilación adecuada ayuda a dispersar los gases tóxicos y mantiene los niveles de aire por debajo de los límites seguros.
- **Monitoreo continuo del botal:** inspección periódica de las paredes internas y externas del botal.
- **Equipos de protección personal (EPP):** uso constante de los EPP, como guantes, gafas de seguridad y respiradores con filtros especiales para gases tóxicos.
- **Formación y entrenamiento:** los trabajadores que puedan estar expuestos a H_2S deben recibir una capacitación adecuada sobre los riesgos que implica y las medidas de seguridad necesarias para evitar la exposición.
- **Evitar trabajos en solitario:** se recomienda que los trabajadores no trabajen solos en áreas donde exista el riesgo de exposición a H_2S . En una emergencia, es importante que el personal esté allí para prestar asistencia.
- **Señalización:** colocar señales de advertencia apropiadas en áreas donde se pueda generar o acumular H_2S para alertar a los trabajadores y visitantes sobre el peligro.

potencial.

- **Propiedades:** Como el H_2S es un gas altamente toxico debe tenerse en cuenta las siguientes propiedades.
 - **Estado Físico:** es un gas incoloro a temperatura ambiente.
 - **Punto de inflamabilidad:** Es altamente inflamable ya que su punto de inflamación es de $-82^{\circ}C$ y puede formar mezclas explosivas con el aire.
 - **Solubilidad:** es soluble en agua formando ácido sulfhídrico.
 - **Olor:** tiene un olor característico a huevo podrido a bajas concentraciones, aunque a niveles elevados no puede percibirse.
- **Límite Máximo Permisible:** Las agencias reguladoras establecen límites máximos permisibles para minimizar la exposición de H_2S en el ambiente laboral:
 - OSHA (Administración de seguridad y salud ocupacional) Límite de exposición permisible: 20 ppm; el tope es 50 ppm durante 10 minutos ya que irritan los ojos y las vías respiratorias, si no hay exposición adicional ya que una exposición más extensa puede causar problemas pulmonares.
 - NIOSH (Instituto Nacional para la seguridad ocupacional y salud ocupacional de EEUU) Límite de exposición recomendado: 10 ppm como máximo. Límite inmediato de peligro para la vida y la salud: 100 ppm.
 - ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales) Límite de exposición a corto plazo: 1 ppm.
 - A partir de 500 ppm puede ser letal con exposiciones de 30 minutos a 1 hora, los síntomas son parálisis respiratoria, asfixia y convulsiones y más de 800 ppm puede causar la muerte en pocos minutos.

5.10.3 Tratamiento de residuos sólidos del pelambre

La producción más limpia en el contexto de los pelos que quedan del pelambre consiste en la implementación de prácticas y técnicas que tienen como objetivo reducir o minimizar los riesgos ambientales y de salud asociados con el procesamiento y manejo de estos subproductos industriales de procesamiento.

La producción más limpia es un enfoque que promueve el uso eficiente los recursos, la prevención de la contaminación y la reducción de los residuos generados durante los procesos industriales.

En el caso específico de la reutilización de los pelos de cuero que quedan después del

pelambre, la producción más limpia puede incluir diversas medidas, tales como:

- **Optimización del proceso del pelambre:** busque técnicas y condiciones de operación que permitan una mayor eliminación de pelos y epidermis durante el pelambre, reduciendo potencialmente la cantidad de pelos que quedan como subproducto.
- **Recuperación y reutilización de subproductos:** en lugar de considerar los pelos como un desperdicio, buscar formas de aprovecharlos de manera sostenible, por ejemplo, convirtiéndolo en fertilizante orgánico, usándolo para hacer gelatina, o como alimento para animales.
- **Manejo adecuado de los residuos:** implementar sistemas de manejo de los residuos generados durante el proceso de lavado de los pelos, asegurando que el agua y el suelo no se contaminen.
- **Uso de productos químicos menos tóxicos:** sustituir los productos químicos más tóxicos utilizados durante el proceso del pelambre por alternativas más seguras y menos contaminantes.
- **Manejo responsable de efluentes:** implementar sistemas adecuados para tratar las aguas residuales generadas durante el lavado de los pelos, evitando la contaminación del agua y los cuerpos de agua cercanos.
- **Educación y entrenamiento del personal:** capacitar al personal involucrado en el manejo de los pelos y subproductos, promoviendo buenas prácticas de manejo ambientalmente responsables.

Los pelos que quedan después del pelambre son un subproducto del proceso de curtido y pueden tener varios usos y aplicaciones. Algunas opciones para el aprovechamiento de los pelos de cuero son las siguientes:

- **Producción de gelatina y proteínas:** los pelos de cuero contienen queratina, una proteína fibrosa, que puede ser extraída y procesada para obtener gelatina y proteínas utilizadas en diversas industrias, como la alimentaria y la farmacéutica.

Obtención de hidrolizado de queratina para productos capilares a partir de pelo de vacuno:

- Obtenido de Artigas et al. (2021), Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay, Uruguay.
- La queratina es una proteína que está presente en el pelo del cuero en un porcentaje

un 95%.

- Se lava el pelo con agua jabonosa.
- Se enjuaga el pelo con abundante agua.
- Hidrólisis ácida: con $\text{pH} = 2$, a una $T = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un $t = 6\text{ h}$, se busca romper los enlaces disulfuros de la molécula para disminuir el impedimento esteárico que de lo contrario se presentaría a la enzima en la siguiente etapa.
- Hidrólisis enzimática: con $\text{pH} = 9$, a una $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un $t = 10\text{ h}$, se utiliza como enzima una queratina, la cual es capaz de romper enlaces peptídicos de la proteína, obteniendo así el hidrolizado buscado,

Coba y Rodríguez (2018), en su investigación Efecto de la concentración del $\text{Na}(\text{OH})$ en la obtención de queratina de pelo de vacuno de la curtiembre Ecológica del Norte EIRL, ellos sostienen que el residuo pelo se genera en la etapa del pelambre, que en su mayoría tiene un inadecuado manejo, trayendo consigo serios problemas de contaminación al medio ambiente.

Se realizó la prueba de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (TIR), para demostrar que existe la presencia de queratina. Así también, se realizó el método de Kjeldahl para determinar la concentración de N total, para luego convertirlo a proteína.

Vega (2014). En su investigación del residuo queratinoso del proceso del pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina con hidróxido de calcio, ella sostiene que la industria del cuero. es una de la más antigua, transformando las pieles en cuero a través de una serie de procesos continuos, en ello, el proceso del pelambre convencional genera gran contaminación.

Para aprovechar el residuo queratinoso y obtener proteína soluble de la forma de péptidos y aminoácidos, se propone métodos de hidrólisis que comúnmente utiliza como agentes hidrolizantes, químicos ácidos o básicos, cuyas fuertes condiciones hacen que disminuya el valor nutricional de la queratina, por el contrario, el uso del hidróxido de calcio aporta condiciones relativamente más débiles, que al adicionar temperatura y tiempo adecuado puede lograr reducir la degradación de los aminoácidos susceptibles.

Obtención de gelatina a partir de pelo de vacuno:

- Obtenido de Casa (2021), Facultad de Ciencia e Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Se lava el pelo con agua jabonosa.
- Se enjuaga el pelo con abundante agua.
- Se le añade ácido acético, a un pH = 6.

Flores y Acosta (2023), en su investigación Optimización de hidrólisis básica para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato, ellos sostienen que la industria del cuero genera diversas preocupaciones ambientales debido a la cantidad de residuos altamente contaminantes.

El estudio optimizó el proceso de hidrólisis básica con MgO para la obtención de gelatina a partir de virutas de cromo, a condiciones de 6% de MgO durante un tiempo de reacción de 5,7 horas, se consigue un rendimiento máximo estimado del 43,41%.

IMPORTANTE

Se debe tener presente que la empresa en la cual se ha realizado el presente trabajo de actividades es una empresa que pertenece al sector industrial, en tal sentido, solo tiene autorización para elaborar productos industriales, en caso la empresa decida elaborar este producto, primero tendría que cumplir con las exigencias legales, para luego continuar con el respectivo proceso productivo.

- **Fertilizante orgánico:** los pelos de cuero pueden ser compostados y utilizados como fertilizante orgánico para enriquecer el suelo con nutrientes.

Obtención de biofertilizante a partir de pelo de vacuno:

- Obtenido de Silva (2014), Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- El uso de biofertilizante en la agricultura trae ventajas ambientales y económicas.
- El biofertilizante de origen animal requiere: huesos, cuernos, uñas y sobre todo, pelo de vacuno.
- **Alimentación animal:** en algunas ocasiones, los pelos de cuero pueden ser utilizados como suplemento alimenticio para animales, ya que contienen proteínas y nutrientes.

Obtención de producto alimenticio a partir de pelo de vacuno:

- Obtenido de Mora et al. (2020), Revista de ciencias ambientales.
- Se lava el pelo con agua jabonosa.
- Se enjuaga el pelo con abundante agua.
- Molido diámetro menor a 0.84 mm
- Hidrolizado: a una $T = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un $t = 90\text{ min}$, $P = 2\text{ atm}$.
- **Energía y biogás:** el pelo de la piel se puede utilizar como biomasa para producir energía o biogás en procesos de digestión anaeróbica.
- **Producción de productos artesanales:** en algunos lugares, el pelo del cuero se puede reciclar y convertirlo en productos artesanales, como relleno de almohadas o cojines.

Para evitar problemas ambientales y de salud, es importante considerar que es necesario un tratamiento adecuado de los subproductos del proceso de curtido es fundamental para evitar problemas ambientales y de salud. En algunos casos, los pelos de cuero pueden contener productos químicos utilizados en el proceso de curtido, por lo que se deben seguir las regulaciones y prácticas adecuadas para su manipulación y disposición final.

El aprovechamiento de los subproductos del proceso de curtido, incluidos los pelos de cuero, puede ser una forma sostenible de gestionar los residuos y obtener valor agregado de estos subproductos. La curtiembre puede investigar opciones específicas y apropiadas para tratar los pelos de cuero de acuerdo con sus necesidades y regulaciones locales.

5.10.4 Tratamiento del efluente del pelambre

La producción más limpia en el área del pelambre significa la introducción prácticas y tecnologías que tienen como objetivo reducir o minimizar el impacto ambiental de las aguas residuales generadas durante el proceso del pelambre.

El objetivo es tratar estas aguas residuales de forma más sostenible, reduciendo su carga contaminante y protegiendo la calidad del agua y el medio ambiente en general.

Algunas estrategias para lograr una producción más limpia en los efluentes del pelambre pueden incluir:

- **Tratamiento de efluentes:** implementar sistemas de tratamiento de efluentes que eliminen o reduzcan significativamente los contaminantes, incluidos productos

químicos, sólidos suspendidos, aceites y grasas.

- **Reciclaje y reutilización:** se considera la posibilidad de reciclar y reutilizar las aguas residuales tratadas en varias etapas del proceso del pelambre o en otros procesos industriales, lo que puede reducir la demanda de agua dulce y la generación de nuevos efluentes.
- **Reducción de productos químicos:** la búsqueda de alternativas a los productos químicos más tóxicos y contaminantes utilizados en el proceso del pelambre, favoreciendo el uso de sustancias menos nocivas o técnicas más eficaces.
- **Uso de tecnologías más limpias:** incorporar tecnologías y equipos más eficientes y limpios que reduzcan el consumo de agua y energía, minimizando así el impacto ambiental.
- **Monitoreo y seguimiento:** establecer programas continuos de monitoreo y seguimiento continuo de los efluentes para evaluar la efectividad del tratamiento de aguas residuales y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
- **Cumplimiento de regulaciones:** garantizar el cumplimiento de las normas y estándares ambientales y de gestión de aguas residuales locales en la protección del medio ambiente.
- **Educación y entrenamiento:** capacitar al personal y trabajadores involucrados en el manejo de aguas residuales para promover buenas prácticas de producción más limpia.

Un enfoque de producción más limpia en los efluentes del pelambre tiene como objetivo mitigar los impactos ambientales negativos, reducir la contaminación y optimizar el uso de los recursos, promoviendo así una gestión responsable y sostenible en la industria de la curtiduría.

La reutilización de aguas residuales del pelambre es una práctica importante para promover la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental de la industria del cuero. Los efluentes del pelambre contienen una mezcla de agua y productos químicos utilizados durante el proceso, por lo que su tratamiento y reutilización requieren cierto cuidado y atención.

A continuación, se presentan algunas formas en las que se puede reutilizar los efluentes del pelambre:

- **Tratamiento y depuración:** antes de reutilizar las aguas residuales, es importante pasar por un proceso de tratamiento y depuración para eliminar impurezas y sustancias no deseadas. Esto puede implicar procesos físicos, químicos y biológicos, como la sedimentación, la coagulación, la filtración, y el tratamiento biológico para degradar

los contaminantes.

- **Reutilización en la etapa del pelambre:** las aguas residuales tratadas una vez tratadas pueden reutilizarse en la etapa del pelambre como parte del baño del pelambre. Tal reutilización puede reducir la cantidad de agua dulce necesaria y reducir la generación de aguas residuales en exceso.
- **Riego de cultivos:** en algunos casos, las aguas residuales tratadas se pueden utilizar para el riego de cultivos si cumplen con los estándares de calidad requeridos y no representan un peligro para la salud o el medio ambiente.
- **Uso en procesos industriales:** las aguas residuales tratadas también pueden ser utilizadas en otros procesos industriales que requieran agua, si cumplen con los requisitos y normativas pertinentes.
- **Producción de biogás:** parte de las aguas residuales se pueden tratar anaeróbicamente para producir biogás, que es una fuente de energía renovable.

Las formas de reutilizar los efluentes del pelambre, indicadas líneas arriba requieren análisis e investigación para cada caso, en particular.

Es importante recalcar que la reutilización de las aguas residuales debe realizarse de manera segura y responsable, asegurando que los efluentes tratados cumplan con los estándares de calidad ambiental y no representen una amenaza para la salud humana o el medio ambiente. El tratamiento adecuado del agua y la implementación de métodos de producción más limpia son necesarios para lograr una reutilización eficiente y sostenible de los recursos hídricos en la industria de la curtiembre.

5.10.5 Tratamiento de emisiones del pelambre

- Es importante contar con un sistema adecuados de ventilación y extracción para eliminar el H_2S y otros gases tóxicos del aire y mantener niveles seguros en el ambiente de trabajo.
- Los trabajadores también deben recibir capacitación sobre los riesgos asociados con el H_2S y utilizar el equipo de protección personal adecuado para protegerse de la exposición a este gas tóxico.
- El monitoreo regular de los niveles de H_2S en el aire es esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable durante el proceso del pelambre.

5.10.6 Medidas de prevención y control adecuados

Estas medidas permiten garantizar la seguridad de los trabajadores en el proceso del pelambre:

- **Uso de equipos de protección personal (EPP):** proporcionar y asegurarse de que los trabajadores usen el equipo de protección personal adecuado, como guantes resistentes a productos químicos, gafas de seguridad, mandiles o delantales, y botas de seguridad.
- **Ventilación adecuada:** instalar sistemas de ventilación adecuados en las áreas del pelambre para controlar la exposición a vapores y gases tóxicos, asegurando una adecuada renovación del aire.
- **Manipulación segura de productos químicos:** capacitar a los trabajadores en el uso seguro de los productos químicos empleados en el proceso del pelambre, informándoles de los riesgos asociados y las medidas preventivas.
- **Etiquetado y almacenamiento adecuado:** asegurarse de que los productos químicos estén debidamente etiquetados y almacenados de manera segura de acuerdo con las normas de manejo y almacenamiento seguro.
- **Entrenamiento y capacitación:** brindar capacitación adecuada a los trabajadores sobre los peligros y riesgos específicos del proceso del pelambre y las prácticas de trabajo seguras.
- **Control de maquinaria:** garantizar que las máquinas utilizadas en el proceso del pelambre estén en buen estado de funcionamiento, y que se sigan las prácticas seguras de operación y mantenimiento.
- **Control de derrames y fugas:** implementar medidas para prevenir y controlar derrames y fugas de productos químicos, así como tener procedimientos claros para enfrentar estas situaciones de manera segura.
- **Señalización y delimitación de áreas peligrosas:** colocar señales y marcar claramente las áreas peligrosas del proceso del pelambre, indicando las precauciones necesarias y evitar el acceso no autorizado.

Es importante que estas medidas se implementen de manera sistemática y que exista una cultura de seguridad en el lugar de trabajo, donde todos los empleados estén comprometidos con su propia seguridad y la de sus compañeros. Además, es importante conocer las normas las normativas y mejores prácticas de seguridad y salud en el trabajo para

garantizar una producción más segura y responsable en el proceso del pelambre.

5.10.7 Características de los EPP

Las características de los EPP deben ser establecido por un especialista, el tesista es Bachiller en Ingeniería Química, no obstante, al consultar con el especialista en el tema, este indicó que, estos EPP utilizados en el área del pelambre deben ser diseñados para brindar una protección eficaz frente a los riesgos específicos que se producen en este entorno de trabajo.

Algunas características de diseño importantes de los EPP en el área del pelambre incluyen:

- **Resistencia a productos químicos:** los EPP deben estar fabricados con materiales que puedan soportar los productos químicos utilizados en el proceso del pelambre, como álcalis, ácidos y otros productos químicos corrosivos.
- **Impermeabilidad:** los EPP deben ser impermeables para evitar el contacto con productos químicos y daños en la piel.
- **Protección contra cortes y pinchazos:** para los trabajadores que manipulan cuchillos u otras herramientas afiladas en el proceso del pelambre, los EPP deben ofrecer protección contra cortes y pinchazos.
- **Comodidad y ergonomía:** los EPP deben ser cómodo de usar durante períodos prolongados y debe estar diseñado para permitir el movimiento suficiente para realizar las tareas requeridas.
- **Ajuste adecuado:** es importante que los EPP se ajusten adecuadamente al cuerpo del trabajador para garantizar una protección ajuste correctamente al cuerpo del trabajador para garantizar una protección eficaz y evitar que se deslice o se mueva durante el trabajo.
- **Visibilidad y señalización:** algunos EPP, como chalecos de alta visibilidad, puede ser necesario para garantizar la visibilidad de los trabajadores en el área de trabajo y prevenir accidentes.
- **Protección respiratoria:** cuando exista riesgo de exposición a vapores, gases o partículas en suspensión, los EPP deben incluir respiradores como mascarillas o respiradores que se ajusten adecuadamente y brinden la protección necesaria.
- **Protección para los ojos y la cara:** los trabajadores deben usar anteojos de seguridad o un protector facial para proteger los ojos y la cara de salpicaduras químicas o

partículas durante el pelambre.

- **Fácil limpieza y mantenimiento:** los EPP deben ser de fáciles de limpiar y mantener para asegurar su eficacia y durabilidad a lo largo del tiempo.
- **Cumplimiento de normas y regulaciones:** los EPP utilizados en el área del pelambre deben cumplir con las normas y regulaciones de seguridad y salud ocupacional aplicables, asegurando su calidad y confiabilidad.

Es importante que los trabajadores estén adecuadamente capacitados en el uso y cuidado de los EPP, y que se promueva una cultura de seguridad en el lugar de trabajo para garantizar un uso adecuado y una protección eficaz contra los riesgos del pelambre.

5.10.8 Programa de vigilancia médica para monitorear la salud

El programa de vigilancia médica debe de ser establecido por un especialista, el tesista es Bachiller en Ingeniería Química, no obstante, al consultar con el especialista en el tema, este indicó que, para monitorear la salud de los trabajadores en el área del pelambre debe ser diseñado y desarrollado por profesionales de la salud y seguridad ocupacional en conjunto con el departamento de recursos humanos de la empresa.

El objetivo de este programa es detectar y prevenir tempranamente los posibles efectos nocivos de la exposición a riesgos laborales en el proceso del pelambre. Estos son los pasos para completar el programa de vigilancia médica:

- **Identificación de riesgos laborales:** efectuar una evaluación detallada de los riesgos presentes en el área del pelambre, incluyendo exposición a productos químicos, polvo, ruido, malas posturas y factores que puedan afectar la salud del trabajador.
- **Definir los exámenes médicos requeridos:** a partir de riesgos, determinar los exámenes de salud específicos que se deben realizar a los trabajadores. Estas pruebas pueden incluir pruebas de función pulmonar, análisis de sangre y orina, y una evaluación de la audición, entre otros.
- **Periodicidad de los exámenes:** determinar la frecuencia de los controles médicos con base en los riesgos identificados y las normas de salud ocupacional locales. Por lo general, se realizan exámenes médicos antes del ingreso al trabajo, periódicamente durante el empleo y al finalizar la relación laboral. Con carácter general, se realiza un control de salud antes de iniciar el trabajo, periódicamente durante la relación laboral y al final de la relación laboral.

- **Consentimiento informado:** obtener el consentimiento informado de los empleados para realizar los exámenes de salud. Es importante explicar claramente el propósito de las pruebas y la confidencialidad de la información.
- **Registro y análisis de resultados:** llevar un registro de los exámenes médicos realizados a cada empleado y analizar los resultados para detectar posibles problemas de salud relacionados con el trabajo.
- **Acciones preventivas:** cuando se descubre un problema de salud o relación con riesgos laborales, tomar medidas preventivas y correctivas para proteger la salud del trabajador y prevenir futuras complicaciones.
- **Capacitación y sensibilización:** capacitar a los trabajadores sobre la importancia de la vigilancia médica y la prevención de riesgos laborales, mediante el fomento de la cultura de seguridad y salud en la industria del pelambre.
- **Colaboración con profesionales de la salud:** colaborar con médicos y expertos en salud ocupacional para interpretar adecuadamente los resultados y hacer recomendaciones para mejorar las condiciones de trabajo.

Un programa de vigilancia médica bien implementado puede **proteger** significativamente la salud de los trabajadores y prevenir enfermedades laborales relacionadas con el área del pelambre. La participación activa de la empresa y de los **empleados** es **la** clave para asegurar el éxito del programa y garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable.

5.11 Análisis de resultados

Al adoptar prácticas de producción más limpia, se pueden lograr beneficios tanto ambientales como el ahorro de recursos y costos, así como la mejora de la reputación y el cumplimiento ambiental.

Resultados;

- Se logró establecer el diagrama de flujo del pelambre, el cual permitió tener una visión holística para poder realizar los cálculos matemáticos.
- Se logró identificar las materias primas, sus principales propiedades físicas y químicas, las cuales permitieron realizar el balance de calor, balance de masa, así como, sus respectivos cálculos.

- Se logró identificar los insumos, así como sus proveedores, lo que permitió verificar las concentraciones de los productos químicos empleados en la etapa del pelambre.
- Se logró identificar los principales equipos en la etapa de pelambre, así como, sus principales características de diseño, con la finalidad de evaluar posibles intempestivas paradas de planta, estando en buenas condiciones los equipos.
- Se logró realizar pruebas de laboratorio, lo que permitió establecer la cantidad de absorción del agua absorbida por la piel, en la etapa de pelambre. Del mismo modo, se pudo determinar, experimentalmente, la cantidad de pelos obtenidos luego de la etapa de pelambre.
- Se realizó el balance de masa en la etapa de pelambre.
- Se realizó el balance de calor en la etapa de pelambre.
- Se identificó la toxicidad de los compuestos utilizados en la etapa de pelambre.
- Se logró establecer la estrategia para la producción más limpia en la etapa de pelambre.

5.12 Evaluación y decisiones tomadas

La evaluación inicial en curtiembre en el área del pelambre permitió encontrar lo siguiente:

- **Toxicidad de los reactantes:** en el pelambre se encontró el uso de dos insumos químicos altamente tóxicos, el óxido de calcio, conocido como CaO y Na_2S , ambos productos químicos se encontraban en un “almacén al aire libre”, por no decir, “en un canchón”, cerca de los servicios higiénicos, totalmente expuesto a la lluvia y humedad.
- **Toxicidad del Ca(OH)_2 :** en el pelambre, de acuerdo con la reacciones químicas, indicadas líneas arriba, se obtiene cal apagada como producto de la reacción de la cal viva con el agua, esta reacción química se produce dentro del botal, que es un sistema cerrado, pero este equipo, por la antigüedad del mismo, presentaba pequeños derrames y al ser extremadamente exotérmico, ponía en peligro la salud de los trabajadores, además de, disminuir la eficiencia del pelambre.
- **Identificación de residuos sólidos contaminantes:** el propósito del pelambre es retirar los pelos del cuero, mediante la adición de los insumos químicos, estos quedan

“retenidos” en el efluente.

- **Identificación de efluentes contaminante:** el agua del lavado en el pelambre es un agua residual, esta es eliminada del proceso.
- **Identificación de emisiones contaminantes:** la reacción química del Na_2S genera H_2S , este producto queda “retenido” dentro del botal (sistema cerrado), el cual, es queda liberado ni bien se abre la compuerta del botal.

Para lograr una producción más limpia en curtiembre en el área del pelambre, se puso en práctica lo siguiente:

- **Selección de materia prima:** utilizar pieles de alta calidad y asegurarse de que estén limpias y en buen estado desde el inicio del proceso.
- **Etiquetado clara del producto:** los insumos químicos (CaO y Na_2S) deben de estar claramente con el nombre del producto.
- **Almacenamiento adecuado:** ubicación y adecuación de un ambiente destinado solo para almacenamiento de los insumos químicos, con buena ventilación, alejado de áreas de trabajo, protegido de la lluvia y la humedad.
- **Información dentro del almacén:** el espacio dentro del almacén debe de figurar el nombre del producto, sus riesgos y advertencias, así como, el manejo y almacenamiento.
- **Separación de productos:** es importante almacenar el óxido de calcio y el sulfuro de sodio por separado, evitando la mezcla accidental de estos productos químicos, ya que pueden reaccionar entre sí o con otros materiales, generando riesgos adicionales.
- **Control de inventarios:** mantener un registro preciso del inventario de los productos químicos almacenados, para evitar acumulaciones excesivas y minimizar el riesgo de deterioro o caducidad.
- **Control de derrames:** contar con equipos y materiales adecuados para controlar derrames de productos químicos, como materiales absorbentes y kits de derrames, para evitar su propagación y minimizar la contaminación.
- **Control de procesos:** aplicar un estricto control de procesos en cada etapa del curtido con la finalidad de garantizar la consistencia y uniformidad del producto final. Esto implica ajustar parámetros como el tiempo, la temperatura, el pH y la concentración química.
- **Capacitación del personal:** Capacitación continua y adecuada, capacitación del

personal para comprender los procedimientos y técnicas requeridas para producir cuero de calidad.

- **Control de calidad:** se han establecido procedimientos de control de calidad para la inspección y evaluación continua de pieles y productos en cada etapa del proceso de curtido.
- **Uso de tecnologías y equipos apropiados:** evaluación de la provisión de máquinas y equipos modernos apropiados para el manejo y procesamiento de cueros crudos.
- **Cumplimiento de regulaciones:** garantizar el cumplimiento de todas las normas y estándares relacionados con la producción de cuero y el uso de productos químicos.
- **Gestión de residuos:** implementación de prácticas adecuadas de gestión de residuos para minimizar el impacto ambiental y cumplir con los estándares de sostenibilidad.
- **Enfoque en la sostenibilidad:** en la sostenibilidad: adopción de prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, como el uso responsable de los recursos y la reducción de la huella hídrica.
- **Mejora continua:** estableciendo un método de mejora continua para identificar oportunidades de mejora y optimización de procesos productivos y de calidad.
- **Comunicación con los clientes:** con los clientes: mantener un estrecho contacto con los clientes para comprender sus requisitos y expectativas y garantizar que se satisfagan sus necesidades.

La aplicación de estos principios comenzó a ayudar a la curtiduría a producir pieles de calidad y seguir siendo competitiva en el mercado, al tiempo que garantizaba la protección del medio ambiente y la seguridad de los trabajadores.

CAPÍTULO VI: CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE LA EMPRESA

6.1 Actividades de innovación realizadas como bachiller

Se realizó estudios preliminares para sustituir el pelambre reductor con Na_2S por NaOH con H_2O_2 en el baño, después de un tiempo de rodaje se tiene que acidificar para deshincar la piel y eliminar mejor el pelo de dentro de la piel.

En los ensayos químicos se encontraron algunos preliminares resultados:

- Dado que no se utilizó sulfuro en el pelambre oxidante, se disminuyó el mal olor que provoca el pelambre reductor.
- Se apreció que las pieles “resbalan” más que las pieles con sulfuro, esto habría que investigar con los que le dan el acabo final al cuero, en qué tan provechoso es.
- Al agregar NaOH con H_2O , la reacción es altamente exotérmica, más que el sistema reductor con sulfuro, eso habría que investigar más, en qué tan beneficioso es un aumento en la gradiente de temperatura.

6.2 Participación en unidades o grupos de seguridad industrial

La Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, así como, su Reglamento, preceptúa la capacitación a los trabajadores en temas de prevención y reducción de riesgos en el entorno laboral, esta capacitación debe de realizarse por lo menos 4 veces en el año.

La Ley N° 29783, también conocida como la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), establece las normas y regulaciones para proteger la integridad y la salud de los trabajadores en el ámbito laboral. Esta ley es aplicable a todas las actividades económicas, incluida la industria del pelambre.

A continuación, se describen la forma cómo se aplicó la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en el proceso del pelambre:

- **Evaluación de riesgos laborales:** se realizó una evaluación de los riesgos laborales presentes en el proceso del pelambre, identificando los peligros asociados a los productos químicos, máquinas y procesos utilizados e implementando medidas para minimizar o eliminar estos riesgos.

- **Implementación de medidas de prevención:** se han implantado suficientes medidas preventivas y de control adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores, como el uso de equipos de protección personal (EPP), tales como:
 Guantes de PVC (cloruro de polivinilo), gafas de seguridad selladas, el mameluco es de polipropileno que es ideal para manipulación de partículas finas como cal y máscaras de madia cara con filtro generalmente los de tipo E que son adecuados para gases ácidos como H_2S , botas de caucho en su versión mezclada con PVC son adecuadas para trabajar en este ambiente con $Ca(OH)_2$, mandil de PVC es muy resistente a químicos corrosivos además de ser impermeables ideales para este proceso, la instalación de sistemas de ventilación y control de humos, y la implementación de controles de ingeniería.
- **Capacitación y entrenamiento:** los empleados han recibido capacitación y educación adecuadas para permitirle realizar sus labores de manera segura, conociendo los riesgos asociados con la eliminación y previniendo lesiones, accidentes y enfermedades laborales.
- **Manejo de sustancias químicas:** se instituyó el cumplimiento de las normativas sobre el manejo seguro de productos químicos utilizados en el proceso del pelambre, proporcionando información sobre los riesgos y el uso adecuado de estos productos.
- **Control de efluentes y residuos:** se han implementado un sistema de tratamiento adecuados para los efluentes generados durante el pelambre, para prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud de los trabajadores y la comunidad circundante.
- **Ergonomía y manejo de cargas:** se han evaluado y mejorado las condiciones ergonómicas de trabajo para prevenir lesiones musculoesqueléticas y garantizar equipos y herramientas adecuadas para el manejo seguro de cargas pesadas.
- **Vigilancia médica:** se implementó un programa de vigilancia médica para monitorear la salud de los trabajadores y detectar a tiempo los efectos adversos derivados del proceso del pelambre.
- **Supervisor de Seguridad y Salud:** se asignó un supervisor de seguridad y salud ocupacional en el trabajo, quien trabajó de forma interactiva con los trabajadores que laboraban en el proceso del pelambre.

Es importante que los empleadores y trabajadores cumplan con la Ley de Seguridad y

Salud en el Trabajo y trabajen de manera conjunta para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable en la industria del pelambre. La prevención de accidentes y enfermedades laborales es una responsabilidad compartida y una parte importante de una producción más segura y responsable.

Figura 31

Capacitación individual sobre EPP al personal



Nota. La fotografía permite apreciar al tesista en plena capacitación para formar los grupos de seguridad.

6.3 Actividades de representación de la empresa

El suscrito realizó las siguientes actividades:

La empresa realizaba servicios para de curtiduría de pieles para otras empresas o servicios ocasionales, en ese sentido, el suscrito realiza informes técnicos en nombre de la empresa; en dichos informes, se resaltaba los aspectos técnicos considerados en el lote de producción, con la finalidad de evaluar el rendimiento de la producción, variable que era solicitada por los clientes.

La empresa brindaba asesoramiento a otras empresas de similares características, en ese sentido, el suscrito, realizaba opiniones no vinculantes en las visitas técnicas que realizaba a dichas empresas, el asesoramiento se basaba en la producción y productividad en las empresas de curtiduría.

La empresa realizaba capacitación de personal a otras empresas similares, en ese sentido, el suscrito, realizaba capacitación externa para compartir conocimientos adquiridos durante las actividades realizadas, la capacitación consistía en la manipulación de las pieles, así como, en el funcionamiento de los equipos empleados en la curtiduría.

CAPÍTULO VII:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

1. En la etapa de pelambre se identificó los efluentes, efluentes y residuos sólidos: lodo (debido a que algunas de las pieles tienen tierra en la piel) y sanguaza (sangre impregnada en la piel), en residuos sólidos: residuos de piel (algunos pequeños trozos que se desprenden durante la etapa de pelambre) y pelos (aquellos que están en la parte exterior de la piel); en efluente: el Na_2S .
2. Se realizó el balance de masa que permitió determinar que se obtiene 4593,84 kg de piel sin pelos a partir de 3000 kg de piel el cual duro un total de 29 horas.
3. Se realizó el balance de calor permitió determinar que se obtiene 3613,48 kcal a partir de 3000 kg de piel.
4. Se estableció la estrategia para una producción más limpia en una curtiembre en el área del pelambre.

7.2. Recomendaciones

- La implementación de sistema de tratamiento de la descarga del agua residual de la curtiembre, permitirá que los parámetros se puedan controlar.
- Se recomienda monitoreos continuos para evidenciar el control de los principales parámetros.
- Finalmente, se recomienda una limpieza periódica del agua residual de la curtiembre a la salida de la descarga, para evitar acumulación de partículas en la rejilla.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS

- Artigas, R.; Banchieri, C.; Clavijo, V. y Handerson, N. (2021). *Obtención de hidrolizado de queratina para productos capilares a partir de pelo bovino*. Universidad de la República de Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29500/6/ABCH21.pdf>
- Casa Q., L. M. (2021). Extracción de gelatina mediante ácido acético utilizando como materia prima desechos de curtiembres [tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32075/1/AL%20766.pdf>
- Castillo C., M, D. C. y López M., J. O. (2018). *Tratamiento del agua residual industrial de la curtiembre Rolemt, para el cumplimiento de los valores máximos admisibles* [tesis de ingeniería, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/825/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cotes S., M. S. y Herrera G., J. V. (2022). *Estrategias de producción limpia para las empresas cerámicas con tecnología Horno Túnel en el área metropolitana de Cúcuta* [tesis de ingeniería, Universidad libre Cúcuta Norte de Santander]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23331/Tesis%20de%20Graduado%20-%20Producci%C3%B3n%20m%C3%A1s%20limpia%20-%20Proyecto%20final.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Criollo B., J. X. (2010). *Diseño e implementación de un plan de producción más limpia en la empresa Press Forja S.A.* [tesis de ingeniería, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2588>
- Diario Más Encarnación. (18 de febrero de 2022). *La Laguna Cerro se está secando y piden ayuda al Mades*. <https://www.masencarnacion.com/articulo/la-laguna-cerro-se-esta-secando-y-piden-ayuda-al-mades>
- Esparza y Gamboa (2001). Contaminación debida a la industria curtiembre. *Revista de Química XV*(1). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756/4757>
- Human Rights Watch. (8 de octubre de 2012). *Bangladesh: tanneries harm workers, poison communities* [Bangladesh: las curtidurías dañan a los trabajadores y envenenan a las comunidades]. <https://www.hrw.org/es/news/2012/10/08/bangladesh-las-curtidurias->

[danan-los-trabajadores-y-envenenan-las-comunidades](#)

- Lipcovich, P. (8 de agosto de 2021). Curtiembres pasa sacar el cuero. *Diario Página 12*.
<https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-174004-2011-08-08.html>
- Mora M., L. E.; Maldonado S., M.; Padilla R., B.; Estrada M., A.; Sánchez O., G. y Segoviano G., J. J. N. (2020). Reciclado de subproductos de origen animal: composición y valor nutritivo del pelo bovino hidrolizado hidrotérmicamente. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2).
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962020000200092
- Radio Caracol. (27 de setiembre de 2018). *Sellan 50 curtiembres en Bogotá por contaminación ambiental*.
https://caracol.com.co/emisora/2018/09/27/bogota/1538050909_394544.html
- Rosner, W. (2008). El impacto ambiental de las curtiembres en Trujillo-Perú. *Revista geográfica N*(124), pp. 57-77. <https://www.jstor.org/stable/40992746>
- Silva R., L. A. (2014). *Tecnologías relacionadas con biofertilizantes*. Pontificia Universidad Javeriana. https://www.sic.gov.co/recursos_user/biofertilizantes.pdf
- Coba U., E. J. J. y Rodríguez T., J. (2018). *Efecto de la concentración del hidróxido de calcio en la obtención de queratina de pelo vacuno de la curtiembre ecológica del Norte EIRL* [tesis de ingeniería, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32637/Coba_UEJJ-Rodriguez_TJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores T., N. E. y Acosta L., W. A. (2023). Optimización de hidrólisis básica para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato [tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37931>
- Vega Z., L. P. (2014). *En su investigación del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina con hidróxido de calcio* [tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina].
https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1901/Q60_V4%20-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexos

Anexo 1: Cuero fresco



Anexo 2: Cuero lavado



Anexo 3: Adición de reactivos para el proceso de pelambre



Anexo 4: Revisión de parámetros de agua



Anexo 5: Cuero después del pelambre

