

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

**Diseño de un plan de producción limpia para
una pequeña empresa productora de
cueros en Arequipa**

Karina Mamani Ventura
Claudia Lisset Gutierrez Ccapa

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ph. D. Anieval Peña Rojas

AGRADECIMIENTOS

Gracias al asesor, Ph. D. Anieval Peña Rojas, por la paciencia y dedicación brindada en esta travesía. Nos sentimos privilegiadas por haber contado con ellos en cada momento que lo hemos requerido.

Gracias a todos los docentes que nos han acompañado en nuestra vida universitaria, ellos han sido fuente de conocimientos con el cual hemos podido desarrollar nuestras habilidades.

Gracias a la Universidad Continental por habernos formado de manera integral.

DEDICATORIA

A Dios por dejarnos existir, a nuestros padres por darnos la oportunidad de estudiar, y a nuestros amigos por el tiempo brindado.

ÍNDICE

ASESOR.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Problema general.....	2
1.1.2 Problema específico.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.3.1 Ambiental.....	3
1.3.2 Social.....	4
1.3.3 Económica.....	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes del problema.....	6
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	10
2.2 Bases teóricas.....	14
2.2.1 Producción más limpia (PML).....	14
2.2.2 Principios de la producción más limpia (PML).....	14

2.2.2.1	Principio de prevención	14
2.2.3	Curtiembres	15
2.2.4	Procesos involucrados	16
2.2.5	Contaminantes generados por los procesos	20
2.2.6	Contaminación por curtiembres.....	22
2.3	Definición de términos básicos	23
2.3.1	Pelambre	23
2.3.2	Curtido	23
2.3.3	Recurtido	23
2.3.4	Sales de cromo	23
2.3.5	Sulfuro de sodio	24
2.3.6	Cal	24
2.3.7	Botal o bombo.....	24
2.3.8	pH	24
2.3.9	Aguas residuales.....	24
2.3.10	Valores máximos admisibles	24
CAPÍTULO III.....		26
METODOLOGÍA		26
3.1	Método general	26
3.2	Tipo de investigación.....	26
3.3	Alcance de la investigación científica	26
3.4	Diseño de investigación	26
3.4.1	Tipo de diseño	26
3.5	Población y muestra.....	26
3.5.1	Técnicas e instrumentos de recolección.....	27
CAPÍTULO IV		28
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN		28
4.1	Identificación de requerimientos.....	28
4.1.1	Producción total de cueros.....	28

4.1.2	Procesos críticos.....	28
4.1.3	Consumo de agua.....	30
4.1.4	Consumo de materia prima	32
4.2	Análisis de la solución	33
4.3	Diseño.....	34
4.3.1	Etapa 1. Planeamiento y organización	34
4.3.2	Etapa 2. Diagnóstico de las curtiembres	35
4.3.3	Etapa 3. Implementación y seguimiento.....	36
CAPÍTULO V		38
CONSTRUCCIÓN		38
5.1	Construcción	38
5.2	Prueba y resultados	39
5.2.1	Etapa 1. Planeamiento y organización	39
5.2.2	Etapa 2. Diagnóstico de la curtiembre.....	42
5.2.3	Etapa 3. Implementación y seguimiento.....	54
CONCLUSIONES		56
TRABAJOS FUTUROS.....		57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		58
ANEXOS.....		64
Anexo 1. Cadena de custodia de muestreos.....		64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aspectos e impactos ambientales del subsector curtiembre	22
Tabla 2. Procesos críticos de las curtiembres	28
Tabla 3. Composición de los efluentes generados en los procesos críticos	29
Tabla 4. Aporte de efluente por proceso crítico.....	29
Tabla 5. Consumo de agua asociado a los procesos críticos.....	31
Tabla 6. Relación de insumos utilizados por proceso crítico	32
Tabla 7. Alternativas de solución según los procesos.....	33
Tabla 8. Cronograma del proyecto.....	38
Tabla 9. Cronograma de actividades	40
Tabla 10. Determinación de limitantes y alternativas de solución	41
Tabla 11. Áreas funcionales de la empresa	42
Tabla 12. Capacidad de producción.....	43
Tabla 13. Maquinaria	43
Tabla 14. Insumos utilizados.....	43
Tabla 15. Datos generales del check list.....	44
Tabla 16. Formato de check list para el proceso del pelambre	44
Tabla 17. Formato de check list para el proceso del curtido y recurtido	45
Tabla 18. Alternativas para los procesos críticos	52
Tabla 19. Resultados de la recirculación del agua	53
Tabla 20. Resultados de la recirculación del agua	53
Tabla 21. Beneficios de la implementación de las alternativas propuestas	54
Tabla 22. Financiamiento.....	54
Tabla 23. Encargados de etapas de trabajo.....	55
Tabla 24. Determinación de las etapas para el seguimiento	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la curtiembre objeto de estudio en Arequipa.....	2
Figura 2. Curtiembre Pieles del Sur	16
Figura 3. Botales utilizados para la etapa de ribera	17
Figura 4. Botal para la etapa de curtido	18
Figura 5. Flujograma del proceso de producción de cueros.....	19
Figura 6. Flujograma de los contaminantes generados en cada proceso.....	20
Figura 7. Flujograma de los procesos críticos con mayor generación de efluentes.....	21
Figura 8. Aporte de efluente por proceso crítico.....	30
Figura 9. Consumo de agua de los procesos críticos.....	31
Figura 10. Cuero procesado con los insumos	33
Figura 11. Diagrama de flujo del diseño del PPL	37
Figura 12. Organigrama de la empresa	39
Figura 13. Croquis de la empresa.....	42
Figura 14. Medidor de volumen	48
Figura 15. Diagrama de los licores y tratamiento de efluentes.....	49
Figura 16. Mantenimiento de los botales.....	50
Figura 17. Proceso de descarnado	51

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Diseño de producción limpia para una pequeña empresa productora de cuero en Arequipa”, se desarrolló a fin de poder generar una alternativa que sea adecuada para esta industria con la que se logre disminuir su impacto negativo que genera al medio ambiente y a las personas, así como el manejo adecuado de efluentes, de sus insumos químicos y la cantidad de agua utilizada. El proceso productivo de las industrias de la curtiembre implica diferentes etapas como son la ribera, curtido y acabado, por cada una de ellas se presentan una serie de procesos y este trabajo se enfocó en tres procesos de esas etapas; el pelambre, curtido y recurtido. La investigación se realizó en dos partes siendo inicialmente el diseño de un plan para poder reutilizar y optimizar el consumo de agua; en segundo lugar, se presenta el diseño para la recirculación de la materia prima. Por otro lado, el instrumento base para determinar la metodología de este trabajo es la Guía Peruana para la implementación de producción más limpia la cual ha contribuido significativamente en la investigación. El diseño del plan de producción limpia consta de tres etapas; planeamiento y organización, diagnóstico de las curtiembres y por último implementación y seguimiento. Los resultados logrados fueron la maximización de los insumos (75%), la reducción de consumo de agua (48%) y la disminución de la carga nociva de los efluentes. En otras palabras, la implementación del plan ha conseguido los objetivos planteados en este trabajo.

Palabras clave: Efluentes, Cromo hexavalente, Sulfuros, insumos químicos y producción más limpia.

ABSTRACT

The present research work "Clean production design for a small leather production company in Arequipa", was developed in order to generate an alternative that is suitable for this industry with the aim of reducing its negative impact on the environment and people, as well as the proper management of effluents, of their chemical inputs and the amount of water used. The productive process of the tannery industries involves different stages such as the shore, tanning and finishing, for each of them a series of processes are presented and this work focused on three processes of these stages; the peeling, tanning and recurtide. The research was carried out in two parts, initially the design of a plan to be able to reuse and optimize water consumption; secondly, the design for the recirculation of the raw material is presented. On the other hand, the basic instrument to determine the methodology of this work is the Peruvian Guide for the Implementation of Cleaner Production which has contributed significantly in the research. The design of the clean production plan consists of three stages: planning and organization, diagnosis of tanneries and finally implementation and monitoring. The results achieved were maximization of inputs (75%), reduction of water consumption (48 %) and reduction of the harmful burden of effluents. In other words, the implementation of the plan has achieved the objectives set out in this work.

Keywords: Effluents, Hexavalent Chromium, Sulphides, chemical inputs and cleaner production.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se aborda un problema medio ambiental que por años ha venido causando un impacto negativo e irreversible en muchos países, las curtiembres. Pese a que el Perú no es una de los principales productores a nivel mundial, las regiones que ejecutan esta actividad han dañado de forma grosera los diferentes componentes ambientales de su territorio. Por lo tanto, Arequipa no escapa a esta problemática que avanza y empeora día a día.

La razón por la que se realiza este trabajo de investigación radica en las consecuencias graves medioambientales y sociales que se generan con la producción de cuero dado que en el efluente resultante encontramos una carga química nociva para cualquier forma de vida. Esta actividad ha sido tema de discusión por parte de las entidades fiscalizadoras, gobiernos regionales y locales, la población y los mismos empresarios debido a que dichos efluentes contienen sulfuros, cromo, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, grasas, tintes, materia orgánica, entre otros.

Lamentablemente, en Arequipa son pocas las empresas que han implementado alguna medida que no pasan de ser paliativas, esto debido a que muchas de estas empresas no tienen los medios económicos o simplemente no lo ven como una obligación sino como una medida de carácter voluntario. Sin embargo, es innegable que cada vez más empresas dedicadas a la producción de cueros, están en busca de nuevas maneras de reducir sus impactos y es por ello que este trabajo tiene una importancia significativa frente a la coyuntura actual.

El trabajo está conformado por cuatro capítulos. El primero de ellos describe el problema de manera global, nacional y local del subsector curtiembre, especificándose el impacto negativo sobre lo social, por los contaminantes emitidos a su entorno; económico, por el sobre costo de insumos y recursos que hacen por no contar con un plan de producción limpia y, ambiental por los componentes como aire, suelo y agua que son afectados.

En el segundo capítulo se aborda los antecedentes internacionales y nacionales del problema que han aportado al perfilamiento de la investigación principalmente a la metodología. Asimismo, se revisa diferentes fuentes y se establece las bases teóricas compuesta por la descripción del proceso, identificando sus entradas y salidas además de los procesos críticos. En base al trabajo se definieron términos básicos a emplear.

Para el tercer capítulo, se plantea la metodología a utilizar, siendo el método científico la base del trabajo. Es de tipo tecnológico, el alcance es explicativo, el diseño aplicado es no

experimental de tipo transversal, la población es el subsector curtiembre del Parque Industrial de Río Seco en Cerro Colorado-Arequipa, mediante muestreo no probabilístico por juicio se determinó que la muestra es una curtiembre de pequeña capacidad; asimismo, la técnica considerada es la observación y el instrumento es la Guía Peruana para la implementación de Producción más Limpia GP 900.200.

El cuarto capítulo trata de los datos que se tienen acerca del caso de estudio, estos son sobre los procesos críticos considerados para el presente trabajo (pelambre, curtido y recurtido). Se ha identificado la composición de los efluentes que genera cada proceso crítico, así como el consumo de agua y materia prima de cada uno donde se muestra cuál de estos es más crítico y tiene un mayor aporte. A partir de esto se determinó las posibles soluciones, siendo cinco propuestas y se realizó el diseño que consta de tres etapas.

El quinto capítulo trata sobre la construcción, es decir cómo se implementó el plan a la curtiembre. Asimismo, se obtuvo los resultados de cada problema identificado en los que se demuestra la viabilidad del plan de producción limpia.

El objetivo principal por el que se desarrolla este trabajo es diseñar un plan de producción limpia para reducir la carga nociva del efluente generado en la producción de cueros.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La actividad vinculada a la producción de cueros es realizada en diferentes países del mundo y en todos ha causado un impacto ambiental y social irreversible. Se puede decir que no hay país que se haya salvado de las consecuencias negativas de esta actividad económica. Según (Martínez Buitrago y Romero Coca 2017) Italia es el mayor productor de cueros cubriendo el 70% del total de producción exportada por Europa. Conscientes del daño que significa, el Estado italiano tiene una normativa exigente con el fin de preservar el medio ambiente que difiere mucho de la situación en Latinoamérica pues es común el incumplimiento de las normas que se han aprobado hasta ahora.

En el plano nacional y siendo uno de los países que cuenta con abundante materia prima para realizar esta actividad, Arequipa es una de las principales regiones en las que se concentra la mayor distribución geográfica de empresas operativas, sólo superado por Lima (Ministerio de Producción 2000), dichas empresas están ubicadas en su mayoría en el Parque Industrial de Río Seco-PIRS, localizado en Cerro Colorado y desde sus inicios hasta hoy se observan y discuten los diferentes impactos negativos que generan. Anteriormente, este sector no tenía un contacto tan cercano con los habitantes del distrito, esto fue cambiando a medida que la población crecía y con ella crecieron las externalidades sociales y ambientales resultantes del proceso productivo del cuero (Gobierno Regional de Arequipa 2010).

Según (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2017), hay más de 1000 empresas dedicadas a esta actividad, de las cuales 148, están ubicadas en Cerro Colorado, de estas últimas hasta el año pasado, sólo 16 están registradas en la base de datos de la Municipalidad de Cerro Colorado. Estos datos nos indican que hay un 89% del total de empresas que están funcionando sin ningún tipo de monitoreo ni la implementación de medidas que reduzcan su impacto negativo.

En el proceso que está constituido por diferentes etapas, se usan alrededor de 500 kilos en reactivos químicos. Así mismo, se emplean más de 3000 L de agua mensualmente y consumen alrededor de 165 kWh/mes de energía eléctrica (Ministerio de Producción 2016). Asimismo, el efluente resultante está cargado con sal, sangre, sólidos suspendidos, metales pesados, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica Oxígeno, aceites, grasas y vapores; en concentraciones elevadas que superan los Valores Máximos

Admisibles de la legislación peruana (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020).

Frente a ello, son pocas las empresas que han tomado medidas para mejorar el impacto de la producción de cueros, aun siendo conscientes de que los efluentes generados actúan en detrimento de la población y el ambiente. Cabe resaltar que, día a día cientos de litros de efluentes de todas las curtiembres terminan en pozas de oxidación, los cuales no son tratados en su totalidad desde hace años. Entonces, se puede percibir que este sector carece de medidas correctivas, lo que conlleva a encarecer el proceso, así como el tratamiento que deben hacer a los efluentes generados.



Figura 1. Ubicación de la curtiembre objeto de estudio en Arequipa.

Fuente: («Google Maps» 2020)

En la **figura 1** se muestra la ubicación de la curtiembre en el Parque Industrial de Río Seco-PIRS ubicada en Cerro Colorado-Arequipa, en base a la cual se hizo la investigación. La empresa tiene un área de 900 m² en los que se distribuyen las zonas de los botaes, la cámara de sedimentación, la zona de almacenamiento, entre otros.

1.1.1 Problema general

¿Cómo un plan de producción limpia reduce la carga nociva de los efluentes generados por una pequeña empresa productora de cueros en Arequipa?

1.1.2 Problema específico

- ¿Cuáles son los efectos de un plan de producción limpia en el consumo de agua de una pequeña empresa productora de cueros en Arequipa?
- ¿Cuáles son los efectos de un plan de producción limpia en el consumo de materia prima de una pequeña empresa productora de cueros en Arequipa?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un plan de producción limpia para reducir el cromo VI y sulfuros de los efluentes generados por una pequeña empresa productora de cueros en Arequipa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Reutilizar y optimizar el consumo de agua.
- Recuperar y/o recircular la materia prima empleada en los procesos.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Ambiental

Cada proceso aplicado para la producción de cuero tiene remanentes realmente contaminantes inorgánicos debido al uso de insumos químicos u orgánicos. Todos los efluentes resultantes de este sector llegan a la quebrada Añashuayco y a medida que va recorriendo ese trayecto, va contaminando el suelo volviéndola estéril. El punto final de dicho discurrimiento es una laguna de oxidación, que cada vez se hace más grande a pesar de las medidas paliativas empleadas por las empresas que resultan insuficientes.

Por otro lado, debido a las características de los efluentes resulta obvio el impacto negativo sobre el agua; como son: presencia de sólidos suspendidos, pelos, sangre, cloruro de sodio, estírcol, grasas, sulfato de cromo, colorantes textiles, entre otros. Sin embargo, estas no son las únicas esferas que se dañan, también el aire es perturbado por malos olores como resultado de la ineficiente disposición de los residuos sólidos y vapores (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos de azufre) que son consecuencia de los diferentes solventes utilizados en la etapa de acabado (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020). Asimismo, el proceso de producción genera ruidos y vibraciones que dañan la salud poblacional, pudiendo generar un daño auditivo irreversible (Ministerio de la Salud y Protección Social 2012).

Es por eso que, es de suma importancia realizar este proyecto para conseguir una disminución significativa en cuanto a los contaminantes que sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA) así como la descarga de efluentes tóxicos generados, teniendo este plan un impacto positivo sobre las externalidades ambientales.

1.3.2 Social

Las curtiembres en un principio se encontraban ubicadas en diferentes puntos de la ciudad y la gran mayoría eran informales. Posteriormente para poder mitigar en algo el incumplimiento de las normas por parte de las curtiembres, se reubicaron en el distrito de Cerro Colorado dicho distrito tiene según (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2017) 207114 habitantes quienes son los más afectados.

Con el paso del tiempo se dieron cuenta que afectaba a la salud de las familias cercanas a las curtiembres no sólo por los vapores y material particulado emitido sino porque los efluentes generados que llegan a la quebrada de Añashuayco que se encuentra conectada al Río Chili pudiendo contaminar el agua con el que riegan los cultivos ubicados en Uchumayo, los cuales son distribuidos para abastecer a toda la población Arequipeña de 1137087 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2017). Cabe resaltar que cerca de la quebrada hay criaderos de cerdos que también terminan en los mercados para el consumo de toda la población.

En consecuencia, el impacto negativo de las curtiembres causa un daño directo a la población, ya que generan enfermedades como cáncer, daño renal y hepático, daño en la dermis (cromo); intoxicaciones, daño al sistema nervioso, respiratorio y neurológico (vapores) (Vasquez et al. 2017).

Por lo tanto, bajo este punto de vista, la presente aporta un plan integral que permita a las curtiembres atacar el problema de raíz para que los efluentes reduzcan significativamente su potencial contaminante, garantizando las acciones pertinentes para mantener la salud de la población a salvo.

1.3.3 Económica

La producción más limpia es considerada una estrategia que pueden aplicar las empresas para que los procesos productivos aplicados tengan un costo bajo de producción. Asimismo, busca la innovación, así como la minimización del daño a la población y al medio ambiente (Ministerio de Agricultura 2007). Por lo tanto, las empresas son beneficiadas económicamente que, sin duda, es un gran atractivo para que su implementación se efectúe.

Cabe resaltar que, la industria de la producción de cuero es uno de los pilares que mueve la economía del país así lo afirma (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2017) ya que las exportaciones de este sumaron más de 26 millones de dólares en todo el Perú. Sin embargo, se enfrentan, hoy en día, a una fuerte competencia con otros mercados que producen cueros sintéticos a un bajo precio de venta, además de las exigencias de una producción que sea amigable en lo social y ambiental, es decir, son objeto de fiscalización y supervisión constante. Esto desemboca en una caída en demanda e ingresos.

El presente plan pretende hacer a este sector sostenible pues muchas empresas aseveran que las propuestas presentadas por diferentes instituciones suelen sobrepasar sobremanera el presupuesto con el que cuentan. Estas propuestas generalmente han sido enfocadas al tratamiento de los efluentes, pero no hacia la optimización de los procesos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- La tesis de pregrado realizado por (Zapana Pineda 2019) tuvo como objetivo la evaluación de dos ejemplares, la *Isolepis cernua* y *Nasturtium aquaticum* para reducir la carga química en los efluentes generados por curtiembres para que con ello se cumpla la norma ambiental. La metodología consta del diseño de ocho sistemas de humedales artificiales híbridos ubicados paralelamente, con flujo subsuperficial horizontal (FSSH) y superficial (FWS) para tratar efluentes pretratados. Una vez caracterizado el efluente, se adaptó las especies a los sistemas hasta que se consiguió el correcto desarrollo radicular, tallos y hojas (diez semanas). La dilución fue de 50%, 75%, 100% y control; se tomó 2 (FSSH) y 4 (FWS) días como tiempo de retención. El resultado obtenido fue una remoción del 98.95% para cromo, 98.99% para Demanda Bioquímica de Oxígeno 5, 96.84% para Demanda Química de Oxígeno, por último, 97.66% para sólidos suspendidos totales. En conclusión, los ejemplares consiguieron remover los parámetros medidos cumpliéndose con las exigencias ambientales para este sector. Este trabajo tiene un aporte significativo en cuanto al diseño del plan que se propone pues una de las etapas críticas de la actividad en estudio, es la del curtido donde se generan los efluentes con los parámetros analizados en la tesis citada, por lo que la metodología implementada sirve de base a los resultados futuros del presente trabajo.
- La tesis de pregrado cuyo autor (Quina Rosas 2019) tuvo como objetivo remoción de cromo III utilizando el hueso de olivo, empleó un pH 4 regulado con solución buffer, una concentración del biosorbente (C_B) de 10 y 20 g/L cuyo tamaño de partícula (G) fue 250 μ m y 296 μ m en una solución sintética y real (S), respectivamente. Para la metodología se empleó un diseño experimental 2^3 en el cual se hizo réplicas en todos los puntos, se determinó los metales por el método de espectrometría de absorción atómica de metales por llama y otro llamado método colorimétrico para cuantificar cromo III. El método logró remover 66.82% de cromo III en la solución real y 67.84% en la solución sintética. En síntesis, gracias a la quimisorción del hueso de olivo se consiguió remover el cromo III en un porcentaje considerable. Este trabajo tiene un aporte en cuanto a metodología

porque analiza un insumo químico utilizado en esta actividad, misma que tiene un impacto negativo mayor al resto de insumos.

- En la tesis cuyo autor es (Huarache Zapana 2018) con el objetivo de aplicar un biorremediación a efluentes de una curtiembre utilizando hongos, empleó una metodología a escala de laboratorio con las cepas fúngicas *Trichoderma viridae* (Tv), *Penicillium citrinum* (Pc) y *Penicillium sp* (Psp). En dicho trabajo se utilizó el método de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y el Índice de Tolerancia (IT) para comprobar cuál era más tolerante al cromo VI. El Tv logró un CMI por encima de 1000 mg/L y el Pc consiguió un CMI encima de los 500 mg/L en 21 días. El porcentaje de biorremoción más alto fue obtenido por el Pc con un 79.8% para cromo VI y 59,3% para sulfuros. En conclusión, el candidato idóneo fúngico fue el Pc para biorremediar el cromo VI y sulfuro encontrados en los efluentes. El trabajo citado aporta con una solución biológica que se puede emplear en la presente investigación.
- La tesis presentada por (Abril Huisacayna 2017) buscó incrementar la productividad mediante dos opciones de redistribución para solucionar problemas que se daban en los bienes tangibles e intangibles. Para ello se elaboró el Diagrama de Actividades del Proceso (DAP), Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), planos de recorrido y de Layout actuales. El diagnóstico señaló que había operaciones repetitivas e innecesarias y un recorrido con 11 demoras. Se llegó a la conclusión de que la propuesta 1 era la óptima por su rentabilidad alta, viabilidad, bajo costo, reducción de distancia, tiempo y recorrido. Su beneficio es de S/. 8 700.00, una inversión de S/. 274 965.46 y puede ser implementada en 4 meses. Este trabajo brinda un marco operativo que ayuda a reconocer en que procesos se debe enfocar el diseño de un plan de producción limpia.
- En la tesis realizada por (Ugarte Romero 2019), tuvo como objetivo determinar cuánta capacidad como agente biorremediador tienen las microalgas presentes en los efluentes derivados de la actividad de producción de cuero. Se aislaron y cultivaron las microalgas, luego se midieron los parámetros fisicoquímicos. Se emplearon tres diluciones del efluente las mismas que fueron inoculadas a las microalgas para realizar las pruebas de tolerancia, su evaluación duró seis días y después de esto se realizó la prueba piloto en el biorreactor con tres microalgas. El resultado fue alentador y de todas las microalgas la que mejor desenvolvimiento tuvo con el efluente contaminado fue la *Chlamydomonas sp*. En conclusión, estas microalgas son la fuente para recuperar los efluentes generados por las curtiembres. La presente tesis proporciona una opción biológica para aplicar a la etapa de curtido.

- La tesis realizada por (Aguilar Amanqui y Pumachara Maque 2019), tuvo como objetivo disminuir el impacto ambiental de la empresa seleccionada con la implementación de un Plan de Gestión Ambiental. Para este propósito se realizó un diagnóstico (check list) y con la metodología de Criterios Relevantes Integrados se determinó que los problemas más severos eran los residuos peligrosos y efluentes con alto porcentaje de cromo. Para resolverlos se aplicó un plan de minimización, un agente precipitante (hidróxido de sodio) y policloruro de aluminio (floculante). Se logró reducir la cantidad de cromo de 207.25 mg/L a 12.76 mg/L. En cuanto a los residuos como las carnazas se vendieron como colágeno a empresas productoras de gelatinas, las pieles para compostaje, las virutas de cuero como relleno sanitario. En síntesis, lograron minimizar los impactos a través de las medidas de control aplicada a cada punto crítico. Esta tesis sirve de base para tener mayor noción de los problemas que se generan en la producción de cueros, así como cuales son las sustancias químicas que pueden conseguir una mayor reducción del cromo y/o la manera de reutilizar los residuos sólidos.
- En el artículo científico de (Palomino Amorín, Vargas Parker y Visitación Figueroa 2016) se evaluó la manera de utilizar como absorbente y removedor de plomo, los pelos provenientes del ganado vacuno que se generan en el proceso de pelambre enzimático. La metodología se constituye del tratamiento por hidrólisis ácida a los pelos. La evaluación se hizo por adsorción tipo Batch, tomando como parámetro el pH y el mecanismo de adsorción. Se estudió las isotermas de adsorción y la cinética en cuanto al plomo II. El resultado de pH óptimo fue de 7, este parámetro no interviene en la adsorción del elemento, por tanto, la capacidad máxima conseguida por los pelos fue de 321 mg/g de Pb II demostrando eficiencia para la remoción del metal. El modelo que describe mejor este proceso fue el de pseudo-segundo orden. Este trabajo de investigación da un enfoque distinto a la investigación que generalmente considera procesos más críticos buscando la sustitución o reducción; sin embargo, los pelos son raramente considerados para su reaprovechamiento.
- El trabajo realizado por (Córdova Bravo et al. 2013) tuvo por objetivo la reducción de la emisión de cromo. Para ello se agregó acomplejantes y alcalinizantes al proceso de curtido sin alterar el cuero final. El método de control consto de ensayos físico-químicos y físico-mecánicos para evaluar la calidad del cuero considerándose el porcentaje de óxidos de cromo, las materias solubles en diclorometano, sustancia dérmica, pH además de una prueba de ebullición. Los resultados del estudio muestran el incremento de la capacidad de adsorción del cromo en 58,5% y luego hasta un 98,1%; lo que generó que el cuero cumpla con la calidad requerida además se redujo en 5% el uso de sal lo que conlleva a que la concentración del cromo total

reduzca de 2000 a 100 mg/L. Esto da pie a que se gaste menos en el tratamiento de los efluentes finales. Este artículo aporta en cuanto a alternativas para reducir el impacto de los efluentes finales, asimismo esto se extrapola al costo por tratamiento de estos efluentes lo que da una mayor base teórica al presente trabajo.

- La tesis de pregrado realizada por (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020) cuyo objetivo fue proponer estrategias para una producción más limpia (PML) en la etapa de ribera. La metodología utilizada fue según Guía Peruana 900.200.2007 orientada a la implementación de una PML, esta consta de cuatro etapas que son el planeamiento y organización, diagnóstico del desempeño ambiental, propuestas y elaboración del informe. Asimismo, se utilizó una guía para la identificación y evaluación de los aspectos ambientales como ruidos, residuos sólidos, efluentes y consumo de energía. También considero diferentes Protocolos Nacionales de Monitoreo. Los resultados de los monitoreos, en cuanto al ruido, fue de 93.93 LAeqT obtenido en la etapa de acabado, siendo la más alta. En cuanto a los residuos sólidos, la etapa de ribera fue identificada como la de mayor generación, 619.67 Ton/año siendo el 80.19% del total, asimismo es la que genera mayores efluentes (182.46 m³), es decir, el 70%. Por otro lado, esta misma etapa es la que consume más energía eléctrica (99223.48 kWh) y agua (195.62 m³). En conclusión, el análisis realizado arroja que la etapa de ribera es la más crítica y se propuso un plan que contempló la instalación de silenciadores (ruido), implementación de un sistema de recepción de pieles (RR.SS), reutilización de los baños y disminución de sal en las pieles (efluentes), eliminación de fugas (consumo de agua); por último, aprovechamiento de luz natural y canalización del sistema eléctrico (consumo de energía). Esta tesis contribuye a la metodología del trabajo de investigación y es una línea base para la comparación de la identificación de las etapas críticas.
- El trabajo realizado por (Melgar Buendía 2019) tuvo como objetivo la determinación de remoción mediante Zeolita de los sólidos suspendidos y de sulfuros existentes en el efluente generado por la etapa de pelambre. La metodología empleada consistió en el muestreo aleatorio simple de 30 litros del efluente hallado en el botal del pelambre. Las variables del diseño experimental fueron los sulfuros, SST, velocidad de agitación, cantidad de compuesto coagulante, tiempo, temperatura, volumen y pH. Se realizó seis tratamientos de tres repeticiones con 18 unidades experimentales. Los resultados obtenidos arrojaron una remoción con Zeolita del 73.83% con una dosis de 1 g/L sin agitación, esta se consiguió en el tercer tratamiento siendo la que pudo remover en mayor porcentaje los SST, así como para los sulfuros (88.35%). Esta tesis aporta a las bases teóricas de la presente investigación.

2.1.2 Antecedentes internacionales

- La tesis de pregrado procedente de Ecuador cuyo autor es (Gordillo Moreno y Toledo Luque 2013), tuvo como objetivo la disminución de los agentes contaminantes del agua. Empleó la técnica de recuperación de cromo precipitando hidróxido de sodio; asimismo para facilitar su reutilización se empleó ácido sulfúrico. Los olores generados fueron controlados mediante la oxidación del sulfuro para obtener sulfato precipitado, posteriormente, por nitrato de hierro III. Con estas técnicas se recuperó casi el total de cromo (99.95%) así como la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se logró reducir el consumo de insumos y reducir los montos de las multas por descargas contaminantes. En cuanto al sulfuro se logró reducir en 95.7%, pero no se logró reutilizarlo. En conclusión, los tratamientos aplicados fueron efectivos en la reducción de contaminantes y tuvieron un impacto positivo en la rentabilidad. Con esta tesis el trabajo a realizar tiene una línea base en la aplicación de alternativas para recuperar y/o reducir los componentes característicos de la carga nociva del efluente que se genera en la producción de cueros.
- La tesis doctoral procedente de Sudán (Faki, 2014), tuvo de objetivo implementar la mecanización con métodos modernos de curtido para acelerar el proceso, emplear menos trabajo manual, mejorar la calidad de producción de cuero e incrementarla en un marco de producción limpia. Para lograrlo se diseñó un botal manual para el remojo y el recurtido también se utilizó biocidas, limo, sulfato de sodio, agentes descalcificantes, agentes suavizantes, ácidos y 3% de cromo, además se aplicó el método de recirculación de 7 ciclos. Los resultados fueron un ahorro del 40% de sulfato de sodio, 34% de limo y 60% de agua en la fase de pelambre y encalado. Asimismo, en la etapa de desencalado se ahorró 45% de sulfato de amonio y 82% de agua. En el piquelado se ahorró 84% de agua, 41% de sales, 20% de ácidos, y 27% del cromo. Por último, en la etapa de recurtido se pudo ahorrar 7% del polvo Garad y el 58% del agua. En conclusión, se consiguió un producto con mejor calidad a un costo de producción asequible y reduce el impacto ambiental. Con la presente tesis se obtiene nuevas alternativas para optimizar los recursos que intervienen en el proceso de curtido.
- El artículo científico publicado en el Journal of Cleaner Production por (Kanth, Venba, Madhan, Chandrababu & Sadulla 2009) cuyo fin fue diseñar un proceso ecológico de curtido vegetal que combinó el curtido sin piquelado y enzimas proteolíticas para mejorar el agotamiento de los curtidos vegetales. Como resultado se obtuvo más del 95% de agotamiento. Del mismo modo, las pieles curtidas

mostraron una ligera mejoría en hidrotermoestabilidad. La evaluación física y táctil de las pieles fueron mejor que las pieles curtidas convencionalmente, los valores del color de la superficie de las pieles mostraron una variación insignificante. El cuero resultante mostró una estructura de fibra compacta abierta y dividida que fue bien recubierta. En síntesis, el proceso fue eficiente en términos de calidad y condujo a una reducción en la carga de sólidos totales (ST), cloruros y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esta tesis da un nuevo enfoque a este trabajo pues en el país no se ha implementado o contemplado un proceso ecológico para conseguir un mejor acabo de los cueros sin tener que recurrir a los insumos típicos como el cromo para conseguir que el cuero sea suave al tacto.

- El artículo científico (Benitez y Peña, 2019), cuyo objetivo fue reducir la cantidad de cromo de las aguas residuales de “El Cerrito-Colombia” analizando tres criterios. El primero fue un tratamiento físico-químico, el segundo un tratamiento biotecnológico y al último no se le aplicó tratamiento. Se tomó criterios de diferente índole como son: social, económico, ambiental y técnico. Los resultados del estudio mostraron que la alternativa fisicoquímica era poco sostenible, de proceso largo, baja eficiencia y un alto costo; por otro lado, el que no llevó tratamiento fue descartado; en cambio, la alternativa biotecnológica en todos los criterios fue la que obtuvo mayor aceptación con una eficiencia de más de 95% para remover el cromo. En conclusión, el análisis de las dimensiones demostró que un tratamiento biotecnológico acoplada a un plan de PML tiene ventajas técnicas, ambientales y sociales y logra que disminuya la contaminación en el agua. Esta investigación orienta en cierta manera, la opción que se debe tener en cuenta para el tratamiento que va producir más ventajas y mejores resultados de aplicación.
- En la tesis de pregrado realizada por (Ruiz Gómez 2018) cuyo propósito fue analizar la calidad de los vertimientos generados a través de una matriz partiendo de la sustitución de reactivos químicos que participan en las etapas húmedas. La metodología constó de tres etapas; en la primera se hizo el estudio de viabilidad y línea base, para ello, se identificó los procesos para luego hacer una caracterización primaria, posteriormente se analizó los resultados y evaluó las alternativas. Para la segunda etapa, se realizó las pruebas piloto, en la cual se comparó dos. Para la última etapa, se hizo el cierre del proyecto con la entrega del resumen técnico, capacitación a la empresa y se culminó con la entrega final del documento. Para obtener los resultados se valió del método volumétrico para el muestreo. El resultado de esta investigación dio al piloto dos como el que reduce en mayor porcentaje los insumos químicos; sin embargo, ninguno de los dos consiguió reducir los RR. SS. y la materia orgánica, asimismo, en el piloto dos se obtuvo un 99% de

remoción del cromo. Por otro lado, se recomienda el uso de cribas y recirculación del agua. Este trabajo aporta a la metodología y como referente para las alternativas de solución.

- La tesis presentada por (Silva Hernández 2016) quien tuvo como objetivo diseñar, en base a los procesos que intervienen en la curtiembre de estudio, técnicas de producción más limpia para lo que realizó un diagnóstico preliminar que sirva de guía al momento de escoger el programa, asimismo realizó una evaluación del costo beneficio de la misma. Los programas propuestos según las necesidades observadas fueron enfocadas al orden y demarcación de las áreas de mayor importancia, acondicionamiento de la materia base antes del sacrificio del bovino, reducción del impacto negativo de la etapa de ribera. Para esta última se tomó en cuenta la limpieza previa del cuero, el control óptimo de las variables intervinientes (peso, T°, pH, tiempo) en la etapa ya citada. Asimismo, se propuso que se reformule la cantidad de químicos mediante una fórmula en lugar de optar por el tanteo. Para el curtido, se propuso el agotamiento de cromo mediante productos que incrementen la reactividad del cromo. En la evaluación del costo beneficio fue realizado aplicando el método de las 5S basado en cada propuesta. El resultado de este diseño tuvo un impacto positivo en cuanto al cumplimiento de la normatividad, se redujo la presencia de sulfuros, sulfatos y cromo. Por otro lado, gracias al reemplazo de los químicos se redujo la probabilidad de daño físico y salud de los trabajadores. En conclusión, el trabajo demostró que su implementación es fácil, no necesita de grandes inversiones, trae beneficios legales, económicos, laborales y ambientales. Esta tesis aporta a la metodología planteada en el presente trabajo.
- El artículo científico realizado por (Medina Vargas Doria y Amurrio Derpic 2017) cuyo objetivo fue dirigido a dar una alternativa distinta al método usual empleado en la etapa de curtido. La metodología constó de implementar un método de curtido que implica un alto agotamiento de cromo, a la curtiembre Cochabamba. Para ello, emplearon pruebas físicas y químicas según normativa IUP y IUC, respectivamente. Se realizó cinco pruebas en un fulón convencional de prueba, cada una con tres diferentes técnicas. Una de ellas fue de alto agotamiento de Cr a T° constante; de curtido con alto agotamiento de Cr y recuperación del agua de piquelado a T° ambiente y de curtido con alto agotamiento de Cr y recuperación del agua de piquelado a T° incrementada; los procesos intervenidos fueron el piquelado y curtido. Los resultados fueron alentadores ya que con un alto agotamiento el efluente era menos y los licores eran cinco veces menos concentrados. En cuanto al ensayo físico las cifras fueron similares y algunos superaron a los del proceso

convencional. Para el ensayo químico no hubo mucha variación. Sin embargo, el ensayo químico en wetblue mostro un cuero con mayor porcentaje de Cr. El mayor beneficio se vio en lo financiero pues se ahorra hasta un 30% en costos. El proceso es eficiente, sustentable y puede ser costeado por la empresa que fue objeto de estudio. Este trabajo le suma al abanico de alternativas de la presente investigación para maximizar los insumos y reducir la carga nociva.

- El artículo presentado por (Monroy-Ávila, Peña-Monroy y Garzón-Cortes 2019) estuvo enfocado al análisis del sistema de producción de cueros para proponer estrategias a nivel de microempresas del sector. La metodología consto de primero verificar los datos con los que, eventualmente, se realizó el diagrama de procesos y balanceó las masas. Finalmente se estableció las estrategias y los impactos económicos esperados. El resultado fue un ahorro de 52% en cuanto al consumo de agua, se consiguió reducir hasta un 75% de RR.SS. también se disminuyó en un 73% los componentes químicos que intervienen en la etapa de curtido. Asimismo, permite una entrada de ingresos de \$231.715 por la comercialización de subproductos. En conclusión, este PML consiguió la tecnificación de los sistemas artesanales para que estos sean más rentables, competitivos y productivos. El artículo describe un panorama detallado sobre la planificación de un PML y es un punto base para la discusión.
- El siguiente artículo científico (Ortiz Penagos et al. 2018) evaluó la extracción de sulfuros de las aguas residuales generadas por las curtiembres para disminuir su concentración hasta cumplir con los límites máximos permisibles según ley. Su metodología se basó en la recolección de muestras según los métodos de análisis normalizados tomándose diez ensayos. El diseño experimental empleado fue factorial con dos variables independientes, pH de 2,3,4,5 y 6; asimismo, tiempo de agitación de 0,15,30,45,60,75 y 90 minutos. La variable dependiente fue la concentración de sulfuros. Los ensayos se realizaron por duplicado, al azar y se tomó 70 determinaciones de sulfuros. Los resultados fueron positivos ya que, si se logró extraer los sulfuros por todos los valores de pH, aunque a un pH 2 el tiempo es 45 minutos mientras que con ácidos demoran 75 minutos. Se logró una eficiencia del 100% en 90 minutos. Por tanto, cuenta con la viabilidad necesaria para que pueda implementarse a gran escala. El producto que se extrajo fue el sulfuro de sodio que es candidato a ser reutilizado en el pelambre. En síntesis, se recuperaron los sulfuros en condiciones favorables con un pH 2 y a un tiempo de 45, pero se logró cumplir con los límites máximos permisibles a un pH 6 y en 75 minutos. Escoger el ideal dependerá del caudal a tratar. Este artículo incorpora una nueva

alternativa viable para los sulfuros que se tomaran en cuenta en el capítulo tres del presente trabajo.

- El artículo científico presentado por (Umbarila Ortega, Prado Rodríguez y Agudelo Valencia 2019) tuvo como objetivo la evaluación del ozono como removedor de sulfuros en aguas residuales generadas por el proceso de pelambre. En la metodología se empleó un diseño experimental completamente al azar donde hubo una variación de pH de 10 a 13, la dosificación del ozono fue de 0.5 g/h por un lapso de tres horas en el que se tomaron muestras cada media hora. Se tomaron dos tipos de agua para los ensayos, una proveniente de una curtiembre y otra sintética. Se realizaron por triplicado cada ensayo, sumando un total de 24 experimentos con siete muestras de cada uno. El resultado obtenido fue favorable para el pH 11 que fue el que removió más (77.78%) en el agua residual real, la cinética del proceso corresponde a una de pseudo primer orden con un coeficiente de $-0.0001/s$. Se concluyó que esta técnica funciona con un pH básico que disminuye el tiempo de oxidación, esta reducción fue debido a la formación de ácido sulfúrico y las partículas de agua fueron las causantes la dispersión de las burbujas de ozono. El artículo mencionado, aporta a la base de alternativas de esta investigación pues uno de los procesos críticos al que está enfocada esta tesis es al pelambre.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Producción más limpia (PML)

Este término se refiere a la aplicación continua de una estrategia ambiental como herramienta preventiva. Tiene un enfoque integrativo de los procesos, productos y los servicios que intervienen en alguna actividad económica, con el fin de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos sobre el componente humano y ambiental (Ministerio de Agricultura 2007).

2.2.2 Principios de la producción más limpia (PML)

2.2.2.1 Principio de prevención

Con el PML se puede reducir significativamente la cantidad de insumos químicos que se utilicen pues ellos generalmente son peligrosos y son vertidos, muchos de ellos, al medio ambiente. Por ende, se disminuye el riesgo a la salud pública y sobre todo al medio ambiente (Daphnia 2020).

2.2.2.2 Principio de sostenibilidad

Se refiere al equilibrio que debe haber entre el ámbito social, ambiental y económico del desarrollo, sin dejar de lado las necesidades actuales y futuras generaciones. Con la implementación del PML conseguimos usar de manera eficiente los recursos reduciendo los impactos negativos sobre el ambiente y sociedad (Ministerio de Agricultura 2007).

2.2.2.3 Principio de integración

Al implementar un PML, estamos adoptando una idea de no afectar al conjunto, es decir, si se opta por reducir alguna sustancia peligrosas que interviene en el proceso, estamos evitando que se transfiera ese componente a todo el proceso y no sólo a una parte (Daphnia 2020).

2.2.2.4 Principio de internalización de costos

Se refiere a que los causantes del impacto deben ser los mismos quienes asumen la responsabilidad de los costos de las acciones para la prevención y protección del ambiente (Ministerio de Agricultura 2007).

2.2.2.5 Principio democrático

Significa involucrar a los trabajadores y ciudadanos en la identificación de métodos de minimización de los residuos generados, vertimientos, emisiones entre otros. Ya que fomentar una participación activa en utilizar o gastar menos para progresar más (Daphnia 2020).

2.2.2.6 Principio de precaución

Este principio es lo que caracteriza a un PML ya que fomenta una acción reductora de consumo en todo lo aplicable que pueden dañar potencialmente, en tal sentido no se espera tener evidencia de impactos negativos considerables (Daphnia 2020).

2.2.2.7 Principio de innovación tecnológica

Es necesario implementar nuevos procesos y productos para ello emplear la tecnología ayuda a que sean más productivos y que el cambio es una oportunidad (Ministerio de Agricultura 2007).

2.2.3 Curtiembres

Las empresas dedicadas a esta actividad existen desde hace décadas en Arequipa, y tienen un importante papel en la economía de la ciudad. No se debe negar que la

competencia internacional ha obligado al sector a alinearse a la normativa ambiental pues hoy en día es necesario una producción que sea amigable desde varias aristas para que sigan incrementando sus ingresos. Para ello, existen en la actualidad diversos instrumentos que les permite mudarse a la ecoeficiencia ya que dentro de sus procesos se generan los efluentes más contaminantes y difíciles de tratar como es el cromo VI, solventes organoclorinados, colorantes, sulfuros, entre otros (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020).



Figura 2. Curtiembre Pieles del Sur

Fuente: La empresa.

La **figura 2** muestra las instalaciones de objeto de estudio, ubicado en Arequipa en el Parque Industrial del distrito de Cerro Colorado. En dicha figura se ve que la empresa tiene canaletas por donde se transporta los licores generados en cada botal según el proceso hacia la cámara de sedimentación. En el fondo se ven dos botales, estos son tipo III y tipo II, es decir, tiene mayor capacidad, por ende, son los más grandes.

2.2.4 Procesos involucrados

El proceso productivo consta de tres etapas, las cuales están compuestas por diferentes procesos que tienen un impacto significativo sobre el ambiente.

2.2.4.1 Etapa de ribera

Se compone de procesos que incluyen el almacenamiento de la piel fresca bañada en sal con el objeto de conservación, después pasa a ser remojada para conseguir suavidad y flexibilidad. Posteriormente, pasan al proceso de pelambre

a base de cal y sulfato de sodio, empleándose gran cantidad de agua a una temperatura de 28°C. es la etapa que genera un efluente con alta carga química y nociva. Luego, el cuero es descarnado, la grasa natural y tejido conjuntivo son retirados con una maquina descarnadora. Después es necesario dividirlo en dos partes, la flor y la carnaza que pasa finalmente al proceso de desengrase cuyo efluente sale cargado de materia orgánica, solventes, agentes tensoactivos, entre otros (Ministerio de Producción 2016).



Figura 3. Botales utilizados para la etapa de ribera

Fuente: La empresa.

En la **figura 3** se muestra los botales utilizados por la empresa, esta cuenta con 5 botales de los cuales uno es grande y tres son medianos y uno es pequeño.

2.2.4.2 Etapa de cutido

Esta etapa tiene dos sub-etapas, el pre-curtido y post-curtido. El primero compuesto por el proceso de desencalado, donde se lava la piel para remover la cal y sulfuro, y purga enzimática en el que intervienen enzimas proteolíticas para aflojar y aligerar la peptización de la estructura de colágeno; por último, está el piquelado que acondiciona la piel para el curtido donde se transforma la piel en cuero comercial usando sal de cromo para estabilizar el colágeno. En la segunda sub-etapa, intervienen el recurtido en el que se le da las características de llenura, resistencia al agua y blandura a una temperatura de 40°C. Otro proceso que interviene es el de neutralización para preparar la piel a los

colorantes, finalmente se escurren mecánicamente (Ministerio de Producción 2016).



Figura 4. Botal para la etapa de curtido

Fuente: La empresa.

La **figura 4** muestra al operador iniciando uno de los procesos que intervienen en la etapa de curtido, en este caso es el proceso del mismo nombre en la que se le agregó el cromo y producto de ello resulta un licor altamente tóxico.

2.2.4.3 Etapa de acabado

En esta etapa, el cuero se somete a un raspado para ser teñido en los botaes a temperaturas de 20°C a 65°C (Ministerio de Producción 2016). Una vez teñido se engrasa, ablanda y pinta con lacas, resinas y pinturas; para esto se utiliza generalmente una pistola a presión, pero otras empresas utilizan la máquina roller. El uso de un método u otro depende de la capacidad de producción que tiene cada empresa, es decir, si es una empresa grande, mediana o pequeña. Al término del proceso anterior, se plancha en una maquina al vacío con vapor de agua para darle uniformidad al producto y si es necesario se puede realizar algún

tipo de diseño a pedido del cliente. Por último, se hace el recorte de acabado dándole un aspecto estético y uniforme (Campos Cuenca 2013).

En la **Figura 4** se muestra el flujo del proceso de curtido.

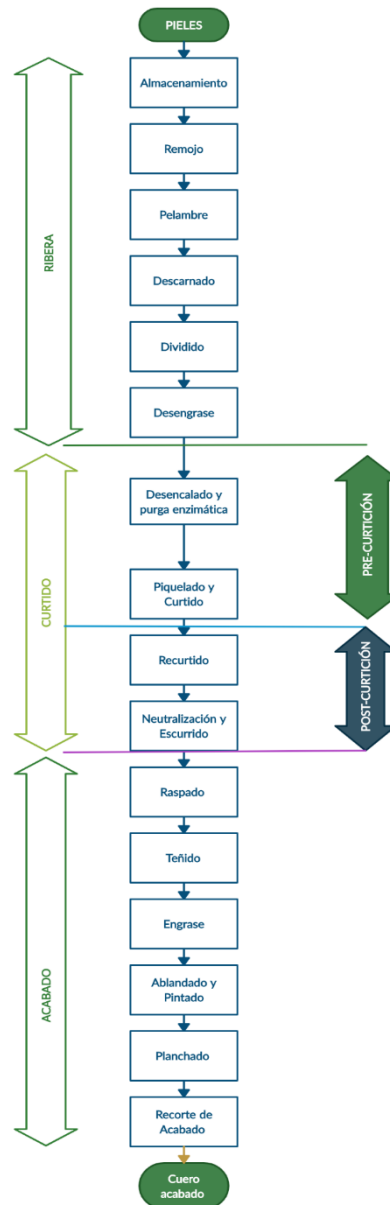


Figura 5. Flujograma del proceso de producción de cueros.

Fuente: (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020).

En la **figura 5** se muestra los procesos que contiene cada etapa. Cabe resaltar que cada curtiembre tiene esta línea base, pero en algunos casos difieren los procesos ya que son ajustables a la calidad de cuero que el cliente haya pedido; por ejemplo, el proceso de lavado es aplicado después del desencalado, purga y el curtido en muchos casos.

2.2.5 Contaminantes generados por los procesos

En cada etapa se utilizan diferentes insumos químicos, materia prima, temperaturas, etc. Esto hace que cada proceso tenga un efluente cargado de distintos sólidos y químicos que en algunos casos no son tan significativos como en otros. Es por ello que se ha realizado un diagrama en el que se detalla los contaminantes generados por cada proceso.

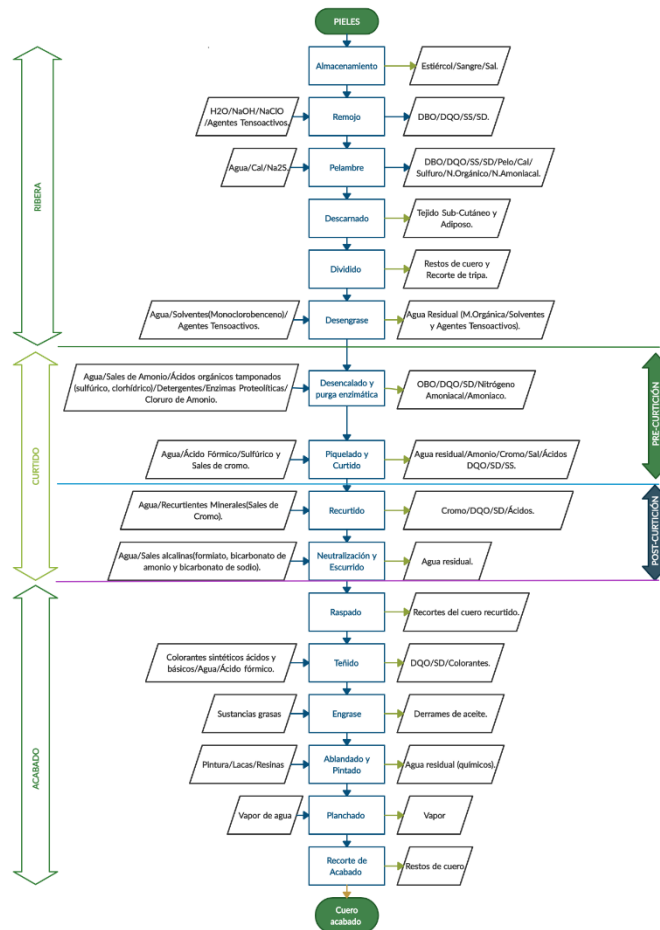


Figura 6. Flujograma de los contaminantes generados en cada proceso.

Fuente: La empresa.

De la **figura 6** se puede indicar que cada proceso terminara impactando negativamente el ambiente, pues cada uno contribuye a que el efluente final sea muy difícil de tratar y sobre todo de decidir una sola alternativa que pueda tratarlo en conjunto. Es por eso que para esta investigación se tomara sólo los procesos que aportan con una carga química significativa, con un pH fuera de norma y utilice un volumen de agua alto.

Según el (Ministerio de Producción 2016) en el proceso de pelambre el efluente resultante llega a un pH de 11 a 12, en cuanto al proceso de purga enzimática, el efluente se descarga con un pH neutro; en el proceso de piquelado la descarga es de carácter ácido (pH 2.5 a 3) y, en el caso del curtido maneja un pH ácido. Estos valores en el parámetro citado, si lo comparamos con lo establecido en el (Ministerio de Vivienda 2019), no están dentro de los valores admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario que indica que el pH debe oscilar de 6 a 9.

En cuanto a las concentraciones de contaminantes en el efluente, (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020), son aportados principalmente por los procesos de remojo, pelambre, enjuague, desencalado, piquelado y curtido. Por otro lado según (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020) los procesos de ribera, remojo, pelambre, desencalado, purga, piquelado, neutralizado, curtido y recurtido son los que emplean mayor cantidad de agua. Según los mencionado, en la **figura 6** se muestra los procesos críticos.

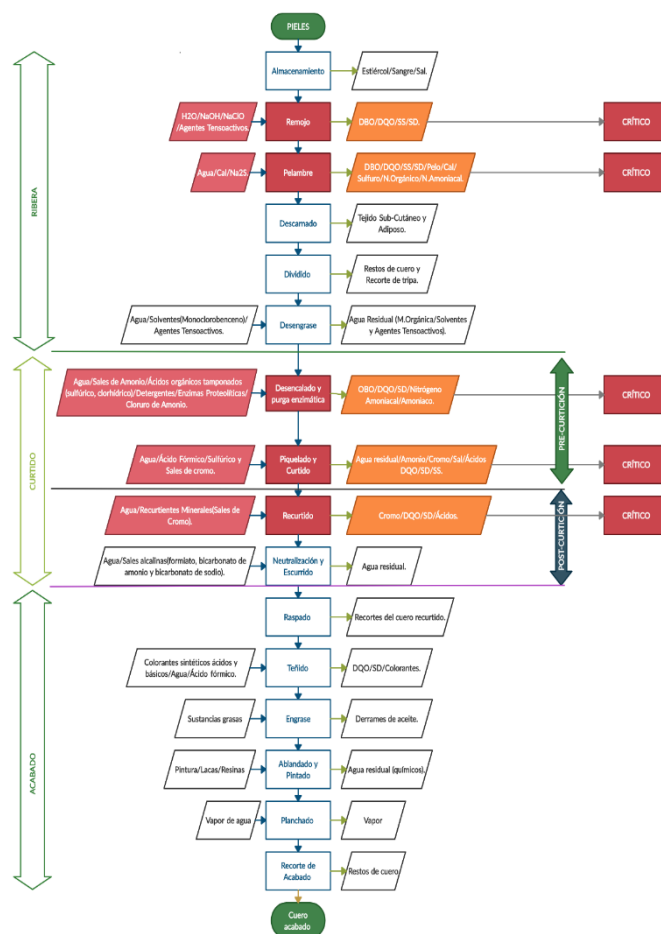


Figura 7. Flujograma de los procesos críticos con mayor generación de efluentes

Tomando en cuenta los tres criterios, los procesos de pelambre, curtido y recurtido según la **figura 7**, tienen un mayor peso frente a los otros procesos críticos, además cabe resaltar que son en los que se emplean sulfuro de sodio y sales de cromo que hace que la descarga de los efluentes sea más complicada de tratar. Es por eso que el diseño del plan de producción limpia será enfocado a la solución de estos agentes químicos además de la optimización de materia prima que interviene en los procesos identificados.

2.2.6 Contaminación por curtiembres

La actividad de las curtiembres es catalogada como una de las que más contamina el ambiente porque están constituidos por aspectos ambientales que tiene un impacto de carácter positivo o negativo sobre los distintos receptores como el aire, suelo, agua y sociedad. Se debe entender que cuando se menciona contaminación (EPA 2015) se refiere a que los efluentes, residuos sólidos y emisiones gaseosas generados en la producción de cuero presenta sustancias que al ser vertidas, emitidas o dispuestas en el medio ambiente prohíben el funcionamiento de todos los procesos naturales que ocurren en el medio afectado generando efectos dañinos a su integridad física, química y biológica.

Los aspectos ambiental que son básicamente el elemento de las actividades, productos o servicios de algún sector o alguna organización que interactúa con el medio ambiente (Ministerio de Agricultura 2007). El término ya citado produce impactos ambientales, es decir, alteran de manera positiva o negativa el medio ambiente. Para este caso son los siguientes:

Tabla 1. Aspectos e impactos ambientales del subsector curtiembre

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Generación de aguas residuales	Incremento de la carga orgánica
	Disminución de los niveles de oxígeno
	Variaciones de pH del medio receptor
	Incremento de sales disueltas
Generación de desechos sólidos	Alteración del equilibrio microbiológico
	Alteración de la calidad del aire
	Degradación de suelos
	Alteración de los ecosistemas
Generación de emisiones atmosféricas	Alteración de la salud pública
	Alteración de la calidad del aire
	Malos olores
Consumo de energía eléctrica	Problemas de salud ocupacional
Consumo de agua	Agotamiento de recursos
	Agotamiento de recursos

Fuente: (Peña 2019).

La **tabla 1** muestra los impactos ambientales generados por cada aspecto ambiental que intervienen en el proceso de producción de cueros. Todos estos aspectos pueden ser reconocidos en cada proceso sea de pelambre, curtido, desencalado, etc. estos impactos no sólo tienen efecto en la salud de las personas y el ambiente, sino también en los trabajadores quienes están expuestos y tienen contacto directo con cada uno.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Pelambre

La finalidad de este proceso es quitar el pelo y la epidermis de la piel que estuvo previamente en el remojo. También, se abre y separa las fibras mediante el hinchamiento y así el cuero sea más flexible, para esto es necesario someterlo a un tanque con cal y sulfuro de sodio a una temperatura de 28°C (Ministerio de Producción 2016).

Se emplea un volumen alto de agua y el efluente resultante tiene materia orgánica, sulfuros y cal con un pH de 11 a 12 (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020).

2.3.2 Curtido

En ella se transforma la piel en cuero comercial utilizando sales de cromo. El cuero es hervido de 1 a 2 minutos para comprobar la eficacia del proceso. El agua residual es de pH ácido y toma tres horas de proceso en los botales (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020).

2.3.3 Recurtido

Se aplica para que la piel tenga una contextura, llenura y flexibilidad idónea. Se utilizan químicos como las sales de cromo, curtientes sintéticos, recurtientes vegetales, sintéticos y acrílicos a una temperatura de 40°C. Repercute en el engrase, teñido y acabado (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020).

2.3.4 Sales de cromo

Está conformado por compuestos de distinta valencia presentes en rocas, animales, suelo, flora, entre otros. Los más comunes son el cromo III y cromo VI. El primero se presenta en forma de cromita, en forma estable, utilizados para la fabricación de ladrillos, curtido, pigmentos, etc. Sin embargo, el segundo es producido por procesos industriales para el cromado, fabricación de pigmentos, textiles, como conservador de

madera, etc. De ambos el más nocivo para la salud y el ambiente es el cromo hexavalente pues produce úlceras en la piel y estómago, perforaciones de tabique, daños hepático y renal, así como asma (Cado 2017).

2.3.5 Sulfuro de sodio

Es una sal incolora soluble en agua y las soluciones resultantes tiene carácter alcalino. Al ser expuesto a la humedad del aire emite sulfuro de hidrogeno. Es generalmente usado en la industria de pulpa y papel, como secuestrante de oxígeno, precipitante de metales, industria textil, caucho, química, de la fotografía, medicina y producción de cuero (Asociación Latinoamericana de suscriptores marítimos 2018).

2.3.6 Cal

Es un compuesto utilizado para mejorar la presentación del cuero, permite un hinchamiento visual, una piel más limpia, suave y adicional. En la forma de cal hidratada es utilizada como removedor de pelos y piel, desinfectantes, humectante y conservante (Caltek 2019).

2.3.7 Botal o bombo

Es una maquina utilizada para diferentes procesos en el sector curtiembre, fabricado con dos caras de madera atornilladas, en medio hay una placa de acero con dos brazos de enlace. Se monta en dos cojinetes de rodamiento y cuya envoltura esta ceñida a cercos de sección circular. Tiene un orificio en la envoltura del envase que se abre para la descarga del efluente. En su interior hay estacas ubicadas alternamente. Para que cambie de sentido, cuenta con un motor eléctrico y se diseñan de acuerdo a la operación a realizar (Dimas Melgar 2000).

2.3.8 pH

Según la química (García Bello 2019) es un indicador de condiciones básica o acidas presentes en el agua que va de un rango de 0 a 14 siendo el valor de 7 neutro. Para medirlo se usan electrodos sensibles a los H⁺ (pH-metro).

2.3.9 Aguas residuales

El ingeniero químico (Rodríguez 2017) indica que son sustancias de naturaleza mineral u orgánica productos de las actividades industriales y/o generadas por la población. Tienen malos olores, acción toxica, potencialidad infectiva, polución térmica y puede presentar bacterias anaerobias, aerobias o facultativas.

2.3.10 Valores máximos admisibles

El sector curtiembre no tiene una normativa que la regule, es decir, no cuenta con valores de LMP por lo que en este caso se utiliza como punto de comparación los Valores Máximos Admisibles (VMA), este dispositivo legal es un decreto supremo aprobado por el Ministerio de Vivienda donde se establece los valores para descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado siendo D.S. N°021-2009-VIVIENDA y su modificatoria D.S. N°001-2015-VIVIENDA (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método general

El método aplicado para el desarrollo de este trabajo será el Método Científico el cual según (Gallardo Echenique 2017) es un procedimiento para tratar distintos problemas los cuales requieren distintos métodos.

3.2 Tipo de investigación

Esta investigación de acuerdo a su finalidad es de tipo tecnológica que según Sánchez y Reyes (2015), citado por (Huamaní Navarrete 2017), responde a problemas técnicos que se presentan en el caso de estudio, se emplea el conocimiento adquirido de la investigación básica, además organiza reglas técnicas que al ser aplicados se produce un cambio en la situación real.

3.3 Alcance de la investigación científica

El alcance es de índole explicativo (Gallardo Echenique 2017) pues con el diseño del plan se busca establecer aquellas causas que le atribuyen a la actividad del curtido, la característica de contaminante, tomándolas como base para establecer las soluciones.

3.4 Diseño de investigación

El diseño aplicado será uno no experimental ya que según (Castillo Ramos 2014) no se realizará la manipulación deliberada de las variables pues se observa los fenómenos tal y como se dan en el contexto natural.

3.4.1 Tipo de diseño

El tipo de diseño será transversal ya que la recolección de los datos se realizara en un solo momento y tiempo único (Castillo Ramos 2014).

3.5 Población y muestra

El diseño del plan de producción limpia tiene como población al subsector curtiembre del Parque Industrial de Río Seco en Cerro Colorado-Arequipa. Por otro lado, la muestra es una curtiembre de pequeña capacidad y para seleccionarla se realizó un muestreo no probabilístico por juicio (Gallardo Echenique 2017) ya que la empresa presenta las

características ideales, está dentro del Parque Industrial de Río Seco y no ha aplicado ninguna medida a su proceso de producción, anteriormente.

3.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección

Las técnicas aplicables para recolectar datos es la observación que está calificado como un registro sistemático, de alta validez y confiabilidad del hecho o situación (Gallardo Echenique 2017). El instrumento será la Guía Peruana para la implementación de Producción más Limpia GP 900.200. Por tanto, se realizará el diseño en base a etapas y paso a paso para lograr el objetivo principal planteado en el primer capítulo. Cabe resaltar que la fuente de donde se obtendrá los datos es de carácter primario y secundario.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Identificación de requerimientos

4.1.1 Producción total de cueros

La empresa es pequeña por lo que su producción no es alta, al mes producen 800 cueros en promedio.

4.1.2 Procesos críticos

La actividad de la curtiembre presenta procesos en las tres etapas que intervienen en la producción que son el de ribera, curtido y acabado. De las mencionadas según el diagrama de flujo presentado (Figura 4) se determinó que en la etapa de ribera y curtido se encuentran los procesos más críticos que son el pelambre en la primera etapa y el curtido y recurtido en la segunda etapa. El presente trabajo se enfocará en los problemas generados en estos tres procesos.

Tabla 2. Procesos críticos de las curtiembres

Etapa	Proceso	pH	Temperatura	Composición del efluente
Ribera	Pelambre	11-12	28°C	Cal, sulfuro de sodio, alta carga orgánica, grasas, pelos queratina.
Curtido	Curtido	3-4	-----	Eleva da salinidad, abundancia de sales de cromo, fibras en suspensión, grasas.
	Recurtido	4-5	40°C	Grasas, sales neutras, recurtientes

Fuente: (Ministerio de Producción 2016).

En la **tabla 2** se muestra la variación de pH que hay en los tres procesos y para el caso de pelambre es un pH básico, en cambio el curtido y recurtido presentan un pH ácido. Generalmente en las curtiembres se suele acumular el efluente de todos los procesos en una poza lo que hace que el pH pueda llegar a ser menor a 8, en ese caso debido a la presencia de sulfuros que presenta el efluente del pelambrado se genera problemas de olores a causa del ácido sulfhídrico, cabe resaltar que es un gas muy tóxico y soluble en agua. Es por ello que las curtiembres son objeto de reclamo pues todos presentan estos olores.

En cuanto a la temperatura es importante mencionar que para poder tratar el efluente del recurtido se debe tener una temperatura ambiente, pero en el este se enfría a medida que va terminando el proceso de wetblue ya que dura de 6 a 7 horas.

En los procesos ya mencionados se generan efluentes con las siguientes características (kg/d):

Tabla 3. Composición de los efluentes generados en los procesos críticos

Etapa	Proceso	DQO* mg/L	N mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	Aceites y grasas mg/L	Sólidos sedimentables mg/L	S ²⁻ mg/L	Cr ³⁺ mg/L
Ribera	Pelambre	18500	1600	7	6400	11000	950	0
Curtido	Curtido	1550	55	2	24	1120	0	1180

Fuente: (Campos Cuenca 2013).

*DQO: Demanda Química de Oxígeno.

En la **tabla 3** se denota que el proceso de pelambre tiene un DQO más elevado que lo que presenta el proceso de curtido. En ambos procesos los efluentes presentan nitrógeno, ión fosfato, aceites y grasas, sólidos sedimentables, sulfuros y cromo trivalente, pero en cuanto al sulfuro se presenta sólo en el proceso de pelambre mas no en el de curtido, así como el cromo trivalente solo está presente en el efluente del curtido.

Por otro lado, el aporte de cada proceso crítico al efluente final varía, a continuación, se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Aporte de efluente por proceso crítico

Etapa	Proceso	Cantidad (m ³)	% por proceso
Ribera	Pelambre	96.14	37
Curtido	Curtido	9.98	4
	Recurtido	29.58	11

Fuente: (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020).

En la **tabla 4** se muestra el aporte de los procesos al efluente final, para el primer proceso crítico se tiene una cantidad de 96.14 m³, esto significa que el pelambre aporta un 37% al efluente generado en toda la etapa de ribera y es el de mayor porcentaje entre los tres procesos críticos. Por otro lado, el curtido sólo participa en un 4% del total, es decir, 9.98 m³ siendo el de menor porcentaje. Por último, el recurtido tiene un aporte medio siendo este de 29.58 m³ lo que significa 11% del total. Entre los tres procesos suman un total del 52% lo que denota su característica crítica.

Estos datos se pueden representar mejor en un gráfico **figura 7** para mostrar cuál de los procesos tiene un mayor aporte.

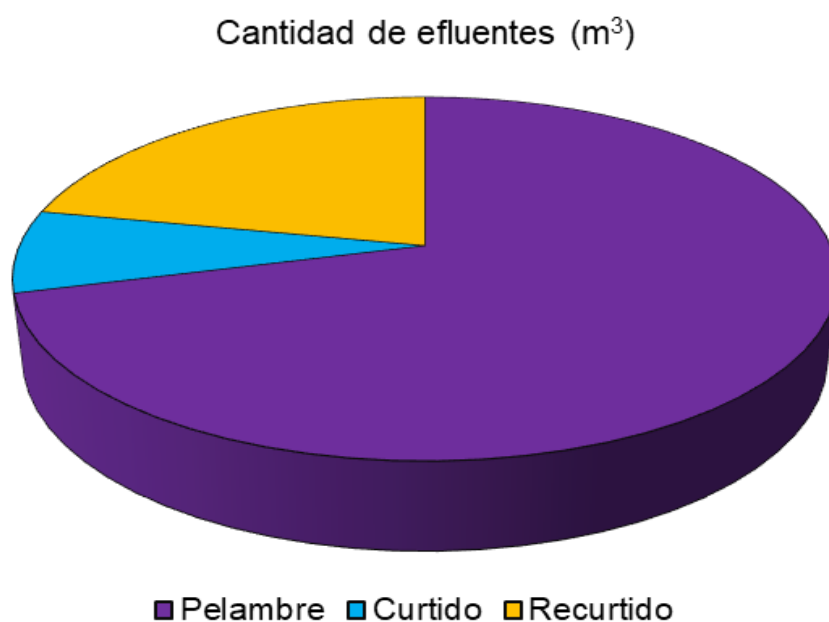


Figura 8. Aporte de efluente por proceso crítico

En la **figura 8** se muestra que el proceso que mayor aporte tiene es el de pelambre, seguido del recurtido y por último el de curtido. Este gráfico puede ayudar a jerarquizar cuál de los tres es el proceso más crítico.

4.1.3 Consumo de agua

La curtiembre que es objeto de este trabajo emplea 1 m³ por piel, es decir, que al mes consume 800 m³ en promedio. El proceso de pelambre es el que consume más agua lo que lo hace responsable del incremento en cuanto al parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno o conocido por sus siglas DBO, en este proceso se requiere de un 200% más de lo que requiere el peso total de un lote de pieles (100 pieles) (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020).

Cabe resaltar que la curtiembre no usa volúmenes de agua exacto, sino que lo hacen al tanteo, tampoco miden la cantidad que utiliza en los tres procesos y en los lavados; por ende, no saben qué cantidad absorbe la piel de toda el agua que utilizan. También el agua utilizada para todos sus procesos es agua del canal de regadío que no es tratada sino utilizada directamente lo que puede repercutir en el efluente final pues no realizan un análisis de la calidad de agua que ingresa.

Asimismo, al tener un deficiente control de este insumo repercute en la cantidad de productos químicos utilizados ya que muchas veces puede haber una sobredosificación, así como una carencia siendo el cuero el receptor de las consecuencias o que el efluente sea más difícil de tratar.

El consumo de agua en estas etapas de acuerdo a cada proceso crítico se detalla en el **Tabla 5**, a continuación:

Tabla 5. Consumo de agua asociado a los procesos críticos

Etapa	Proceso	Insumo por las 800 pieles	Cantidad (m ³)
Ribera	Pelambre	Agua	16
	Lavado posterior de pieles y botales	Agua	16
Curtido	Curtido	Agua	12
	Lavado posterior de pieles y botales	Agua	12
	Recurtido	Agua	8
TOTAL			64

Fuente: (Campos Cuenca 2013).

En la **tabla 5** se muestra el consumo de agua por cada proceso siendo el pelambre el de mayor consumo. Cabe resaltar que después del proceso de pelambre y curtido se realiza un lavado de las pieles, así como un lavado de los botales para que reciban otro lote de pieles; es por eso, que se ha incluido al gasto de agua siendo para el pelambre 32 m³ (entre pelambre y lavado), 24 m³ para el curtido incluyendo el lavado y 8 m³ para el recurtido. Estos datos denotan que el último proceso mencionado es el que menos consumo de agua presenta.

Los datos anteriores se representan de manera gráfica en la **figura 9**, a continuación:

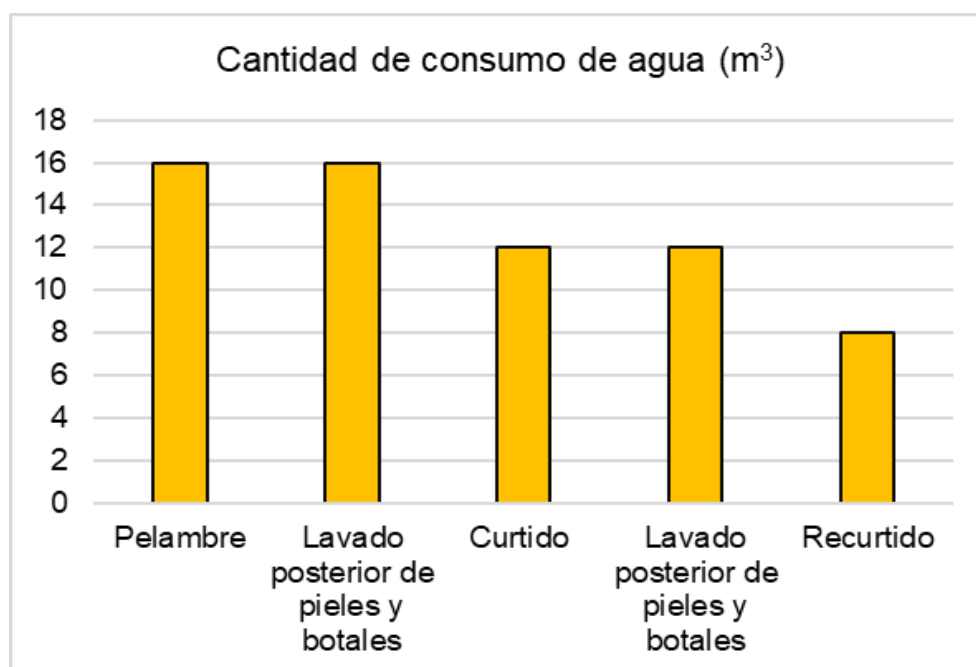


Figura 9. Consumo de agua de los procesos críticos

Fuente: (Campos Cuenca 2013).

La **figura 9** grafica el consumo de agua de los tres procesos, siendo el pelambre el proceso que más consume el líquido elemento y el recurtido el que menos consume.

Se debe mencionar que el agua consumida proviene de los canales de regadío y no pagan por su uso; asimismo, no realizan un análisis de la calidad del agua que ingresa a sus procesos pues al ser de los canales de regadío estos pueden contener coliformes u otra sustancia que repercuta en la calidad del efluente y producto final.

4.1.4 Consumo de materia prima

La actividad es de operación y fabricación simple y en los procesos críticos se tienen los siguientes insumos:

Tabla 6. Relación de insumos utilizados por proceso crítico

Etapa	Proceso	Insumo por las 800 pieles	Cantidad (kg)
Ribera	Pelambre	Sulfuro de sodio	515.00
		Bisulfito de sodio	65.28
		Cal	773.00
Curtido	Curtido	Sulfato de cromo	351.60
		Sulfato de cromo	420.60
	Recurtido	Ácido fórmico	54.40
		Recurtientes sintéticos	58.00
		Recurtientes acrílicos	21.90
		Recurtientes vegetales	66.00
		Aceites sintéticos	44.00
		Pigmentos	5.00
TOTAL			2374.78

Fuente: (Ministerio de Producción 2016).

La **tabla 6** muestra los insumos utilizados en cada proceso crítico, en este se muestra que el proceso de recurtido es el que más insumos químicos emplea sobre todo por el cromo que le da la característica de efluente crítico ya que es el más complicado de tratar. El segundo proceso que emplea más insumos es el pelambre que es catalogado como crítico por la presencia de sulfuros y por último está el curtido que solo emplea sulfato de cromo. El insumo de mayor cantidad es la cal lo que le da el pH básico al efluente.



Figura 10. Cuero procesado con los insumos

Fuente: (Campos Cuenca 2013)

La **figura 10** muestra el producto final del proceso, utilizando los insumos ya mencionados para cada proceso crítico. A ese producto final se le conoce como wet-blue.

4.2 Análisis de la solución

Las alternativas de solución serán según cada proceso crítico identificado, algunos de ellos son para más de dos aspectos ambientales:

Tabla 7. Alternativas de solución según los procesos

Proceso	Aspecto ambiental	Alternativa de solución
Pelambre	Generación de efluentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tratamiento de los efluentes. ➤ Recirculación de los licores. ➤ Implementación de un dispositivo que mida el volumen al ingreso y a la salida del botal. ➤ Mantenimiento constante de las tuberías. ➤ Proceso de descarnado previo al pelambre. ➤ Sustitución de insumos químicos.
Curtido	Consumo de agua	
Recurtido	Consumo de insumos	

En la **tabla 7** se presenta los aspectos ambientales que generan cada proceso y a partir de ellos se ha propuesto las alternativas de solución que involucran todos estos aspectos. Cabe resaltar que estas alternativas han sido propuestas tomando en cuenta los problemas en la producción de la curtiembre, así como sus carencias.

4.3 Diseño

El diseño de este trabajo de investigación será de acuerdo a la metodología que establece en Ministerio de Agricultura en su Guía Peruana para la implementación de Producción más Limpia GP 900.200, mismo que consta de tres etapas con sub-etapas en cada una de ellas.

4.3.1 Etapa 1. Planeamiento y organización

4.3.1.1 Organigrama de la empresa

En este organigrama se establecerá la jerarquía con la que contará la empresa ya que de ella depende el éxito de la implementación de este plan. La alta dirección establecida en este punto será la encargada de la disposición de los diferentes recursos sean materiales, humanos y financieros necesarios para obtener los resultados esperados. Aquí se establecerá también cuáles serán sus responsabilidades frente al plan.

4.3.1.2 Establecimiento del comité del PPL

Este comité será establecido para asegurar que el plan involucrará a un representante sea de alta dirección, integrante de la organización o consultores externos encargado de su aplicación en los procesos críticos seleccionados, siendo necesario que manejen de manera minuciosa de qué consta el proceso, los tiempos, la cantidad de insumos y agua que se consume y de qué está compuesto el efluente resultante. Asimismo, es importante que se caractericen por su proactividad, capacidad, creatividad y criterio para el desarrollo correcto y en el caso de que no sea así, sepa identificar los puntos de mejora.

4.3.1.3 Definición de los objetivos

Se establecerá objetivos según los procesos críticos que buscarán que la empresa, tras la implementación del plan, consiga ser competitiva en el mercado, además de buscar el incremento de la productividad, pero disminuyendo los impactos negativos al medio ambiente cumpliendo así con la legislación ambiental; asimismo, mejorar el proceso usando pocos insumos que tendrán eventualmente un impacto positivo en los costos.

4.3.1.4 Elaboración del cronograma de actividades

Para esta sub-etapa es necesario determinar las actividades requeridas en el plan de trabajo para tener un seguimiento de los avances logrados en el tiempo

establecido. Para este trabajo de investigación se tomó en cuenta un cronograma de acuerdo al tamaño de la organización, los procesos críticos, la disponibilidad de los trabajadores, el tiempo de duración de los procesos, entre otros.

4.3.1.5 Determinación de limitantes y alternativas de solución

Esta se refiere a tener en cuenta los factores que pueden detener la implementación del plan o el desarrollo de alguna etapa. Como siempre hay una probabilidad de que algo no vaya de acuerdo a lo planeado se debe también establecer las medidas que se tomaría de suceder este caso con el fin de superar el obstáculo lo más rápido posible para que no exista retraso en alguna de las actividades ya determinadas en el cronograma.

4.3.2 Etapa 2. Diagnóstico de las curtiembres

4.3.2.1 Levantamiento de información

Lo que se buscará con esto es acercar e involucrar a los integrantes del comité de Producción Limpia con todas las actividades establecidas para que, una vez ellos conscientes de lo que implica cada proceso, del funcionamiento de la organización, los equipos con los que cuenta, que aspectos ambientales se dan en su producción o la cantidad de materia prima empleada. Toda esa información será obtenida de fuente primaria (preguntas directas a los trabajadores) y fuentes secundarias oficiales con alta credibilidad. Para las cantidades de los insumos y agua utilizado será necesario entrevistar de manera directa a los operarios o al dueño de la empresa; en cambio para saber la composición química de los efluentes será necesario realizar monitoreos de calidad de agua con un laboratorio certificado.

El levantamiento de información permitirá identificar las posibles medidas que se podría aplicar a los procesos más críticos donde será necesario contar con más logística o recursos financieros para su éxito.

Asimismo, permitirá definir el flujo de proceso representándolo como un diagrama donde se resalte las entradas y salidas en cada proceso con lo que eventualmente será posible identificar los puntos en los que se tiene que hacer ajuste para el ahorro de insumos o agua consumidos, además de analizar si las operaciones son eficientes o no.

El formato a manejar para muestreos (**Anexo 1**), en esta etapa, se utilizará para realizar los monitoreos en la fase de levantamiento de información para definir los efluentes que son potenciales para aplicar o proponer alguna alternativa de solución, esta se empleará para definir los compuestos de los efluentes del pelambre, curtido y recurtido y según a cada proceso se tomará distintos parámetros, mismo que a veces requieren de preservantes.

Gracias a la realización de los flujos de cada proceso será posible realizar el balance de las operaciones críticas para cuantificar la cantidad de materia que entra y que sale a través de la observación del funcionamiento, mecanismos y parámetros de cada operación unitaria. Con ello se podrá reconocer aquellos procesos unitarios donde se está desperdiciando insumos y las causas de los flujos más contaminados. Es necesario que la empresa brinde la información de sus registros de compras, inventarios de los insumos, su registro de la composición de los lotes procesados, manuales de operación y/o procedimientos, recibos de agua o informes pasados de su estado.

4.3.2.2 Propuestas de buenas prácticas

En este punto tras saber cuáles son las causas del carácter nocivo de los efluentes generados por los procesos más críticos, además de saber la razón o los puntos en los que ocurre un gasto innecesario de insumos y consumo de agua se desarrolla las propuestas de carácter correctivo para aplicar en estos procesos, los ya mencionados pueden incluir recirculación, cambios de insumos, implementación de tecnología, etc. En este apartado se determinará el objetivo, el aspecto social de contaminante y el fundamento por el cual se considera la propuesta como viable.

4.3.2.3 Análisis de resultados

Para esta sub-etapa se realizará una comparación de las cantidades de insumos y los costos que implica, así como el consumo de agua antes y después de la implementación del PPL. En otras palabras, se pretende generar una comparación entre estado anterior de la curtiembre y su estado después de la ejecución del proyecto de investigación y así cumplir con los objetivos de este trabajo.

4.3.3 Etapa 3. Implementación y seguimiento

4.3.3.1 Financiamiento

Para este apartado se establece la manera en la que la curtiembre puede conseguir un respaldo económico en el caso de que no cuente con el suficiente capital para cubrir todos los costos de la implementación de la PPL. Aquí se dará algunas alternativas con las que la curtiembre puede financiarlo, especialmente si se requiere realizar ensayos y monitoreos posteriores.

4.3.3.2 Determinación de oportunidades

En este punto se establecerá el equipo encargado de la preparación, planificación de las instalaciones, la instalación propiamente dicha, la capacitación y la ejecución de todo el PPL.

4.3.3.3 Seguimiento

Se refiere al que se realizará una supervisión continua referido a los logros o avances que se consiga con la implementación de este plan, con ello se podrá identificar o reconocer los puntos de mejora realizando ajustes o redireccionamiento si fuera necesario basándose en distintos criterios de cambio o de resultado.

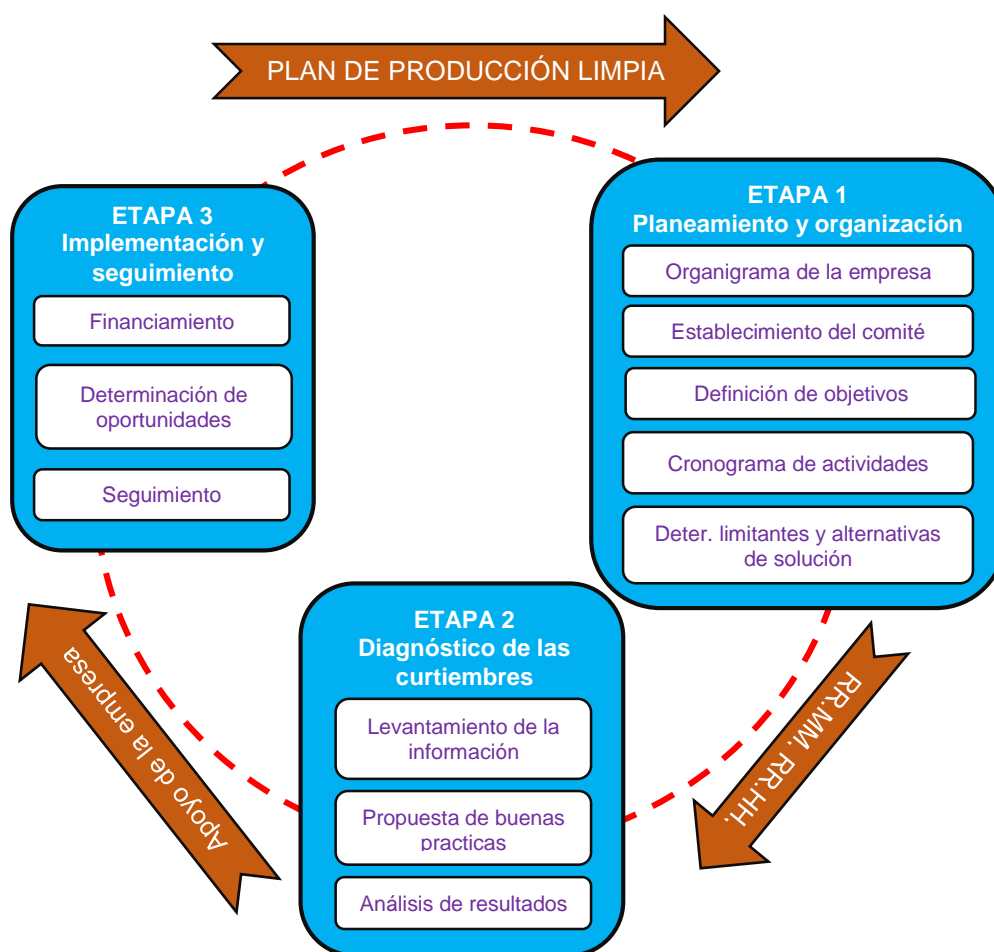


Figura 11. Diagrama de flujo del diseño del PPL

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN

5.1 Construcción

La implementación del plan de producción limpia será en base a un cronograma donde se tomó en cuenta la manera en la que se ha estructurado el plan:

Tabla 8. Cronograma del proyecto

CRONOGRAMA DEL PROYECTO			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N°	ACTIVIDAD	Productos												
1	Capacitación en "Producción Más Limpia"	Registro de capacitación del personal												
2	Identificación de los requerimientos de la curtiembre	Plan de diagnóstico												
3	Recopilación de información en la curtiembre	Informe de diagnóstico												
4	Elaboración y presentación de informe final para la curtiembre	Informe de diagnóstico												
5	Implementación de alternativas de solución para la curtiembre	Informe de alternativas de solución												
6	Verificación de las medidas consideradas en la Producción Más Limpia	Reporte de seguimiento												
7	Elaboración del informe de seguimiento una vez aplicada la Producción Más Limpia	Informe												
8	Presentación del informe de seguimiento una vez aplicada la Producción Más Limpia	Informe												

En la **tabla 8** se muestra la manera en que se va a implementar el plan. Se iniciará con la capacitación de los autores del diseño del plan, teniendo un mes como plazo máximo para establecer la organización del equipo para el mes de febrero se realizará las acciones para la identificación de lo que requiere la curtiembre es decir la identificación de los problemas involucrados en sus procesos. Mediante entrevistas a los trabajadores y a la alta dirección de la empresa se recopilará la información de los procesos críticos a evaluar, esto se realizará también en el mes de febrero.

Con la información obtenida se hará un análisis para que, eventualmente elaboremos el informe final que será presentado a la alta dirección de la curtiembre en estudio, el tiempo necesario para estas acciones serán tres meses de mayo a junio.

Posteriormente, tras haber comunicado las propuestas identificadas para cada proceso crítico, se verificará que estas medidas estén cumpliendo con los objetivos inicialmente propuestos por lo que es necesario realizar un reporte de seguimiento a fines del mes de agosto.

Entre el mes de agosto se llevará a cabo el seguimiento de la implementación del plan, con la información obtenida se iniciará la elaboración del informe de seguimiento para luego ser compartida con las partes interesadas en el mes de diciembre.

5.2 Prueba y resultados

5.2.1 Etapa 1. Planeamiento y organización

5.2.1.1 Organigrama de la empresa

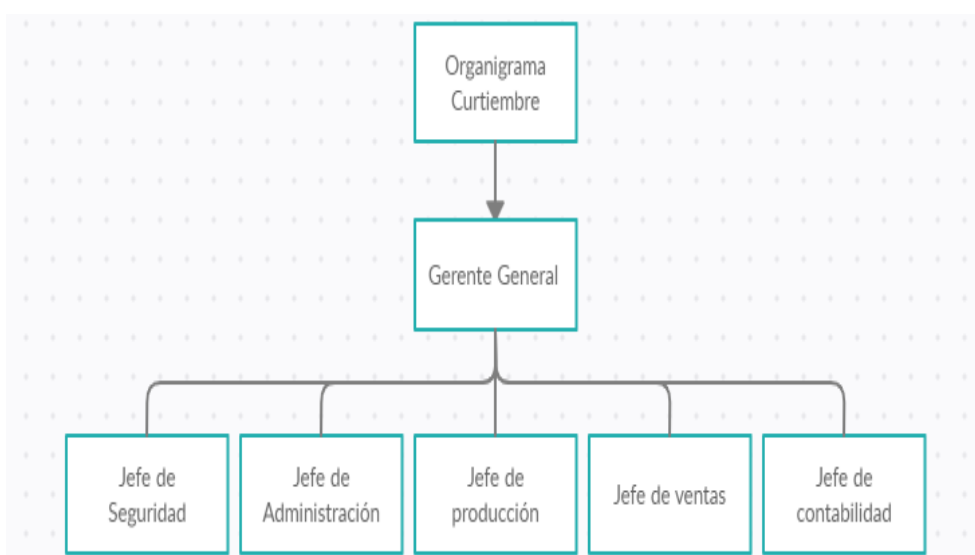


Figura 12. Organigrama de la empresa

Fuente: La empresa

La **figura 12** muestra el organigrama de la empresa de curtiembre la cual cuenta con 5 áreas de seguridad, administración, producción, ventas y contabilidad.

5.2.1.2 Establecimiento del comité

5.2.1.3 Definición de los objetivos

Objetivo general

- Desarrollar el plan de producción limpia como un instrumento orientativo que sea de fácil aplicación para la curtiembre a fin de reducir los impactos negativos de los procesos más críticos que vendrían a ser el pelambre, curtido y recurtido.

Objetivos específicos

- Incrementar el desempeño ambiental haciendo un uso adecuado de los recursos para reducir la generación de efluentes en la curtiembre.
- Incrementar la productividad y rentabilidad de la producción de la curtiembre.
- Mitigar los efectos ambientales generados en el proceso productivo de la curtiembre en los procesos de pelambre curtido y recurtido para cumplir con la legislación ambiental.
- Incrementar la reputación de la empresa haciéndola ver como una empresa ambientalmente responsable.

5.2.1.4 Elaboración del cronograma de actividades

Tabla 9. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DEL PROYECTO													
N°	ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Capacitación del personal de la curtiembre	■											
2	Búsqueda de financiamiento		■										
3	Caracterización del efluente			■									
4	Evaluación de las propuestas			■	■								
5	Implementación de la propuesta del Plan de Producción Limpia en la curtiembre					■	■	■					
6	Análisis de los resultados								■				
7	Caracterización de los efluentes								■	■			
8	Seguimiento y control del Plan de Producción Limpia en la curtiembre						■	■	■	■	■	■	■
9	Monitoreo del Plan de Producción Limpia en la curtiembre						■	■	■	■	■	■	■

En la **tabla 9** se presenta el cronograma de actividades en el mes de enero se iniciará con la capacitación al personal de la curtiembre, para el mes de febrero previa coordinación con la alta dirección se buscará el financiamiento del plan

a fin de poder de llevarlo concretarlo, una vez adquirido el financiamiento se iniciará con la caracterización de los efluentes en el mes de marzo.

Se evaluará las propuestas según cada etapa en relación a los aspectos ambientales identificados. Al definir las propuestas que se ciñen más al área y los procesos de la curtiembre se procederá a la implementación que tendrá una duración de tres meses. Una vez concretada la implementación se analizará los efluentes y los registros de los insumos, así como el consumo de agua para su posterior análisis de los resultados obtenidos con los monitoreos.

Teniendo en cuenta los resultados se hará una caracterización de los efluentes a fin de poder determinar la eficiencia del plan con miras a mejorar los puntos en los que no se evidencia un correcto cumplimiento del plan. Desde mayo a diciembre se iniciará el seguimiento, control y monitoreo del plan de producción limpia aplicado a la curtiembre.

5.2.1.5 Determinación de limitantes y alternativas de solución

Tabla 10. Determinación de limitantes y alternativas de solución

Limitaciones	Alternativas de solución
Oposición de la Alta Dirección y el personal frente a las modificaciones y adiciones en los procesos críticos de pelambre, curtido y recurtido de la curtiembre.	Concientizar a la Alta Dirección y el personal respecto a los beneficios de las modificaciones en los procesos de pelambre, curtido y recurtido de la curtiembre.
Ausencia de información respecto a las ventajas de la implementación de la Producción Más Limpia en la curtiembre	Mostrar resultados concretos a las partes interesadas para ganar su confianza
Falta de financiamiento para la implementación de la Producción Más Limpia en la curtiembre	Conseguir financiamiento mediante entidades financieras.
Déficit de personal capacitado para la implementación de la Producción Más Limpia en la curtiembre	Capacitar a los colaboradores de la curtiembre a fin de que puedan suplir cualquier eventualidad que se presente
Falta de información confiable de los procesos de la curtiembre	Recurrir a fuentes secundarias para corroborar ciertos datos

En la **tabla 10** se presenta la determinación cinco de los limitantes que se podrán presentar respecto al plan frente a estas limitantes es necesario plantear las alternativas de solución más eficientes, a fin de que se pueda resolver las situaciones mencionadas.

5.2.2 Etapa 2. Diagnóstico de la curtiembre

5.2.2.1 Levantamiento de información

a) Croquis de la empresa

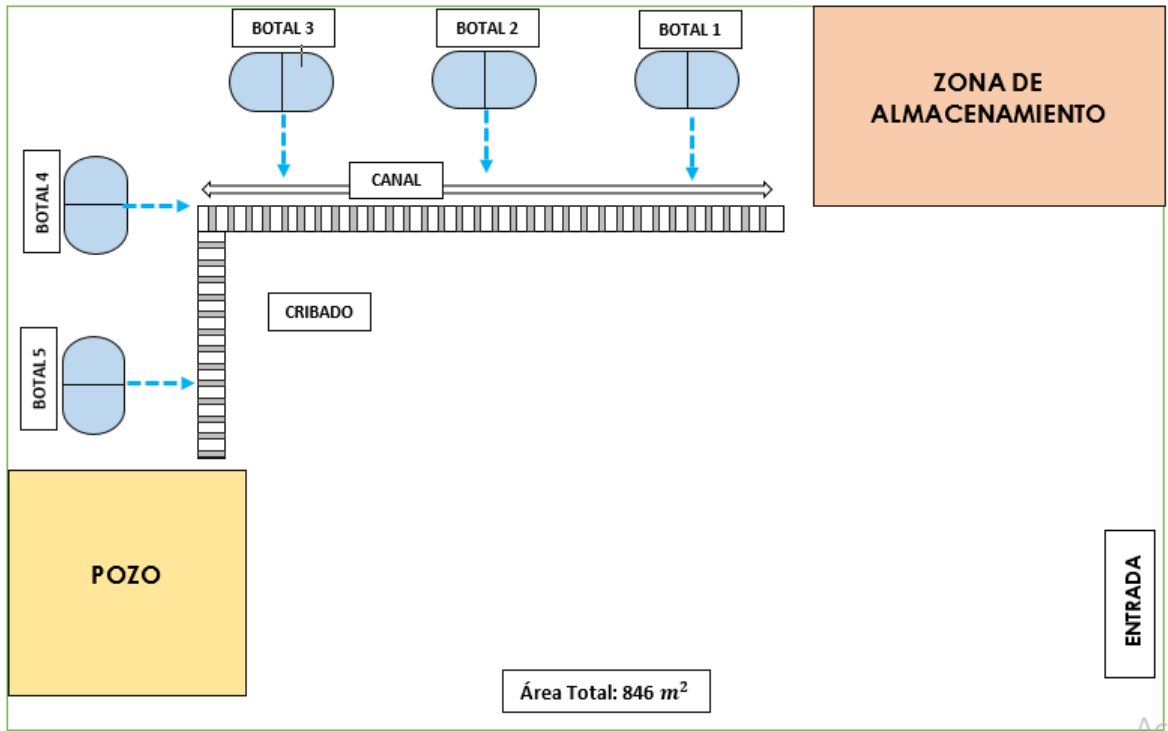


Figura 13. Croquis de la empresa

Fuente: La empresa

En la **figura 13** se presenta el croquis de la empresa el cual consta de 5 botaes dos de tipo III (utilizado para curtido y recurtido, dos de tipo II (utilizado para pelambre) y uno de tipo I un pozo y una zona de almacenamiento de los insumos, el área total es de 846 m².

b) Áreas funcionales de la empresa

Tabla 11. Áreas funcionales de la empresa

Áreas	Medida
Área total	846 m ²
Área productiva	806 m ²
Área destinada al proyecto	40 m ²

Fuente: La empresa

En la **tabla 11** se presenta las áreas de la empresa teniendo un área productiva de 806 m² y un área destinada al proyecto de 40 m².

c) Capacidad de producción

Tabla 12. Capacidad de producción

Productos	Tipo/ característica	Volumen de producción mensual		Volumen de producción anual	Uso
		U.M	Cantidad	Cantidad	
Forro res	Plena flor	Pieles	50	600	Todo el proceso
Cuero box	Plena flor	Pieles	50	600	Todo el proceso
Cuero industrial	Amarillo	Pieles	100	1200	Todo el proceso
Forro ovino	Plena flor	Pieles	600	7200	Desde wet blue
		Total	800	9600	

Fuente: La empresa

En la **tabla 12** se presenta la capacidad de producción de la empresa teniendo un total de 800 pieles mensuales haciendo un total de 9600 pieles anuales.

d) Maquinaria

Tabla 13. Maquinaria

Proceso productivo	Maquinaria	Especificaciones	Marca-Año	Estado
Pelambre	Botal	8x8	2010	Operativo
Curtido y recurtido	Botal	7x7	2010	Operativo

Fuente: La empresa

En la **tabla 13** se presenta la maquinaria con la que cuenta con la que se trabaja en el proceso productivo del pelambre, el curtido y recurtido siendo en ambos casos botales, así mismo se presenta sus características.

e) Insumos utilizados

Tabla 14. Insumos utilizados

Proceso	Insumo	Proveedor
Pelambre	Sulfuro de sodio,cal,Mollescal PN, Mollescal MF	Skin Leather
Curtido	Cromo, Taurolime ECU	Skin Leather
Recurtido	Humectante,Cromo,Bicarbonato,Neutralizante tamponante,Formiato de sodio, Acrílico,Dispersante,Rec.Vegetal,Rec.Resínico.	Skin Leather

Fuente: La empresa

En la **tabla 14** se presenta los insumos con los que se trabaja en el proceso productivo del pelambre, el curtido y recurtido y el proveedor.

f) Check List

Propuesta del Plan de producción limpia para una pequeña empresa productora de cueros en Arequipa.

Tabla 15. Datos generales del check list

Empresa:	Curtiembre
Inspectores:	Mamani Ventura Karina Gutierrez Ccapa Claudia
Fecha:	2020

Fuente: La empresa.

En la **tabla 15** se presenta los datos generales que van antes de iniciar el Check list.

1. Etapa de ribera

Tabla 16. Formato de check list para el proceso del pelambre

PELAMBRE	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Realiza el pesaje de su materia prima?		X	Solo sigue un patrón aproximado
¿Realiza algún control de la cantidad de agua que utiliza?		X	
¿Realiza algún pesaje de los reactivos que utiliza?		X	
¿Sustituye el uso del sulfuro de sodio con otros productos?		X	Sin embargo si están dispuestos a poder cambiarlo
¿Realiza una recirculación de baños de pelambre?		X	
¿Realiza alguna separación de sólidos suspendidos de los baños residuales del pelambre?	X		Cuenta con mallas, pero no separan el pelo-realizan destrucción total del pelo
¿Realiza un control de las condiciones del proceso como pH, temperatura, tiempo de rotación en la etapa del pelambre?	X		

Fuente: La empresa

En la **tabla 16** se presenta las preguntas frecuentes que van a ir en el Check list para el proceso del pelambre donde el gerente indico que solo alguna separación de sólidos suspendidos ya que cuenta con mallas por otro lado controla parámetros como temperatura, pH y tiempo de rotación.

2. Etapa de curtido

Tabla 17. Formato de check list para el proceso del curtido y recurtido

CURTIDO Y RECURTIDO	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Ha reemplazado el uso del cromo por un producto que no genere impacto ambiental? o ¿Ha realizado alguna prueba?		X	
¿Ha realizado algún tratamiento de efluentes de los baños de cromo?		X	
¿Realiza alguna recirculación de los baños de cromo?		X	Utilizan estos baños para la carnaza
¿Realiza algún aprovechamiento de los residuos de cromo? Virutas o polvo de lijado	X		

Fuente: La empresa

En la **tabla 17** se presenta las preguntas frecuentes que van a ir en el Check list para el proceso de curtido y recurtido, donde el gerente indico que aprovecha los residuos de cromo recirculándolos.

g) Etapas críticas:

1. Pelambre:

Según (Tone 2018) una vez que las pieles ya están hidratadas y limpias son sometidas al proceso de pelambre a fin de que se elimine la epidermis y el pelo y por consiguiente ceder las fibras de colágeno.

Este proceso tiene por finalidad quitar las cosas que no tengan valor en las pieles que van a ser procesadas. En este proceso el agua residual que se genera es alcalina porque el pH se encuentra entre los rangos 11 y 12 (Mendoza y Sanchez 2019).

Para poder efectuar el desarrollo del pelambre se debe añadir una serie de productos para dar como resultado el estiramiento e hinchamiento de la piel que este apto para el siguiente proceso.

1.1 Productos considerados en pelambre

Los principales productos usados son de origen químico estos consideran principalmente:

- **Sulfuro de Sodio Na_2S :** Según (Tone 2018) es un reactivo que cumple la función de depilador actuando directamente en el pelo para aflojar la estructura fibrosa.
- **Cal:** Según (Tone 2018) favorece a que el pelo sea disuelto, así mismo permite que se desdoblén las fibras presentes en la piel.

- **Mollescal PN:** Según («Guía de Productos Químicos para el Cuero» 2016) permite que se dé la solubilidad de la cal.

- **Mollescal MF:** Según («Guía de Productos Químicos para el Cuero» 2016) es denominado como el auxiliar para la depilación y conservación del pelo, se encarga de aflojar el pelo y a la vez reducir el hinchamiento de este.

1.2 Contaminantes en el efluente del pelambre

Según (Mendoza y Sanchez 2019) los contaminantes que se encuentran en el efluente del pelambre son los siguientes:

- **Sólidos Totales Suspendidos:** Es la cantidad de materia insoluble que encuentran suspendida en la superficie del agua residual, se encuentra compuesta por sólidos que se caracterizan por la sedimentación rápida que tienen estas son las pequeñas partículas de cuero, residuos de vertidos de reactivos, entre otros que provienen de la etapa de ribera.

- **Carga orgánica:** En promedio un 75% de esta carga que esta medida en función de la DBO y DQO proceden del proceso de encalado y depilado que son parte de la etapa de la ribera.

- **Sulfuros:** Estos generan emisiones de ácido sulfhídrico que resultan ser altamente tóxicos.

- **Sulfatos:** Son producto de la oxidación de sulfuro, en condiciones anaerobias se reduce a sulfuro e incrementa la salinidad del agua.

2. Curtido:

Según (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020b) en este proceso se hace uso de agentes curtientes que van a introducirse en la estructura para así conseguir las fibras de estabilización.

Según (Lazo 2017) se trabaja con el baño corto del proceso de piquelado, las sales de cromo y el basificante.

2.1 Productos en el proceso del curtido

- Cromo
- Taurolime ECU

2.2 Contaminantes en el efluente del curtido

- **Sustancias tóxicas:** El agua residual del curtido presenta cromo trivalente que es producto de la sal de cromo que se utiliza para el curtido.

3. Recurtido:

Es el tratamiento que se le da al cuero curtido añadiéndole productos químicos para conseguir el cuero deseado. Esta es una operación importante porque intervendrá en las etapas posteriores. Así mismo se hace uso del baño de curtido añadiéndole la grasa y cromo sintético con el fin de conseguir un pH adecuado al proceso (Lazo 2017).

3.1 Productos en el proceso del recurtido

- Humectante
- Cromo
- Bicarbonato
- Neutralizante tamponante
- Formiato de sodio
- Acrílico
- Dispersante
- Rec. Vegetal
- Rec. Resínico

3.2 Contaminantes en el efluente del recurtido

Según (Lazo 2017) los efluentes del recurtido contienen grasas, taninos, sintanos los cuales provienen de las sustancias usadas en este proceso.

h) Impactos ambientales de los procesos críticos:

Según (Lazo 2017) al haber realizado una evaluación determina que los impactos se dan a los siguientes factores:

- **Calidad del aire:** Los efluentes traen como consecuencia un impacto a la calidad del aire debido a que las soluciones acuosas las cuales presentan sulfuros bajan su nivel de pH de 10, haciendo que se desprenda ácido sulfhídrico en estado gaseoso, lo cual contribuye a la contaminación del aire.
- **Calidad del agua:** El impacto que se tiene a la calidad del agua en las etapas es de carácter crítico siendo así que genera un impacto de carácter severo.
- **Población:** El impacto generado por los efluentes hacia la población es de forma indirecta afectando a la salud de la misma que se encuentra aledaña a la zona ya que se generan olores, vectores que pueden promover la proliferación de vectores y como consecuencia la transmisión de enfermedades el carácter de este impacto es moderado.

5.2.2.2 Propuestas de buenas prácticas

a) PROPUESTA 1: Implementación de un dispositivo que mida el volumen al ingreso y a la salida del botal

El objetivo de esta propuesta es darle un uso eficiente al agua.

Sustento:

Aunque ellos obtienen este insumo del canal de riego próximo a sus instalaciones por lo que no pagan por ello, eso no justifica el mal uso que le dan ya que ellos no tienen un registro de cuantos litros se requiere para cada proceso. Simplemente llenan y según su percepción paran cuando creen que ya es suficiente. Esto trae graves consecuencias pues si utilizan mucha agua, los insumos químicos podrían no trabajar del mismo modo y si es poca agua el cuero podría dañarse o el proceso ser ineficiente. Entonces esto trae consecuencias negativas en lo económico y en los insumos, así como el producto final.

Con la implementación de un medidor de agua interno se podrá tener registrado la cantidad de agua utilizada en los procesos, con ellos se puede identificar en que procesos se emplea más agua y de qué manera se podría reducir sin afectar el proceso.



Figura 14. Medidor de volumen

Fuente: (PROMART 2020)

b) PROPUESTA 2: Recirculación de los licores y tratamiento de efluentes

Esta medida tiene por objeto utilizar menos agua e insumos en los procesos que son objeto de este trabajo de investigación.

Sustento:

La recirculación permite que el agua utilizada en los tres procesos pase por un tratamiento cuyo resultado es un agua con una calidad aceptable para ser reutilizada en el mismo proceso y si es así entonces se puede conseguir un ahorro entre el 48% y 52%. Esta acción también incluye el ahorro en insumos ya que estos licores están compuestos por las sustancias químicas necesarias para el proceso de pelambre, curtido y recurtido. Para evitar que se reutilice con la misma carga de sólidos suspendidos es necesario que primero pase por un canal, seguido de una trampa de grasas y finalmente un sedimentador primario. El líquido resultante ha demostrado ser efectivo en las tres primera recirculaciones más no en una cuarta (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020). Esta propuesta tiene también un impacto directo sobre el ahorro de agua y de insumos químicos.

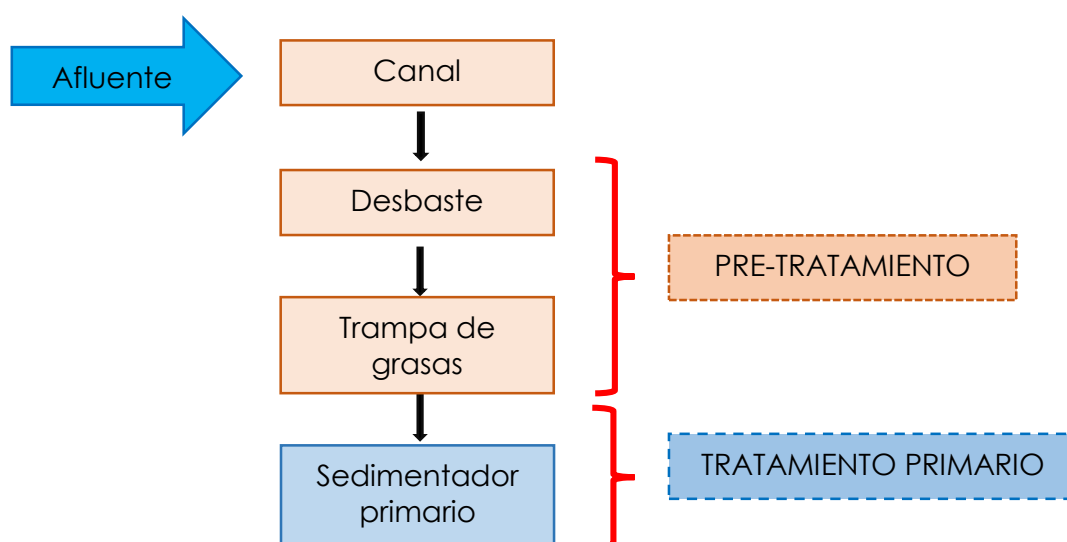


Figura 15. Diagrama de los licores y tratamiento de efluentes

En la **figura 15** se presenta el diagrama de flujo del sistema de tratamiento que se puede aplicar a cada proceso por separado o de manera aislada ya que con eso es más fácil de poder recircularlo pues la calidad de agua resultante tendría una eficiencia adecuada.

En cuanto a la recirculación de los licores en el caso del pelambre como se mencionó líneas arriba es importante que pase por un tratamiento previo, pero para el caso del curtido y recurtido es mejor que se dé una recirculación directa para minimizar la concentración del cromo. Posteriormente a eso se puede llevar al sistema de tratamiento y volver a recircular.

c) PROPUESTA 3: Mantenimiento constante de los botales

El objetivo de esta acción es evitar la pérdida de agua e insumos minimizando la probabilidad de fugas.

Sustento:

Es común que las curtiembres pequeñas tengan una infraestructura algo antigua por lo que se pierde eficacia en el proceso, así como insumos que se pueden escapar por los orificios que puedan existir en los botaes o bombos. Es por ello, que es importante que se realice el mantenimiento continuo o monitoreo regular de las condiciones en las que se encuentra el equipo para luego identificar fugas y subsanarlas con el fin de no perder agua ni insumos.



Figura 16. Mantenimiento de los botaes

Fuente: (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020)

En la **figura 16** se presenta los botaes los cuales deben recibir un mantenimiento continuo a fin de que estén en condiciones óptimas para cumplir su funcionalidad.

d) PROPUESTA 4: Proceso de descarnado previo al pelambre

La razón de la propuesta es para emplear menos agua y menos insumos químicos.

Sustento:

Cuando las pieles son remojadas en una solución con las sustancias químicas necesarias se da una absorción de agua por parte de las pieles, el porcentaje puede variar entre 8% y 10% de absorción, esto depende mucho del peso de la piel. Dada esta situación y para remediarle, es importante

hacer un predescarnado ya que así se consigue reducir hasta un 25% del peso de la piel fresca y si fuera una piel salada consigue una disminución de hasta 15%. Cabe resaltar que puede realizarse antes del proceso de salado y remojo para que así se reduzca el uso de insumos químicos. Por otro lado, al realizarse antes del pelambre este puede ser vendido o procesado para obtener a partir de él, alimento para animales, entre otros usos (Centro de Innovación Tecnológica del cuero, Calzado e Industrias Conexas 2020). Asimismo, al utilizar menos sustancias químicas el efluente final tendrá un valor menor de DQO y DBO. Esta reducción repercute en el cumplimiento de los VMA para las curtiembres (Córdova Saucedo y Cruz Paredes 2020).



Figura 17. Proceso de descarnado

Fuente: La empresa

En la **figura 17** se presenta el proceso de descarnado el cual se propone que sea previo al pelambre a fin de reducir el volumen de las pieles. Los residuos generados son vendidos para la producción de comida para perros, es decir, se puede aprovechar al máxima la implementación de la medida pues genera un ingreso extra y un ahorro en insumos químicos.

e) PROPUESTA 5: Sustitución de insumos químicos

El objetivo de esto es reducir la carga nociva del efluente mediante la sustitución de los típicos insumos utilizados.

Sustento:

La sustitución busca cambiar los insumos que se utilizan en los procesos, dicho insumos tienen un impacto negativo en el ambiente al ser liberados

hacia la alcantarilla. Es por eso que hay distintas organizaciones que han realizado una evaluación de cuales sería los candidatos a reemplazar estos insumos sin que se pierda la calidad del cuero o por tener costos elevados, dejen de ser competitivos en el mercado.

A continuación, se detalla los insumos que pueden ser sustituidos:

Tabla 18. Alternativas para los procesos críticos

Proceso	Insumo	Alternativa química	Alternativa biológica
Pelambre	Sulfuro de sodio	de Erhavit LSR	Enzimas provenientes de hongos (amilolíticas, lipolíticas y proteolíticas)
	Cal viva	Cal 90 hidróxido de calcio de alta pureza	
Curtido	Cromo	Grafeno	
	Cromo	Grafeno	
Recurtido	Formiato de sodio	Quimitan CXW	

Fuente: (Laboratorio INESCOP 2019).

En la **tabla 18** se muestran los insumos por un lote de pieles utilizados y de acuerdo a cada insumo se da una alternativa de solución para que los procesos de fabricación sean menos nocivos y sostenibles; por ello, las alternativas se sacaron de un listado de la Unión Europea para tener un control que restrinja el uso de sustancias que dañen la salud y el medio ambiente.

En cuanto a la alternativa biológica propuesta para el pelambre, está siendo propuesta porque ya hay distintos estudios es están caracterizando estas enzimas para que sean utilizadas en lugar de las sustancias químicas utilizadas en el pelambre. Asimismo, tiene ventajas como que emplea un menor tiempo de humectación, permite que exista una apertura mayor de la fibra, además, con ello se da una solubilización y eliminación de distintos componentes entre ellos las proteínas, grasas y carbohidratos. También consigue un depilado alto, sin arrugas logrando una piel más suelta (Díaz Merino 2019).

En otras investigaciones han sido utilizadas como una sustancia auxiliar del sulfuro de sodio, pero ha conseguido disminuir a la mitad el porcentaje utilizado de la sustancia ya mencionada, así que probablemente logre reemplazarlo completamente (Noticias de la Ciencia 2016). Sin embargo, eso no quita que la tendencia debe ser el reemplazo de sustancias químicas por biológicas.

5.2.2.3 Análisis de resultados

Tras haber implementado las alternativas de solución propuestas en la siguiente tabla se evidencia como, con la recirculación, se ha conseguido ahorrar en cuanto a consumo de agua en los tres procesos identificados como críticos en un principio.

Tabla 19. Resultados de la recirculación del agua

Etapa	Proceso	Cantidad agua (m ³)	Absorción	Recirculación	Ahorro de agua (%)
Ribera	Pelambre	32	251.05	2948.95	48
Curtido	Curtido	24	188.28	2211.42	48
	Recurtido	8	627.61	7372.39	48
TOTAL		64	1066.94	12574.34	

Fuente: (Monroy-Ávila, Peña-Monroy y Garzón-Cortés 2019)

En la **tabla 19** se muestra que con la alternativa de recirculación se pudo ahorrar un 48% de agua en promedio en los tres procesos críticos lo que es signo de una maximización de este recurso.

Para el caso de los insumos utilizados se puede mencionar que con la implementación se logró disminuir el uso de estos, consiguiendo un ahorro económico, también.

Tabla 20. Resultados de la recirculación del agua

Proceso	Insumo por las 800 pieles	Cantidad inicial (kg)	PPL (Kg)
Pelambre	Sulfuro de sodio	1353.28	363.57
	Bisulfito de sodio		
	Cal		
Curtido	Sulfato de cromo	351.60	94.46
	Sulfato de cromo		
Recurtido	Ácido fórmico	669.9	179.97
	Recurtientes sintéticos		
	Recurtientes acrílicos		
	Recurtientes vegetales		
	Aceites sintéticos		
	Pigmentos		
TOTAL		2374.78	638.00

Fuente: (Monroy-Ávila, Peña-Monroy y Garzón-Cortés 2019)

En la **tabla 20** se muestra que son las estrategias propuestas para la curtiembre se ha conseguido una disminución considerable en cuanto a la cantidad de los insumos químicos lo que lógicamente repercutirá en los costos. Según la tabla mostrada se logró una reducción de insumos químicos del 73% ya que sin el plan este consumía entre los tres procesos 2374.78 kg y con el plan consiguió solo 638 kg en los tres procesos.

Con las alternativas de solución establecidas para este plan, los beneficios económicos son los siguientes:

Tabla 21. Beneficios de la implementación de las alternativas propuestas

Alternativa	Inversión (S/)	Ahorro (S/)
	900.00	Intangible
Pelambre	62.00	Intangible
	2608.00	7000.00
Curtido y recurtido	8477.00	5222.00
Total	12047.00	12222.00

Fuente: (Monroy-Ávila, Peña-Monroy y Garzón-Cortés 2019)

En la **tabla 21** se muestran los costos que implica la implementación de las alternativas propuestas cuya diferencia es S/ 175 .00 en total, pero por cada vez que se hace el proceso de pelambre se ahorra S/ 7000.00 en cuanto al curtido y recurtido se ha ahorrado S/ 5222.00 lo que demuestra la viabilidad de la implementación del presente plan.

5.2.3 Etapa 3. Implementación y seguimiento

5.2.3.1 Financiamiento

El financiamiento será por parte de la empresa y de un banco local ya que la curtiembre no cuenta con todo el capital. Así se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 22. Financiamiento

Concepto	Inversión (S/)	Participación	Monto (S/)
Capital propio	12047.00	60 %	7228.20
Banco local		40 %	4818.8
Total		100%	12047.00

En la **tabla 22** se muestra la participación que tendrá la empresa frente a la participación del banco quien será el ente financiero. El plan de pagos será establecido por la entidad bancaria.

5.2.3.2 Determinación de oportunidades

Para este punto se establecerá una matriz en la que se indique la conformación de equipos, los encargados de la planificación, ejecución, entre otros:

Tabla 23. Encargados de etapas de trabajo

Etapa	Actividad	Encargado
Preparación detallada	Selección del equipo	Gestores del plan
	Diseño de las modificaciones	
	Planificación del presupuesto	
Planificación de la instalación	Mano de obra	La empresa
Instalación de los dispositivos	Instalación	
Capacitaciones de los operarios	Reuniones de capacitación	Gestores del plan
Ejecución del plan	Implementación	

En la **tabla 23** se muestra que la participación para este plan también se contará a la empresa con el fin de involucrarlos y así se comprometan con el proyecto y esto traerá el éxito de la implementación del presente plan.

5.2.3.3 Seguimiento

Para este punto se contará con tres etapas en las que se consideraran distintos criterios para que se logren identificar los puntos de mejora del plan y así poder maximizar los resultados del plan.

Tabla 24. Determinación de las etapas para el seguimiento

Etapa	Descripción
Inicio	Información del impacto del plan en la curtiembre
	Compartir los resultados u información levantada con la organización
	Comprender las actitudes limitantes o la tendencia a la aceptación por los incentivos
Evaluación mediante monitoreos	Cambios en la composición de los efluentes
	Cambios en el consumo de materia prima y agua
	Cambios en la productividad
Informe de seguimiento	Lista de oportunidades de mejora
	Plan de acción de la implementación
	Comparación situacional (antes y después)
	Plan de acción a largo plazo

Fuente: (Ministerio de Agricultura 2007)

En la **tabla 24** se establece la manera de supervisión por la que se optará una vez implementado el PPL ya que como todo proceso no solo debe ser monitoreado al inicio y una vez que se haya implementado, sino que para conseguir un mejor resultado es importante realizar el seguimiento post.

CONCLUSIONES

- ✓ Se diseñó un plan de producción limpia que consiguió la recirculación de los efluentes generados en el proceso de pelambre, curtido y recurtido con los cuales se pudo reincorporar al proceso sin afectar la calidad de las pieles. El plan se logró gracias a que se estableció un diseño con tres etapas de los cuales en base a la planificación establecida se pudo obtener la información de la organización de la empresa, sus procesos, las cantidades de los insumos, los componentes de los efluentes, entre otros. Con esa información se determinó las alternativas de solución o propuestas de buena práctica para conseguir los objetivos constatados por los resultados analizados los que dieron a conocer que el plan tuvo un impacto positivo en el aspecto económico y ambiental. Todas las propuestas fueron fáciles de implementar ya que no requería de mucha inversión por parte de la empresa. Cabe resaltar que los efluentes que contenían cromo y sulfuro para reducir su nocividad se realizaron mediante la sustitución de los insumos químicos.
- ✓ Se consiguió reutilizar y optimizar el consumo de agua mediante la implementación de un contador de agua interno para llevar un registro adecuado; asimismo, se implementó el mantenimiento continuo de los botaes para evitar cualquier fuga y la recirculación y tratamiento de los licores con los que se ahorró un 48% del agua normalmente consumida en los tres procesos críticos.
- ✓ Para conseguir recircular los insumos se propuso un pre-descarnado que bajó el volumen de las pieles lo que conlleva a que este consuma menos materia prima, también fue necesario la recirculación de los licores para recuperarlos y reutilizarlos nuevamente hasta por tres veces lo que significó una reducción en los costos de materia prima.
- ✓ Con la implementación del plan de producción limpia la empresa cumplió con sus obligaciones ambientales pues este sector es fiscalizado con regularidad lo que les evita la imposición de alguna multa por incumplimiento de la normativa vigente.
- ✓ Se mejoró la reputación de la empresa ya que hoy en día es más frecuente que los clientes busquen hacer negocios con empresas ambientalmente responsables cuyos productos sean más inocuos o que tengan el menor impacto posible en el ambiente
- ✓ Con la implementación de un PPL la empresa logró una mayor competitividad en el mercado ya que al optimizar su proceso, aminorar los costos sin afectar la calidad del cuero, aprovechar al máximo los recursos, logrando así que su actividad sea más rentable y tengan una mayor productividad.

TRABAJOS FUTUROS

Al ser un plan de producción limpia es importante que se realice un seguimiento continuo de cómo está comportándose el plan; asimismo, es necesario que se haga monitoreos a los efluentes y verificación de los registros de consumo de agua, así como de insumos para ver si el impacto sigue teniendo resultados bueno o va perdiendo eficiencia.

Por otro lado, las alternativas presentadas en el trabajo dan pie a una nueva investigación como es el uso de enzimas ya que esta por sí sola tiene mucha información por recabar para poder solo implementar el uso de estas enzimas en lugar de sustituir las sustancias químicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL HUISACAYNA, L., 2017. *Análisis y propuesta de mejora en una curtiembre, para mejorar la productividad en la ciudad de Arequipa 2017* [en línea]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/7207/44.0552.II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- AGUILAR AMANQUI, A.A. y PUMACHARA MAQUE, L.M., 2019. *Aplicación de un PGA para reducir los impactos ambientales de la empresa de la curtiembre San Cristóbal-Río Seco-Arequipa-2019* [en línea]. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2702/1/Antony%20Aguilar_Luz%20Pumachara_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SUSCRIPTORES MARÍTIMOS, 2018. Sulfuro de Sodio. *ALSUM* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <https://alsum.co/handbook/sulfuro-de-sodio/>.
- CADO, O., 2017. Sales de cromo: Su relación con el medio ambiente. *Revista Gerencial Ambiental* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/informes/Salesde%20Cromo.htm>.
- CALTEK, 2019. Productora y Comercializadora de Cal. *Caltek* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <http://caltek.com.co/cal-en-curtiembres/>.
- CAMPOS CUENCA, V.J., 2013. *Análisis y mejora de procesos de una curtiembre ubicada en la ciudad de Trujillo* [en línea]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4898/CAMPOS_VICTOR_MEJORA_PROCESOS_CURTIEMBRE_CIUDDAD_TRUJILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CASTILLO RAMOS, A., 2014. Diseño no Experimental Transeccional. *Issuu* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/mariaalexandrums/docs/dise__os_no_experimentales.
- CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DEL CUERO, CALZADO E INDUSTRIAS CONEXAS, Cite., 2017. Boletín oficial CITECCAL Lima. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://citeccal.itp.gob.pe/wp-content/uploads/2016/11/BOLETIN-OFICIAL-CITECCAL-LIMA-JULIO.pdf>.
- CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DEL CUERO, CALZADO E INDUSTRIAS CONEXAS, Cite., 2020. *Propuestas de Buenas Prácticas de Producción para la reducción de contaminantes en descargas líquidas aplicables a Curtiembres MYPEs en el Parque Industrial Río Seco de Arequipa*. [en línea]. 2020. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342851785_Buenas_Practicas_de_Produccion_para_la_reduccion_de_contaminantes_en_descargas_liquidadas_aplicables_a_Curtiembres_MYPEs_en_el_Parque_Industrial_Rio_Seco_de_Arequipa.
- CÓRDOVA BRAVO, H.M., VARGAS PARKER, R., TÉLLEZ MONZÓN, L., CESARE CORAL, M.F., BECKER, R. y VISITACIÓN FIGUEROA, L., 2013. Influencia del uso

de acomplejantes en el baño de curtido sobre la calidad final del cuero. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 79, no. 4, pp. 388-397. ISSN 1810-634X.

CÓRDOVA SAUCEDO, R. y CRUZ PAREDES, K.K., 2020a. *Programa de Producción más Limpia para reducir aspectos ambientales en la etapa de ribera de la empresa Curtiduría Orión S.A.C.* [en línea]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en:

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16195/CordovaSaucedo_R%20-%20Cruz%20Paredes_K.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CÓRDOVA SAUCEDO, R. y CRUZ PAREDES, K.K., 2020b. *Programa de Producción más Limpia para reducir aspectos ambientales en la etapa de ribera de la empresa Curtiduría Orión S.A.C.* [en línea]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en:

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16195/CordovaSaucedo_R%20-%20Cruz%20Paredes_K.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DAPHNIA, 2020. Producción Limpia. [en línea]. [Consulta: 8 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.daphnia.es/revista/2/articulo/561/Produccion-Limpia>.

DÍAZ MERINO, M.E., 2019. *Enzimas vegetales para una producción de cuero eco-compatible* [en línea]. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/76839/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DIMAS MELGAR, O., 2000. Tecnología del cuero. Procesos de curtición, control de calidad y maquinaria. *Ministerio de Comercio Exterior y Turismo* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/publicaciones/artesania/2005_2017/8_Tecnologia_cuero_t.1_2000.pdf.

EPA, A. de P.A. de E.U., 2015. Definición de términos. *US EPA* [en línea]. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-c>.

GALLARDO ECHENIQUE, E.E., 2017. Metodología de la Investigación. *Repositorio Continental* [en línea]. [Consulta: 15 octubre 2020]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf.

GARCÍA BELLO, D., 2019. ¿Qué es el pH? *Cuaderno de Cultura Científica* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>.

GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA, 2010. Ordenanza Regional N°121-Arequipa. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: http://www.regionarequipa.gob.pe/Cms_Data/Contents/GobRegionalArequipaInv/Media/Resolucion.Detalle/2010/121-2010-OrdReg.pdf.

Google Maps [en línea], 2020. [carte]. Google: Google. [Consulta: 10 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/search/mz+d+lote+8/@-16.3540984,-71.5922537,203m/data=!3m1!1e3>.

GORDILLO MORENO, G.E. y TOLEDO LUQUE, C.E., 2013. *Técnicas ambientales de Producción más limpia en la industria de curtiembre* [en línea]. Ecuador:

- Universidad del Ecuador. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1371>.
- Guía de Productos Químicos para el Cuero* [en línea], 2016. 2016. S.I.: Mundipress. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/mundipress/docs/gu__aproductosq/13.
- HUAMANÍ NAVARRETE, P.F., 2017. La investigación tecnológica. *Repositorio Universidad Ricardo Palma* [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/678/investigaciontecnologica.pdf;jsessionid=E272F0268AD7E8E9A57571D42F4581ED?sequence=1>.
- HUARACHE ZAPANA, V.S., 2018. *Biorremediación de efluentes de curtiembres mediante hongos aislados del parque industrial de Río Seco (PIRS) – Arequipa, en condiciones de biorreactor tipo AIRLIFT* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7322>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2017. Crecimiento y distribución de la población total. [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2020]. Disponible en: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf.
- LABORATORIO INESCOP, 2019. Guía de productos químicos para el cuero, 2019. *Issuu* [en línea]. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/mundipress/docs/ppqq_2019.
- LAZO, E.A., 2017. *Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Río Seco, Arequipa* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>.
- MARTINEZ BUITRAGO, S.Y. y ROMERO COCA, J.A., 2017. Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas* [en línea], vol. 26, no. 1. [Consulta: 10 septiembre 2020]. ISSN 1909-7719, 0121-6805. DOI 10.18359/rfce.2357. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfce/article/view/2357>.
- MEDINA VARGAS DORIA, D. y AMURRIO DERPIC, D., 2017. Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba. *Acta Nova*, vol. 8, no. 1, pp. 3-30. ISSN 1683-0789.
- MELGAR BUENDIA, J.-P., 2019. *Remoción de sólidos suspendidos y sulfuros en el efluente de pelambre en la industria curtiembre convencional mediante compuesto comercial a base de Zeolita (Neonite)*. [en línea]. Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Disponible en: http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/377/1/Melgar_Jean_Trabajo_Su_ficiencia_2019.pdf.
- MENDOZA, A.G. y SANCHEZ, A.L., 2019. *Remoción de sulfuros y turbidez en los efluentes de pelambre de curtiduría, mediante electrocoagulación* [en línea]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en:

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11555/MendozaBurgos_A%20-%20SanchezGuzman_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2007. Guía para implementación de la Producción Más Limpia. [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2020]. Disponible en: https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Proteccion_del_Medio_Ambiente/Guia_para_implementacion_de_la_Produccion_Mas_Limpia_INDECOPI.pdf.
- MINISTERIO DE LA SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2012. Lineamientos para la vigilancia del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. [en línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>.
- MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, 2000. Producción de cueros. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/1911.pdf>.
- MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, 2016. *Resolución Directoral N°077-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM* [en línea]. 2016. S.I.: s.n. Disponible en: <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/rd0077-2016-produce-diggam.pdf>.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, 2019. *Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA. Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario* [en línea]. 2019. S.I.: Ministerio de Vivienda. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS_010-2019-VIVIENDA.pdf.
- MONROY-ÁVILA, E.F., PEÑA-MONROY, C.A. y GARZÓN-CORTES, G. del P., 2019. Cleaner production strategies-PML: a case applied to the tannery industry. *Producción + Limpia*, vol. 14, no. 1, pp. 61-75. ISSN 1909-0455. DOI 10.22507/pml.v14n1a5.
- MONROY-ÁVILA, E.F., PEÑA-MONROY, C.A. y GARZÓN-CORTÉS, G. del P., 2019. Estrategias de producción más limpia –PML: caso aplicado a la industria de curtiembre. , vol. 14, no. 1, pp. 61-75. ISSN 23230703, 19090455. DOI 10.22507/pml.v14n1a5.
- NOTICIAS DE LA CIENCIA, N., 2016. Enzimas: tecnología más limpia en la industria curtidora. *Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®)* [en línea]. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://noticiasdelaciencia.com//art/18596/enzimas-tecnologia-mas-limpia-en-la-industria-curtidora>.
- ORTIZ PENAGOS, N., AYALA ESQUIVEL, A., LEÓN LUQUE, A. y MAHECHA CEPEDA, L., 2018. Extracción y recuperación de sulfuros de aguas residuales de curtiembres. , vol. 36, no. N°2, pp. 13. DOI ESTIGACIÓN / RESE <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.10033>.
- PALOMINO AMORÍN, C.C., VARGAS PARKER, R. y VISITACIÓN FIGUEROA, L., 2016. Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las

curtiembres en la remoción de plomo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 82, no. 2, pp. 183-195. ISSN 1810-634X.

PEÑA, J.A., 2019. Aspectos e Impactos Ambientales de las Tenerías. *Gestión Ambiental* [en línea]. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://gestionambiental.eu/gestion-ambiental/aspectos-e-impactos-ambientales-de-las-empresas-de-curtiembre/>.

PROMART, 2020. Medidor de agua interno. [en línea]. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.promart.pe/medidor-de-agua-interno/p>.

QUINA ROSAS, E.Y., 2019. *Caracterización y remoción de cromo (III) de aguas residuales de curtiembres del Parque Industrial de Río Seco utilizando hueso de olivo (Olea europea) procesado como biosorbente* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9250>.

RODRÍGUEZ, H., 2017. Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. *iAgua* [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.

RUIZ GÓMEZ, C.A., 2018. *Análisis de la sustitución de los reactivos químicos en las etapas húmedas de una industria de curtiembres en Bogotá con fines de producción más limpia* [en línea]. Colombia: Universidad de La Salle. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1764&context=ing_ambiental_sanitaria.

SILVA HERNÁNDEZ, D.M., 2016. *Diseño de sistema de Producción Más Limpia en la curtiembre "Louane Cueros SAS"* [en línea]. Colombia: Fundación Universitaria los Libertadores. Disponible en: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/714/SilvaHern%c3%a1ndezDianaMaribel.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

TONE, V.R., 2018. *Recuperación del pelo en la operación de pelambre en el proceso de curtido utilizando un método enzimático para disminuir la contaminación ambiental* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7791/CNMtogovr.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

UGARTE ROMERO, J.M., 2019. *Biorremediación de efluentes de curtiembre del parque industrial de Río Seco, mediante microalgas nativas aisladas en biorreactor tipo panel* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10420>.

UMBARILA ORTEGA, M., PRADO RODRÍGUEZ, J. y AGUDELO VALENCIA, R., 2019. Remoción de sulfuros empleando ozono como agente oxidante en aguas residuales de curtiembres. , vol. 28, no. 51, pp. 13. ISSN L-ISSN: 0121-1129, e-ISSN: 2357-5328. DOI <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9081>.

VASQUEZ, D.C., PÉREZ, L.C.G., PRECIADO, J.A.C. y BELTRAN, J.D.S., 2017. *Efectos en la salud asociados a la exposición ambiental a productos químicos generados en la industria del curtido en una población del barrio San Benito y su área de influencia durante el 2017* [en línea]. Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas

y Ambientales. Disponible en:
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/827/1/TRABAJO%20FINAL%20CORREGIDO%20CURTIEMBRES.pdf>.

ZAPANA PINEDA, S.J., 2019. *Evaluación del potencial de fitorremediación de Isolepis cernua y Nasturtium aquaticum para el tratamiento secundario de efluentes de curtiembre del parque industrial Rio Seco – Arequipa* [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. [Consulta: 24 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9664>.

ANEXOS

Anexo 1. Cadena de custodia de muestreos

CADENA DE CUSTODIA – MONITOREO AGUAS Y/O MUESTRAS ACUOSAS - CLIENTES	
N° de documento	Grupo N°
Hoja N°	Orden de servicio N°
	Proceso N°

Datos del laboratorio Dirección:
Teléfono:
Correo:

ENVIAR INFORME DE ENSAYO A:					PRESERVANTE
CLIENTE:					
CONTACTO:					
DIRECCIÓN:					
E-MAIL:					MUESTRA FILTRADA EN CAMPO
FACTURAR A:					
RAZÓN SOCIAL:					PARÁMETRO
CONTACTO:					
DIRECCIÓN:					
RUC:					
TELÉFONO:					
DATOS DEL PROYECTO					
PROYECTO:					
COTIZACIÓN:					
MUESTREADO POR:					
ESTACION DE MUESTRO	TIPO DE MUESTRA	FECHA	HORA	CÓDIGO DE LAB.	

OBSERVACIONES

DATOS DE ENVÍO:		DATOS A SER LLENADOS POR EL LABORATORIO	
Entregado por:		Recibido en laboratorio por:	
Fecha:	Fecha:	Hora:	
Hora:	Revisado por:		
CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DE LABORATORIO)			
En buen estado	SI	NO	Datos muestreo
Recipiente apropiado	SI	NO	Volumen (L)
Dentro del campo de observación	SI	NO	
Condiciones preservadas	SI	NO	

Fuente: La empresa