

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA PRODUCCIÓN Y SERVICIOS



"ESTRATEGIAS BASADAS EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA y BIORREMEDIACIÓN PARA MITIGAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS GENERADOS POR LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE LAS CURTIEMBRES DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RÍO SECO, AREQUIPA"

Tesis presentada por la Bachiller:

Solis Pareja, Cintia

Para optar por el Grado Académico de  
Maestra en Ciencias: Ingeniería de  
Proyectos, con mención en Gerencia  
Exportaciones

ASESOR: Dr. Julio Abraham Ramos Quispe

AREQUIPA – PERÚ  
2020

## **Dedicatoria**

**Esta tesis está dedicada a mi familia, a mis padres quienes me enseñaron el valor del esfuerzo y la superación, sin los cuales yo no sería quien soy ni estaría hoy presentando este trabajo, a mi hijo y esposo quienes con su inmenso amor, apoyo y comprensión hicieron posible este sueño.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Vicerrectorado de Investigación por incentivar programas como la UNSA INVESTIGA y al Proyecto de Investigación “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO INTEGRADO POR HONGOS NATIVOS AISLADOS, MICROALGAS (CYANOPHYTAS, CLOROPHYTAS), Y MATERIALES DE ADSORCIÓN (ZEOLITAS, CARBÓN ACTIVADO) PARA LA REMEDIACIÓN DE EFLUENTES DE CURTIEMBRES DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO, AREQUIPA-PERÚ”; Contrato N° 039-2016-UNSA.

Agradezco a la Mg. Lina Quispe Quispe Investigadora Principal del Proyecto de Investigación por darme la oportunidad de ser parte de este proyecto y por el apoyo brindado en todo momento.

A mi asesor Dr. Julio Ramos por ser parte fundamental en el desarrollo de mi tesis, sin él no hubiera sido posible su culminación.

Al Sr. Javier Quispe Pilco por darme todas las facilidades y que me abrió las puertas de su empresa para poder realizar este trabajo.

A la Dra. Gladys Peralta por incentivar me a realizar la tesis, muchas gracias por su apoyo, su confianza, sus conocimientos y su amistad.

Dra. Teresa Cano de Terrones, a la Dra. Gabriela Quispe Quispe por su apoyo, a las asistentes de laboratorio Ximena y Berónica, muchas gracias.

A mi familia por su apoyo constante durante el desarrollo de esta investigación.

***Muchas gracias.***

# ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xiv
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA .....	2
1.1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA Y SU RELEVANCIA .....	2
1.1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.1.3. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.2. OBJETIVO GENERAL .....	6
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.4. HIPÓTESIS .....	7
1.5. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....	7
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	7
1.5.1.1. Definición Conceptual .....	7
1.5.1.2. Definición Operativa .....	8
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	8
1.5.2.1. Definición Conceptual .....	8
1.5.2.2. Definición Operacional .....	8
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	9
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>15</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1. EVOLUCIÓN DE LA TEMÁTICA AMBIENTAL .....	15

2.2.	IMPACTO AMBIENTAL .....	15
2.2.1.	DEFINICIÓN.....	15
2.2.2.	MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.....	16
2.3.	PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	19
2.3.1.	DEFINICIÓN.....	19
2.3.2.	ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	21
	2.3.2.1. Uso de enzimas para depilación .....	24
	2.3.2.2. Uso de acomplejantes (ácido dicarboxílico) .....	25
2.4.	PROCESO DE CURTIDO .....	27
2.4.1.	RIBERA.....	27
2.4.2.	CURTIDO.....	28
2.4.3.	POST CURTIDO Y ACABADO.....	29
2.5.	IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS CURTIEMBRES.....	32
2.6.	BIORREMEDIACIÓN .....	35
2.6.1.	BIOADSORCIÓN.....	37
2.6.2.	MODELOS TEÓRICOS.....	41
2.6.3.	HONGOS .....	42
2.6.4.	MICROALGAS .....	44
2.6.5.	ZEOLITA .....	47
2.7.	MARCO LEGAL .....	51
2.7.1.	NORMATIVIDAD PARA LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE CURTIEMBRES .....	53
2.8.	PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA RESIDUALES.....	55
2.8.1.	pH.....	55
2.8.2.	TEMPERATURA .....	55
2.8.3.	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	56
2.8.4.	ACEITES Y GRASAS.....	56
2.8.5.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO.....	57
2.8.6.	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO.....	57
2.8.7.	SULFUROS.....	58
2.8.8.	NITRÓGENO AMONIAICAL.....	58

2.8.9. COLIFORMES FECALES .....	59
2.8.10. CROMO .....	60
2.8.11. EXPORTACIÓN .....	65
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>70</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS</b>	
<b>ACTUALES EN LA CURTIEMBRE .....</b>	<b>70</b>
3.1. GENERALIDADES.....	72
3.2. PROCESO PRODUCTIVO .....	72
3.2.1. RECEPCIÓN .....	72
3.2.2. REMOJO.....	73
3.2.3. PELAMBRE.....	73
3.2.4. CALEO .....	73
3.2.5. DESCARNADO .....	74
3.2.6. DESENCALADO .....	74
3.2.7. PIQUELADO .....	74
3.2.8. CURTIDO.....	74
3.2.9. RASPADO Y REBAJADO .....	75
3.2.10. NEUTRALIZACIÓN .....	75
3.2.11. RECURTIDO .....	75
3.2.12. TEÑIDO y ENGRASE.....	75
3.2.13. SECADO.....	75
3.2.14. PINTADO y LAQUEADO .....	75
3.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	76
3.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE ENTRADAS Y SALIDAS .....	78
3.5. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	79
3.6. CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA E INSUMOS UTILIZADOS EN EL PROCESO.....	82
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>89</b>

<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA Y</b>	
<b>BIORREMEDIACIÓN PARA LAS CUTIEMBRES.....</b>	<b>89</b>
4.1. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PML.....	89
4.2. BIORREMEDIACIÓN: TRATAMIENTO DEL EFLUENTE .....	93
4.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA	
CURTIEMBRE.....	97
4.2.2. AGUA RESIDUAL CON HONGO PENICILLIUM SP .....	98
4.2.3. AGUA RESIDUAL CON MICROALGA ACUTODESMUS	
DIMORPHUS .....	99
4.2.4. AGUA RESIDUAL CON ZEOLITA Y CARBÓN ACTIVADO ....	100
4.3. PROPUESTA PARA MEJORAR DE LA COMUNICACIÓN	
EMPRESARIAL.....	107
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>112</b>
<b>EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA Y</b>	
<b>BIORREMEDIACIÓN .....</b>	<b>112</b>
5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	121
5.3. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS	
ESTRATEGIAS PML .....	121
5.4. ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRATAMIENTO DE	
BIORREMEDIACIÓN .....	125
5.5. CALCULO DEL VAN Y TIR.....	126
CONCLUSIONES .....	127
RECOMENDACIONES.....	128
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS	

## ÍNDICE TABLAS

<b>TABLA 1.</b>	Definición operacional de la variable independiente .....	8
<b>TABLA 2.</b>	Definición operacional de la variable dependiente .....	9
<b>TABLA 3.</b>	Atributos, cualidades y valores para el cálculo de la significancia del impacto ambiental.....	17
<b>TABLA 4.</b>	Valoración de impactos ambientales.....	18
<b>TABLA 5.</b>	Etapas del proceso de curtido.....	32
<b>TABLA 6.</b>	Modelos de isotermas de adsorción .....	41
<b>TABLA 7.</b>	Algunos microorganismos implicados en la biorremediación de cromo.....	43
<b>TABLA 8.</b>	Límites máximos permisibles para el sector curtiembre.....	53
<b>TABLA 9.</b>	Valores máximos admisibles para efluentes .....	54
<b>TABLA 10.</b>	Eca para agua, categoría 3.....	54
<b>TABLA 11.</b>	Valoración de los impactos ambientales según metodología conesa.....	79
<b>TABLA 12.</b>	Impactos evaluados según relevancia .....	81
<b>TABLA 13.</b>	Matriz causa efecto de una curtiembre de mediana capacidad .....	81
<b>TABLA 14.</b>	Cálculo de la cantidad de agua empleada en el proceso de fabricación de cuero por una piel de 25 Kg .....	82
<b>TABLA 15.</b>	Cantidad de insumos químicos usados en el proceso productivo por una piel de 25 Kg.....	83
<b>TABLA 16.</b>	Balance de materia en la recepción y remojo .....	85
<b>TABLA 17.</b>	Balance de materia en el pelambre .....	85
<b>TABLA 18.</b>	Balance de materia en el curtido.....	86
<b>TABLA 19.</b>	Algunas características del proceso de curtido.....	86
<b>TABLA 20.</b>	Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta pml de reducción de sal en la recepción .....	91
<b>TABLA 21.</b>	Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta pml en el pelambre usando enzimas .....	92
<b>TABLA 22.</b>	Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta pml en el curtido usando ácido fórmico.....	93
<b>TABLA 23.</b>	Análisis del agua residual comparando el proceso tradicional vs. el proceso alternativo PML.....	112



<b>TABLA 24.</b> Resultados del agua residual de la curtiembre sin ningún tratamiento.....	98
<b>TABLA 25.</b> Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con el hongo penicillium SP .....	99
<b>TABLA 26.</b> Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con la Microalga Acutodesmus Dimorphus .....	100
<b>TABLA 27.</b> Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con Zeolita.....	101
<b>TABLA 28.</b> Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con carbón activado.....	101
<b>TABLA 29.</b> Resumen de los parámetros usando los promedios cada una de las etapas de biorremediación comparado con los LMP .....	102
<b>TABLA 30.</b> Mediciones iniciales para los parámetros bajo estudio .....	114
<b>TABLA 31.</b> Media y desviación estándar muestrales para los parámetros estudiados en los diferentes tiempos bajo diferentes agentes.....	115
<b>TABLA 32.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: STS.....	116
<b>TABLA 33.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: NIAM.....	116
<b>TABLA 34.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: Sulfuros.....	116
<b>TABLA 35.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: AYG .....	117
<b>TABLA 36.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: DBO .....	117
<b>TABLA 37.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: DQO.....	118
<b>TABLA 38.</b> Comparaciones para los diferentes agentes: Cromo .....	118
<b>TABLA 39.</b> Impactos evaluados según relevancia .....	121
<b>TABLA 40.</b> Costos de insumos asociados a un proceso de producción tradicional .....	122
<b>TABLA 41.</b> Costos de insumos asociados a un proceso PML .....	124
<b>TABLA 42.</b> Flujo de caja .....	126

## ÍNDICE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b>	Ecoherramientas para identificar mejoras en un proceso productivo.....	23
<b>GRÁFICO 2.</b>	Diagrama EH-PH para las especies del cromo en solución acuosa.....	64
<b>GRÁFICO 3.</b>	Solubilidad del cromo en función del PH.....	65
<b>GRÁFICO 4.</b>	Árbol de problemas .....	70
<b>GRÁFICO 5.</b>	Árbol de objetivos.....	71
<b>GRÁFICO 6.</b>	Diagrama Gantt del Proyecto .....	71
<b>GRÁFICO 7.</b>	Distribución de áreas de la Empresa.....	72
<b>GRÁFICO 8.</b>	Análisis del agua residual de un proceso tradicional vs. el proceso alternativo PML.....	113
<b>GRÁFICO 9.</b>	Etapas de la biorremediación .....	94
<b>GRÁFICO 10.</b>	Concentración de los parámetros vs. nitrógeno amoniacal, sulfuros, aceites y cromo total.....	103
<b>GRÁFICO 11.</b>	Concentración de parámetros VS. sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno .....	103
<b>GRÁFICO 12.</b>	Variación de los SST en las diferentes etapas de biorremediación.....	104
<b>GRÁFICO 13.</b>	Variación del nitrógeno amoniacal en las diferentes etapas de biorremediación.....	104
<b>GRÁFICO 14.</b>	Variación de los sulfuros en las diferentes etapas de biorremediación.....	105
<b>GRÁFICO 15.</b>	Variación de los aceites y grasas en las diferentes etapas de biorremediación.....	105
<b>GRÁFICO 16.</b>	Variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en las diferentes etapas de biorremediación.....	106

<b>GRÁFICO 17.</b> Variación de la demanda química de oxígeno (DQO) en las diferentes etapas de biorremediación .....	106
<b>GRÁFICO 18.</b> Variación del cromo total en las diferentes etapas de biorremediación .....	107
<b>GRÁFICO 19.</b> Análisis del agua residual sin tratamiento VS. el efluente tratado con biorremediación .....	113
<b>GRÁFICO 20.</b> Marketing ecológico.....	108

## ÍNDICE FOTOS

<b>FOTO 1.</b> Recepción y almacenamiento de pieles.....	90
<b>FOTO 2.</b> Proceso de pelambre.....	92
<b>FOTO 3.</b> Equipo de biorremediación .....	95
<b>FOTO 4.</b> Biomasa de Penicillium SP .....	96
<b>FOTO 5.</b> Siembra de hongo Penicillium en APD .....	96
<b>FOTO 6.</b> Placa de penicillium SP .....	96
<b>FOTO 7.</b> Biomasa de acutodesmus dimorphus en medio (BBMM) .....	97
<b>FOTO 8.</b> Filtrado de la muestra .....	98

## RESUMEN

La geomorfología de la quebrada de Añashuayco recibe el impacto del Parque Industrial de Río Seco (PIRS) en la ciudad de Arequipa, donde los efluentes de las curtiembres y relaves de otras empresas son depositados en pozas de oxidación, lo cual afecta directamente la napa freática produciendo un proceso de infiltración en las aguas del río Chili.

Uno de los contaminantes en el proceso de curtido, es el agente curtiente a base de cromo trivalente donde solo el 75% de la oferta de este permanece en la piel y el restante sale con el vertido al alcantarillado o a los cuerpos de agua naturales, lo cual produce impactos ambientales negativos.

De la gestión actual en una empresa curtidora en Arequipa se obtuvieron los siguientes datos: se usan por cada tonelada de piel salada, 15.12 m<sup>3</sup> de agua, 401 Kg de insumos químicos, se obtienen 180 Kg de cuero y 60 Kg de gamuza.

La implementación de las propuestas de Producción Más Limpia (reducción de sal de las pieles, uso de enzimas pelambre, uso de ácido di carboxílico en el curtido) permiten mitigar la contaminación de los efluentes de las curtiembres, se usan 1.5 m<sup>3</sup> y 40 Kg de insumos químicos menos por tonelada de piel salada y los SST se redujeron en 65.8 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 33.2%, los aceites y grasas 62.6%, la DQO 33%, la DBO5 disminuyó en 16% y en el cromo con una reducción del 73%.

El sistema de Biorremediación propuesto (Hongos, microalgas, zeolita y carbón activado), permite la disminución de la contaminación de los efluentes de las curtiembres, se obtuvieron los siguientes resultados: los SST se redujeron en 94 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 97%, el nitrógeno amoniacal se redujo en 35%, los aceites y grasas 99%, la DQO 78.9%, la DBO5 disminuyó en 70% y en el cromo una reducción del 99%.

**Palabras clave:** Curtido, Producción Más Limpia, Biorremediación, Impactos ambientales negativos.

## ABSTRACT

The geomorphology of the Añashuayco stream is impacted by the Río Seco Industrial Park (PIRS) in the city of Arequipa, where effluents from tanneries and tailings from other companies are deposited in oxidation ponds, which directly affects the water table producing an infiltration process in the waters of the Chili River.

One of the pollutants in the tanning process is the trivalent chromium-based tanning agent where only 75% of its supply remains on the skin and the remainder is discharged into the sewers or natural water bodies, which which produces negative environmental impacts.

From the current management in a tanning company in Arequipa, the following data were obtained: for each ton of salty leather, 15.12 m<sup>3</sup> of water, 401 Kg of chemical inputs, 180 Kg of leather and 60 Kg of suede are obtained.

The implementation of the Cleaner Production proposals (reduction of salt from the hides, use of fur enzymes, use of carboxylic acid in tanning) allow to mitigate the contamination of the effluents of the tanneries, 1.5 m<sup>3</sup> and 40 Kg of chemical inputs less per ton of salted skin and TSS decreased by 65.8%, sulfides also decreased by 33.2%, oils and fats 62.6%, COD 33%, BOD<sub>5</sub> decreased by 16% and chromium with a 73% reduction.

The proposed Bioremediation system (fungi, microalgae, zeolite and activated carbon), allows the reduction of the pollution of the effluents of the tanneries, the following results were obtained: the TSS were reduced by 94%, the sulfides also decreased by 97 %, ammoniacal nitrogen was reduced by 35%, oils and fats 99%, COD 78.9%, BOD<sub>5</sub> decreased by 70% and in chromium a reduction of 99%.

Keywords: Tanning, Cleaner Production, Bioremediation, Negative environmental impacts.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo nos centraremos en el problema de estudio, los objetivos, variables y la metodología que nos servirán de base para comprender el trabajo de investigación.

### **1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA**

#### **1.1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA Y SU RELEVANCIA**

Para el año 2013 se estimó que existían 92 fábricas formales de curtido en el Perú: en Lima (14), Trujillo (48) y Arequipa (30); estas fábricas brindaban servicio a 375 empresas que concesionan el procesamiento del cuero: en Lima (50), Arequipa (104) y Trujillo (221). Córdova et. al (2014).

En Arequipa para el año 2014 había un promedio de 400 empresas de curtiembres y relacionadas al cuero agrupadas en 60 asociaciones, según el presidente de la Asociación de Pequeños y Microempresarios de Curtiembres, Alejandro Céspedes, estas son de diferentes tamaños, muchas operan de manera informal, y se formaron la gran mayoría por tradición familiar. Condori, (2014).

La Cámara de Curtiembres del Perú (Cacurpe) señala que del rubro del calzado dependen más de 3 mil personas y otras mil de las curtiembres en la ciudad de Arequipa. Mamani (2015).

Arequipa al mes genera 600 mil pies (cada pie es un cuero de 30 cm. x 30 cm.), liderando junto a Lima y Trujillo la producción nacional de cuero. La mayoría de curtiembres se asientan en el Parque Industrial de Río Seco y en el sector urbano de Semirrural Pachacútec del distrito de Cerro Colorado. El Presidente de la Asociación de Pequeños y Microempresarios de Curtiembres de Arequipa, reconoció que todas contaminan, y por ello la Fiscalía del Ambiente



les dio un ultimato para que instalen su planta de tratamiento de aguas. Condori (2014).

Igualmente, Trujillo (2007) indica que la geomorfología recibe el impacto del Parque Industrial de Río Seco, donde los efluentes de las curtiembres y relaves de Inka Bor, son depositados en esta quebrada, afectando directamente a la napa freática al producir un proceso de infiltración.

En este mismo sentido, la Administración Local del Agua Chili realizó una inspección en el Parque Industrial de Río Seco y constató la contaminación. El informe 48-2011 concluyó así: "Se verificó la existencia de una descarga de aguas residuales hacia la Quebrada Añashuayco, producto de la concentración de aguas residuales industriales existentes en las pozas de la planta". Las pozas a las que hace referencia el informe forman parte de las lagunas de oxidación y la planta de tratamiento que el Gobierno Regional de Arequipa debía construir para tratar las aguas residuales de las empresas de la zona, en especial de las curtiembres. Bárcena (2015).

De igual manera el Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sancionó con (5.5 UIT) al Gobierno Regional de Arequipa (GRA) por verter aguas residuales a la quebrada Añashuayco, lo que viene provocando la contaminación de las canteras del sillar y manantiales que desembocan en el río Chili. Bárcena (2015).

Las industrias del cuero son contribuyentes clave en la economía de muchos países en desarrollo, pero desafortunadamente se enfrentan a serios desafíos por parte del público y los gobiernos debido a la contaminación ambiental asociada. Existe una protesta pública en contra de la industria debido a la descarga de aguas residuales potencialmente tóxicas con pH alcalino, color marrón oscuro, olor desagradable, alta demanda de oxígeno biológico y químico, sólidos

totales disueltos y una mezcla de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Saxena, et. al (2017).

Según Lazo (2017), las curtiembres realizan la importante actividad industrial de convertir las pieles de los animales en cuero, estas presentan dentro de su proceso productivo tres etapas: Ribera, curtido y acabado; en cada una de las cuales y según su actividad generan diferentes tipos y cantidades de contaminantes; a pesar de la existencia de un marco legal que promueve su control, manejo y mitigación ambiental; sin embargo, no se cumplen y tampoco existen mecanismos de control adecuados.

Uno de los contaminantes más importantes en el proceso de curtido, es el agente curtiente que por lo general es un compuesto a base de cromo trivalente donde solo el 75% de la oferta de este permanece en la piel y el restante sale con el vertido al alcantarillado o a los cuerpos de agua naturales. Este vertido contaminado eleva la concentración del metal en las corrientes hídricas y este puede oxidarse a su máxima valencia con ayuda de un agente oxidante para obtener cromo hexavalente que es más peligroso que la forma trivalente. Buljan et.al (2000).

### **1.1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Por lo expuesto anteriormente el problema puede formularse de forma interrogativa de la siguiente manera:

¿La aplicación de estrategias basadas en Producción Más Limpia y biorremediación pueden mitigar los impactos ambientales negativos generados por los efluentes industriales de las Curtiembres del Parque Industrial de Rio Seco, Arequipa?

### **1.1.3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación es necesaria para las industrias que procesan las pieles de animales y las convierten en cuero ubicadas principalmente

en el Parque Industrial de Río Seco (PIRS) en el departamento de Arequipa, porque la aplicación de las estrategias de PML pueden ser usadas para disminuir la cantidad de cromo (III) proveniente del proceso de curtido, así mismo estos efluentes se trataron en un proceso de Biorremediación con hongos, microalgas y materiales de absorción con el objetivo de mitigar los impactos ambientales negativos que actualmente se producen.

El PIRS de Arequipa presenta gran actividad industrial en el rubro de curtiembres y genera altos caudales de efluentes líquidos contaminados fisicoquímica y microbiológicamente y se ha detectado una alta concentración de cromo total reactivo, estos efluentes son almacenados en lagunas de oxidación superficiales generando eutrofización de suelos y lixiviación del metal con destino incierto hacia otros cuerpos de agua, por lo que representa un problema con serio impacto ambiental en nuestra ciudad que es altamente tóxico. Roque (2013).

En este mismo sentido Lazo (2017) indica que las lagunas de oxidación de aguas residuales industriales existentes en el PIRS se han constituido solo en paliativos al problema de la contaminación ya que han demostrado ser inadecuadas e insuficientes, pues se evidencia que están colmadas y saturadas de efluentes contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos tales como cromo, sulfuros, ácidos, entre otros.

En el proceso de curtido tradicional la piel consume en promedio 60% a 80% del cromo aplicado, el resto es descargado como agua residual industrial, causando problemas al sistema de alcantarillado e incumpliendo la normativa nacional vigente. Córdova (2014).

Así mismo, este estudio plantea la adopción de técnicas de Producción Más Limpia para reducir el cromo (III) de las aguas residuales provenientes del proceso de curtido, así como otras sustancias nocivas para el medio ambiente y de esta manera mitigar

los impactos ambientales negativos que actualmente ocasiona la mala calidad de los efluentes residuales evitando perjuicios a la salud humana y fomentar el ahorro en reactivos, materia prima y agua dentro de los procesos; que permiten, a su vez, una rentabilidad global mayor en la fabricación de cueros.

En este proyecto se propone también realizar un proceso de Biorremediación con microalgas, hongos y absorbentes para el tratamiento de las aguas efluentes de las curtiembres a fin de reducir la cantidad de cromo presente a los LMP (Límites Máximos Permisibles) establecidos por la Legislación ambiental vigente en nuestro país. DS. N°003-2002-PRODUCE.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Aplicar estrategias basadas en Producción más limpia y biorremediación para mitigar los impactos ambientales negativos generados por los efluentes industriales producidos por las curtiembres en el Parque Industrial de Rio Seco Arequipa (PIRS), a fin de poder mejorar la imagen empresarial y acceder a mercados internacionales.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Conocer la problemática causada por los efluentes industriales producidos por las curtiembres del PIRS.
2. Resumir planteamientos teóricos directamente relacionados con la producción limpia, biorremediación e impactos ambientales físicos negativos generados por las curtiembres.
3. Describir la gestión actual del proceso productivo de las curtiembres del PIRS Arequipa en relación a los impactos ambientales generados.
4. Proponer estrategias basadas en producción más limpia y procedimiento de biorremediación a nivel de laboratorio para mitigar los

impactos ambientales físicos negativos generados por curtiembres del PIRS Arequipa.

5. Validar y evaluar si las estrategias de producción más limpia y la biorremediación pueden mitigar los impactos ambientales físicos generados por las curtiembres del PIRS.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

La aplicación de estrategias basadas en producción limpia y la biorremediación mitigan los impactos ambientales físicos negativos generados por los efluentes industriales en el proceso productivo de las curtiembres del Parque Industrial del Rio Seco Arequipa.

#### **1.5. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

##### **1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Estrategias basadas en Producción más limpia.

##### **1.5.1.1. Definición Conceptual**

Aplicación continua de una estrategia de prevención ambiental integral, en procesos y productos, para reducir los riesgos a los humanos y al medio ambiente que puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados a la sociedad.

En los procesos productivos: conduce al ahorro de materias primas, agua y energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos; durante el proceso de producción.

En los productos: busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto. INDECOPI (2007).

### 1.5.1.2. Definición Operativa

En la Tabla 1 se observan los diferentes indicadores de la producción limpia.

**Tabla 1.** Definición operacional de la variable independiente

<b>Sustitución de insumos</b>	<b>Uso de insumos menos tóxicos</b>
Reformulación/rediseño del producto	Diseño con menor impacto ambiental durante su producción

Fuente: Modificado INDECOPI (2007).

### 1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

Impactos Ambientales físicos negativos generados por los efluentes.

#### 1.5.2.1. Definición Conceptual

**Impacto ambiental negativo:** Cualquier cambio sobre el medio ambiente, adverso resultante total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización (ISO 14050).

Las Curtiembres generan importantes volúmenes de efluentes líquidos con una combinación extremadamente compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos que hace que el sector sea altamente contaminante. (Greenpeace, 2011).

#### 1.5.2.2. Definición Operacional

En la Tabla 2 se enumeran los indicadores de los impactos físicos producidos por las curtiembres.

**Tabla 2.** Definición operacional de la variable dependiente

<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>
Impactos Físicos Negativos Generados por los efluentes de las Curtiembres	Efluentes Líquidos (D.S. N°033- 2002-PRODUCE)	pH
		Temperatura
		Sólidos Suspendidos Totales (SST)
		Aceites y grasas
		DBO
		DQO
		Sulfuros
		Nitrógeno amoniacal
		Cromo total
		Cromo VI

Fuente: Adaptación RD 272-2016 - D.S. N°033-2002-PRODUCE.

## **1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo corresponde a una investigación científica porque está enmarcada en la definición hecha por Castro (1977) donde cita que “El conocimiento científico se basa en lo que ha producido la investigación científica. Surge por la necesidad de encontrar soluciones para problemas del día a día de personas, más el deseo de formular explicaciones sistemáticas que puedan ser tratadas y criticadas por medio de pruebas empíricas. La investigación científica se inicia cuando se descubre que los conocimientos existentes son insuficientes para explicar los problemas surgidos”.

Por su naturaleza, será una investigación aplicada, la cual generará conocimientos para la aplicación práctica, según la definición hecha por Silva y Menezes, (2001). “La investigación aplicada es objetiva y pretende generar conocimientos para la aplicación práctica dirigida a la solución de problema específicos. Envuelve verdades e intereses comunes.

Por el nivel de investigación el presente trabajo es explicativo, alcanza el III nivel y en él predomina el enfoque cuantitativo (aplicativo) pero teniendo en cuenta el enfoque cualitativo (teoría). Citando a Caballero (2008) “Las investigaciones explicativas alcanzan el tercer nivel.

Responden a la pregunta ¿Por qué? Es así la realidad objeto de investigación o estudio. Son causales ya que plantean hipótesis explicativas que mediante el cruce o relación de variables primero de las del problema (Variables Dependientes) con las de la realidad (Variables Independientes); y luego con las del marco referencial (Variables Independientes), plantean propuestas de explicación al problema causal, que deberán, luego, ser contrastadas.

Esta investigación es experimental según lo descrito por Salinas (2012) donde se refiere a aquella investigación en la cual el investigador manipula algunas condiciones, características o fenómenos del objeto o sujeto de estudio, tratando de causar algún cambio en dichas condiciones, es decir, el investigador altera, modifica, cambia, varía, etc., algo para obtener un resultado diferente a la condición original. Por lo general se plantea en los términos de la relación que existe entre dos o más variables (independiente y dependiente) y debe poder ser observada y probada en la realidad (no en el papel). En algunos casos se considera experimental cuando hay igual número de elementos o sujetos bajo la variación o modificación que ejercerá la experimentación que aquellos que no se someterán a dicha experimentación, conocidos como control o testigos.

**Donde:**

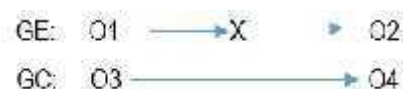
GE: Grupo Experimental

GC: Grupo de Control

O1 y O3: Pre - Test

O2 y O4: Post - Test

X: Experimento (Manipulación de la variable independiente)





### 1.6.1 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La metodología de la prueba t-Student para datos correlacionados es utilizada cuando se tiene un conjunto de unidades muestrales que son medidos 2 veces. Generalmente, son medidos antes de aplicar un procedimiento y después de aplicar tal procedimiento. La prueba t-student para datos correlacionados considera que los datos son de naturaleza cuantitativa, específicamente variables continuas. La finalidad de esta prueba aplicada en este trabajo, es mostrar si existe o no diferencia entre las medias para cada escenario estudiado, esto es, antes y después del procedimiento.

Si se estudian n unidades, se tiene que los datos para el análisis estadístico se componen de n pares independientemente seleccionados  $(X_1, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ , en que los  $X_i$ 's se asumen que siguen una distribución normal con media  $\mu_1$  y varianza  $\sigma_1^2$  y de manera similar los  $Y_i$ 's sigue una distribución normal con media  $\mu_2$  y varianza  $\sigma_2^2$ .

A fin de estudiar las diferencias después y antes de alguna aplicación se calcula las diferencias entre las mediciones (después y antes).

$$D_1 = Y_1 - X_1, \quad D_2 = Y_2 - X_2, \dots, D_n = Y_n - X_n,$$

en que estas diferencias tienen una distribución normal con media  $\mu_D = \mu_2 - \mu_1$  y varianza  $\sigma_D^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\text{cov}(X, Y)$ .

La media de las diferencias dadas por:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n},$$

es empleada para hacer inferencias en relación a la performance antes y después del programa. Con la finalidad de saber la distribución de probabilidad D es necesario saber si  $2 \bar{D}$  es

conocida o no. En este trabajo, no se sabe el valor de  $\sigma_D^2$  y en consecuencia esta varianza se tiene que estimar. La estimador de la varianza,  $s_D^2$ , es dado por:

$$s_D^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1},$$

considerando esta varianza se tiene que la estadística:

$$T = \frac{\bar{D}}{s_D / \sqrt{n}} \sim t_{(n-1)}$$

tiene una distribución t-student con  $n-1$  grados de libertad. Esta estadística será empleada para realizar la prueba t-student para datos pareados. Con la finalidad de saber si los datos muestran evidencia de que en cada fase del proceso cambios en los diferentes parámetros a ser estudiados. Así, la hipótesis nula ( $H_0$ ) es asumir que las medias de los parámetros considerados al aplicar los diferentes agentes en las unidades experimentales antes y después de los agentes son iguales. La hipótesis alternativa ( $H_1$ ) indica que la media después de aplicar el agente es menor que la media antes de la aplicación del agente,  $\mu_2 - \mu_1 < 0$ , que equivale a  $\mu_D < 0$ . El procedimiento de prueba de hipótesis t-student para datos pareados de forma general considerando las hipótesis:

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu_D \geq 0 \\ H_1 &: \mu_D < 0 \end{aligned}$$

Se pueden seguir los siguientes pasos:

### 1. Hipótesis:

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu_D \geq 0 \\ H_1 &: \mu_D < 0 \end{aligned}$$

2. Nivel de significancia: Se elige el nivel de significancia generalmente, es elegido  $\alpha = 0.05$ .

3. Estadístico de prueba:

$$T = \frac{\bar{D}}{s_D/\sqrt{n}} \sim t(n-1),$$

en que asumiendo que la hipótesis nula es verdadera, el estadístico de prueba T tiene una distribución t-student con n-1 grados de libertad.

4. Decisión: Si el valor calculado del estadístico de prueba  $t_c$  pertenece a la región crítica entonces se rechaza  $H_0$  caso contrario se acepta  $H_0$ . Nótese que la región crítica (RC) es dada por:

$$RC = [ \infty, t_{\alpha} ],$$

en que  $t_{\alpha}$  es el cuantil relacionado con el nivel de significancia,  $\alpha$ , asociada a la prueba estadística. Si se usa el valor p en la prueba estadística entonces si el valor  $p < \alpha$  entonces se rechaza  $H_0$  si el valor  $p \geq \alpha$  entonces no se rechaza  $H_0$  El nivel de significancia en este trabajo será fijada en  $\alpha = 0.05$ .

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Esta segunda parte tiene carácter introductorio, en él se exponen conceptos básicos que se definirán con la mayor claridad posible recurriendo a diferentes fuentes de información para tener un amplio panorama, un lenguaje y plataforma común.

#### **2.1. EVOLUCIÓN DE LA TEMÁTICA AMBIENTAL**

La industria, desde el proceso de industrialización ha tenido un efecto directo sobre la degradación ambiental principalmente en 4 maneras que se relacionan con la forma en que ha ido evolucionando nuestra conciencia sobre nuestro medio ambiente: a) ignorando el problema, b) diluyendo la contaminación, c) efectuando operaciones de control y limpieza o tratamiento de la contaminación, y d) previniendo la contaminación y generación de desechos a partir de que éstos son generados. UNEP (2006).

#### **2.2. IMPACTO AMBIENTAL**

##### **2.2.1. DEFINICIÓN**

El concepto de impacto ambiental es muy amplio e importante por tanto tiene muchas acepciones y enfoques a continuación revisaremos algunos de ellos:

La definición propuesta por Wathern (1988) “el cambio en un parámetro ambiental, en un determinado período y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada”; se caracteriza por tener un enfoque dinámico de los procesos que ocurren en el medio ambiente.

Asimismo, para Moreira (1992) es “cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una acción humana”.

De otro lado Sánchez (1999) lo define de la siguiente manera: “alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana”.

Finalmente, para Espinoza (2002) el Impacto Ambiental es “la transformación, modificación o alteración de cualquiera de los componentes del medio ambiente (biótico, abiótico y humano), como resultado del desarrollo de un proyecto”.

### 2.2.2. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas. Dicha Metodología, pertenece a Conesa (1997).

Ecuación para el Cálculo de la Importancia (I), Valoración o Significancia de un impacto ambiental:

$$I = N [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

#### Dónde:

$\pm$  = Naturaleza del impacto.

I = Significancia o Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos.

El desarrollo de la ecuación de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Atributos, Cualidades y Valores para el cálculo de la Significancia del Impacto ambiental:

<b>Atributo</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Valor</b>
Naturaleza (N)	Beneficioso	+
	Perjudicial	-
Intensidad (I)	Baja	1
	Media Baja	2
	Media Alta	3
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extensa	4
	Total	8
Momento (M)	Largo Plazo (más de 5 años)	1
	Mediano plazo (1 a 5 años)	2
	Corto plazo (menos de 1 año)	4
	Inmediato	8
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal (entre 1 y 10 años)	2
	Permanente (mayor a 10 años)	4
Reversibilidad (RV)	Corto Plazo (menos de 1 año)	1
	Medio plazo (1 a 5 años)	2

	Irreversible (más de 10 años)	4
Recuperabilidad (RC)	Inmediato	1
	Medio Plazo	2
	Recuperación Parcial (Mitigable)	4
	Irrecuperable	8
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1
	Sinérgico	2
	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Secundario	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Discontinuos	1
	Periódico	2
	Continuo	4

Fuente: Conesa (1997)

Los atributos consignados se valoran o califican con un número que se indica en la casilla de cada celda que cruza la actividad con el factor ambiental que se estima será afectado. Al final de las casillas de evaluación se consigna el valor final que responde a la Fórmula de Valoración de Impactos Ambientales.

En la siguiente Tabla se hace la Valoración de los Impactos Ambientales (Importancia o Significancia):

**Tabla 4.** Valoración de Impactos ambientales

Valoración	Calificación	Rangos
Significancia o Importancia	Irrelevante	<25
	Moderada	25-50
	Severa	50-75
	Crítica	>75

Fuente: Conesa (1997)



## **2.3. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

### **2.3.1. DEFINICIÓN**

La Producción Más Limpia es un concepto que data de finales de los 80' si bien tiene varias acepciones todas enfatizan sus cualidades a continuación se resumen los planteamientos teóricos más relevantes sobre el tema.

El concepto de Producción Más Limpia (PML) fue introducido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989, definiéndola como una aplicación continua de una estrategia de prevención ambiental integral, en procesos, productos y servicios, para reducir los riesgos a los humanos y al medio ambiente. UNEP (2006).

Para el CMPML (2005) La producción más limpia se define como la aplicación continua de una Estrategia Integral Ambiental Preventiva a procesos, productos y servicios con el propósito de incrementar la ecoeficiencia y reducir los riesgos a los humanos y al medio ambiente.

Asimismo, para Rosales (2006) la PML es “una estrategia de carácter preventivo que las empresas pueden aplicar a sus procesos productivos con el objetivo de minimizar los residuos y emisiones en el origen, reduciendo los riesgos para la salud humana y el ambiente y elevando simultáneamente la productividad y competitividad de la empresa”.

Para el Consejo Nacional de Producción Limpia de Chile (2006) la PML se define “como una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, que describe un enfoque preventivo de gestión ambiental, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad”.

En los procesos productivos: conduce al ahorro de materias primas, agua y energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos; durante el proceso de producción. En los productos: busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto. En los servicios: implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de servicios CPTS (2005).

Hay una variedad de aspectos que tienen que ver con el buen desempeño de los procesos de producción en la industria, uno de ellos es el aspecto tecnológico, o a la calidad de las materias primas y los insumos que se utilizan, o también a las prácticas o métodos operativos utilizados en la empresa, todos ellos, de igual forma, son tomados en cuenta cuando se busca identificar oportunidades de mejora. Es por esto, que se ha consolidado una serie de estudios e investigaciones con un amplio énfasis en la implementación de la metodología de PML, dentro del marco del proceso productivo de las curtiembres, lo que ha permitido lograr una diversidad de mejoras de alta aplicabilidad y funcionalidad con un enfoque ambiental, económico y operativo. Cárdenas (2012).

Con respecto a la implementación de PML en las curtiembres el Instituto CINARA (2006) declara que muchas de estas han sido ya aplicadas en mayor o menor grado por empresas de curtiembres de varios países de América Latina, sin embargo, esto no se ha hecho en forma generalizada y existe aún un gran potencial para su aprovechamiento en un número importante de empresas de la región, con el fin de mejorar su productividad, su competitividad y su desempeño ambiental.

### 2.3.2. ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Las estrategias de producción más limpia son herramientas que permiten prevenir los impactos negativos sobre el medio ambiente, seguidamente se muestran a una serie de autores y las estrategias que emplean para tal fin.

La PML una estrategia ambiental continua que se puede integrar a cualquier tipo de industria o empresa, ya sea para aumentar la eficiencia total como para reducir el impacto sobre los seres humanos y el ambiente. Además, resulta del uso eficiente de materias primas, agua y energía, la eliminación de materiales tóxicos o peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desperdicios en la fuente, durante el proceso de producción y no solamente al final. Las medidas de PML no siempre necesitan inversión económica o tecnológica, en su mayoría pueden ser implementaciones sencillas. Cárdenas (2012).

Los principios bajo los cuales se desarrollan y las tecnologías limpias están a menudo interrelacionados y son esencialmente los siguientes:

- ) **Cambio en las Materias primas e insumos:** Reducir materiales peligrosos del proceso de producción. Purificación o Sustitución del material. La utilización de materias primas de mayor calidad y pureza mejora la calidad de los productos, evita la generación de residuos no deseados, incrementa la eficiencia de los procesos y aumenta la vida útil de los equipos. También la sustitución de materias primas por otros materiales menos contaminantes o peligrosos propiciará la generación de residuos menos contaminantes y reducirá los costos de tratamiento o disposición de los mismos. Además, en algunos casos ofrece la oportunidad de tener acceso a ciertos mercados con exigencias ambientales, como el de la Unión Europea. Instituto CINARA (2006).

) **Buenas Prácticas ambientales:** Mantenimiento preventivo, aumento de la capacidad de control de los procesos productivos. El cuidado de las condiciones en las cuales se llevan a cabo las diferentes actividades de la empresa que tienen que ver con sus procesos de producción es una primera condición para hacerlo eficiente. La observancia de las recomendaciones de los proveedores de sustancias químicas y equipos, la aplicación de procedimientos para la realización de las operaciones del proceso, el establecimiento de controles, el mantenimiento preventivo y el manejo cuidadoso de las instalaciones y el programa de producción son algunos de los aspectos que favorecen el ahorro de materias primas, agua y energía, así como reducen y evitan los desperdicios innecesarios y los costos asociados a ellos Instituto CINARA (2006).

) **Eco-eficiencia:** La eco-eficiencia como una filosofía administrativa que fomenta en la empresa la búsqueda de mejoras ambientales, que a su vez produzcan beneficios económicos. Es la llave para la contribución de las empresas al desarrollo de sociedades sostenibles y es alcanzada mediante la distribución de productos y servicios, a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y den calidad de vida, mientras simultáneamente se reducen los impactos económicos, así como el uso desmedido de los recursos durante el ciclo de vida de los productos, al menos en la medida en que el medio ambiente pueda diluirlo World Business Council for Sustainable Development (2006)

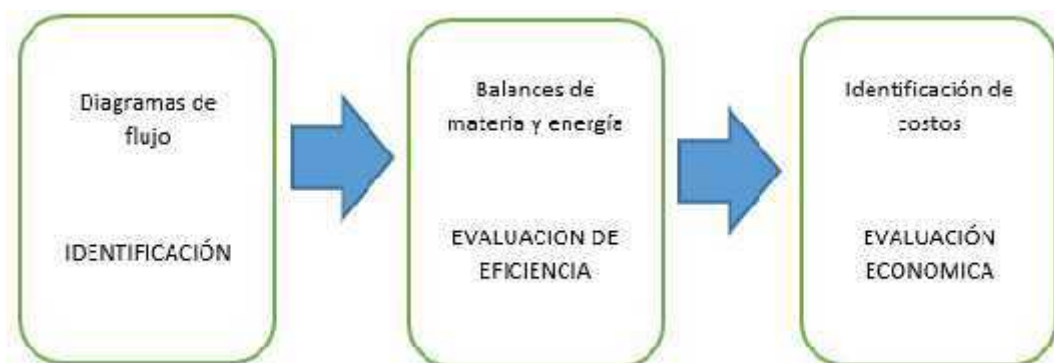
Por lo general los cambios tecnológicos son promovidos por el surgimiento de nuevas exigencias en los mercados y la necesidad de obtener una ventaja competitiva. No obstante, en ocasiones son también resultado de requerimientos normativos más estrictos o limitaciones en la oferta de algunas materias primas. Aunque no en todos los casos, el avance tecnológico está también usualmente ligado a procesos productivos más eficientes en los que aumenta

la productividad. En este contexto, la tecnología está íntimamente asociada a la competitividad de las empresas y es un factor fundamental para la supervivencia de las mismas en el largo plazo. Instituto CINARA (2006).

Los cambios de tecnología modifican los equipos o procesos de producción. Estos cambios pueden mejorar la calidad de los productos, aumentar la capacidad de producción, reducir el consumo de materias primas, reducir la cantidad de residuos generados o hacer un uso más eficiente de agua y energía. También pueden reducir los tiempos de producción, las necesidades de mantenimiento o la intervención humana través de la automatización, aumentando la certidumbre en el desempeño de los procesos y mejorando la capacidad de respuesta de las empresas. Cárdenas (2012).

Para llevar a cabo la implementación de la PML se hace necesario aplicar ecoherramientas, que nos permiten definir el estado ambiental y económico de un producto, proceso o servicio con base a la aplicación de las nuevas estrategias a implementar. Estas ecoherramientas inician con el diagnóstico, seguidas de la operación, control y por último la verificación. (Brevet and van Hemel 1997, Gonzales et.al citados por Silva, 2011). Lo cual se puede ver en el siguiente gráfico:

**Gráfico 1.** Ecoherramientas para identificar mejoras en un proceso productivo.



Para la presente investigación se plantean tres estrategias enmarcadas en las PML las cuales son primero la disminución de

sal en la etapa de acondicionamiento de las pieles, segundo uso de enzimas para realizar la depilación en la etapa de Pelambre y tercero el uso de acomplejantes (ácido dicarboxílico) en la etapa de Curtido estas propuestas están enmarcadas en los principios antes descritos.

En este sentido a continuación se recopilará la información pertinente referida a estas estrategias para seguir adentrándonos en la investigación.

### **2.3.2.1. Uso de enzimas para depilación**

Al respecto de este tema Crispim y Mota (2003) nos indican que “Durante el curtido, una de las primeras etapas que generan mayor contaminación es el proceso de depilado tradicional a base de sulfuro de sodio y cal. Sin embargo, en los últimos años se ha incorporado una metodología más limpia, la del “depilado conservador del pelo asistido con enzimas”. Mediante un mecanismo de “inmunización” a base de cal (1-2 %), el pelo depilado es separado del sistema como residuo sólido, conservando sus propiedades de fibra. Este proceso disminuye en un 30 % los sólidos totales, en un 70 % los sólidos suspendidos sedimentables, en un 50 % la DQO y en un 50 % la demanda bioquímica de oxígeno (DBO); la utilización de enzimas (dosis 0,5 %-0,7 %) como asistentes del sulfuro de sodio reduce el empleo de este de 3,7 kg S-2/ton de piel salada a 2,5 kg S-2/ton de piel salada. El proceso de depilado asistido con enzimas, comparado con el método clásico a base de sulfuro de sodio, trae aparejada una disminución del 50 % en el contenido de sulfuro en el efluente, así como de un 40 % de los sólidos suspendidos, lo que reduce la emisión de olores y permite, por simple oxidación, convertir el sulfuro en sulfato”.

La utilización de enzimas para reemplazar totalmente el sulfuro de sodio se presenta como un desafío, ya que el mecanismo de

proteólisis es de difícil control debido a que perdura la acción enzimática sobre la estructura de la capa reticular colagénica, influyendo notablemente en las propiedades del cuero elaborado. La caracterización enzimática a través de su actividad específica y su correlato en la acción sobre la piel son necesarias para poder utilizar las enzimas comercialmente, sin desmedro del producto final. (Galarza et al., 2017).

Los argumentos rectores de este cambio tecnológico fueron la disminución de la contaminación de las aguas residuales del sector de la ribera, la recuperación del pelo parcialmente degradado; residuo con potenciales aplicaciones industriales y la obtención de pieles adecuadas para la producción de diferentes tipos de cueros. Garro (2012).

Este tipo de tecnología ha comenzado a utilizarse en las curtiembres de algunos países en reemplazo del depilado tradicional destructor del pelo. El gran desafío consiste en desarrollar un depilado con el empleo de preparados enzimáticos con actividad proteolítica. A modo de péndulo, el interés por esta técnica va y viene intentando solucionar las dificultades que aparecen cuando se pretende depilar sin Na<sub>2</sub>S. Este procedimiento necesita para su aplicación que la actividad de la enzima esté restringida a la epidermis y pelo. Cantera (2012).

#### **2.3.2.2. Uso de acomplejantes (ácido dicarboxílico)**

Para Cueronet (2000) si se requiere lograr una mayor reducción del cromo en las aguas residuales, sólo se puede pensar en un proceso de alto agotamiento donde se usen agentes enmascarantes reticulantes, como: oxazoles, (hexametilentetramina), fosfatos, aldehídos ácidos carboxílicos, metilcelulosa, poliacrilatos-parcialmente esterados, aminoácidos/glutaraldehído, ácidos dicarboxílicos (los más

utilizados en la práctica), ácidos policarboxílicos. silicato de aluminio y sodio.

Los principales factores que regulan la curtición al cromo son: Características de la piel piquelada; la penetración del cromo depende del espacio interfibrilar; el empleo de complejantes permite una mayor fijación a valores de pH más altos, permitiendo que se formen más grupos  $\text{-COO}^-$ . La adición de sales neutras mantiene la piel deshinchada y facilita la penetración. El tamaño de complejos depende de la basicidad, oxalación, enmascaramiento y efectos de sales neutras; a mayor tamaño de los complejos de cromo no habrá una buena penetración. El cromo fijado en la piel depende de la oferta de cromo y de su basicidad; al aumentar la oferta de cromo va disminuyendo el pH, con lo que se desionizan los grupos carboxílicos y se reduce la fijación. Morera (2012).

Actualmente se han impuesto los ácidos dicarboxílicos puesto que: tienen una muy alta eficacia, son de fácil manejo, lograda calidad del artículo final (cuero) y también un precio muy competitivo

Desde el punto de vista químico los ácidos dicarboxílicos los grupos carboxílicos terminales existentes, implican una bi-función que permite explicar la unión en sus dos extremos con el catión cromo (III). Cueronet (2000).

El incremento de la temperatura aumenta la velocidad de difusión y también la velocidad de reacción, logrando mayores agotamientos, obteniéndose un cuero más lleno y más blando. El enmascaramiento del complejo de cromo permite obtener cueros de flor más fina, más llenos, más suaves, y con menor capacidad de reacción con los compuestos aniónicos, producto de la mejor distribución del cromo y de la mejor penetración de las grasas. Bravo et.al (2013).

Esto tiene como consecuencia la formación de un complejo estable, dando lugar a una reticulación.



De esta reticulación, se obtiene primero un aumento del tamaño de la molécula curtiente de cromo, lo que la hace más astringentes, es decir que se unen mucho mejor a la fibra (a curtir) y pueden provocar una mejor reticulación de las moléculas colagénicas y segundo como todos los ácidos orgánicos, los dicarboxílicos funcionan como enmascarantes (forman complejos de alta estabilidad), de forma tal que para precipitar el hidróxido de cromo se requiere un pH mayor, y por esto es posible en este caso desarrollar un curtido a pH más elevados. El efecto final obtenido (en cuanto al agotamiento del baño), depende mucho del ácido orgánico elegido. Cueronet (2000).

## **2.4. PROCESO DE CURTIDO**

La curtición es el proceso por el cual las pieles de los animales como vacunos, ovinos y caprinos principalmente son convertidas en cuero Córdova (2011). El cuero es un material duradero, casi imputrescible, apenas permeable al agua y a la vez suave, elástico y flexible Benítez (2011).

La piel animal está formada por una serie de capas de tejido epitelial y conjuntivo (colágeno, y elastina principalmente), el proceso general consta de 3 etapas fundamentales que son Ribera, Curtido y Post Curtido - Acabado (Ardila, 2012).

Es importante tomar en cuenta que en la Curtiembre donde se hicieron las pruebas se trabaja con pieles saladas provenientes en su mayoría del Departamento de Puno el salado evita el crecimiento de los microorganismos y la putrefacción de la piel al provocar su deshidratación.

### **2.4.1. RIBERA**

Se denominaron tradicionalmente trabajos de *Ribera* por la gran cantidad de agua que se emplea en ellos y por esa razón generalmente las curtiembres se localizaban en las riberas fluviales, es así que la Ribera es el conjunto de operaciones

mecánicas y procesos químicos para eliminar de la piel todo lo inadecuado para la obtención del cuero confeccionable, preparando la estructura fibrosa de la piel hasta llegar a la curtición propiamente dicha. (De Perinat 2009), es decir prepara las pieles para la reacción del colágeno con el agente curtiente.

Dentro de esta etapa hay varias sub etapas como el *Remojo* que supone hidratar las pieles saladas, limpiarlas de la suciedad y eliminar la sangre y la sal esto se efectúa usando ciertas cantidades de álcalis, detergentes y humectantes. (Ardila, 2012).

Otras sub-etapas son el *Pelambre* y el *Encalado* donde se usa cal como agente depilante y sulfuros para acelerar el proceso de remoción del pelo, las grasas se disuelven, se hidrolizan y aflojan las fibras de colágeno para que reaccionen con el agente curtiente. (Ardila, 2012), (De Perinat 2009).

El *Descarnado y Dividido* consiste en separar el tejido muscular y adiposo del colágeno que ha de transformarse en cuero en las siguientes etapas. (De Perinat 2009)

#### **2.4.2. CURTIDO**

Esta etapa a su vez consta de otras sub-etapas como el *Desencalado* donde se elimina la cal y se pueden usar sales amoniacales y ácidos débiles para reducir el hichamiento de la piel, eliminar proteínas no colagénicas, y los sulfuros. (Cueronet, 2000).

El *Desengrase o Rendido* tiene como objetivo eliminar de la piel los restos de grasa que escapan al procedimiento mecánico de descarnado para lo cual se usan agente emulsionantes y humectantes a fin de evitar defectos en el cuero como manchas. (Cueronet, 2000).

El *Piquelado* es un tratamiento a base de ácidos diluidos y/o mezclados con sal, para acidificar las pieles a un pH (entre 2.8 y 3.5) antes de la curtición de cromo y por lo tanto sirve para reducir

el hinchamiento ácido de la piel, este tratamiento actúa como conservante. (Cueronet, 2018) (CPTS, 2005).

El proceso de *Curtido* utiliza principalmente sales de cromo y coadyuvantes básicos como el bicarbonato de sodio o el óxido de magnesio que se emplean para fijar de manera más efectiva el cromo a las cadenas de colágeno.

En la curtición al cromo se utiliza agua salada con una concentración de unos 6 ° Be, y sulfato básico de cromo (III). Para mejorar la calidad se emplean además acomplejantes orgánicos (ftalatos y similares), y para conseguir la fijación del cromo a la piel sustancias básicas como el carbonato y bicarbonato de sodio, óxido de magnesio y similares. Se añaden además pequeñas cantidades de fungicidas a fin de evitar la aparición de hongos durante un posible período de conservación en wet-blue. Se produce una carga contaminante importante debido a la cantidad de sal, además de la presencia de sales de cromo (III), tanto en el baño residual de curtición como en los lavados posteriores. (CITECAL, 2018).

Las sales de cromo son usadas para diversos fines y con ellos se obtiene el 80 a 90% de la producción mundial de cuero. El sulfato básico de cromo es la sal de cromo más usada generalmente se adiciona el 8% p/p (Mwinyihija, 2010), aunque se han reportado procesos de curtido que usan concentraciones de óxido de cromo  $Cr_2O_3$  que varían entre 1,5 y 5% p/p, esto indica que la concentración de sulfato básico de cromo puede variar entre 6 y 20% p/p del baño de curtido y el 60 al 80 % del cromo se adhiere a las cadenas de colágeno (CPTS, 2005).

#### **2.4.3. POST CURTIDO Y ACABADO**

*Escurrido* elimina agua en exceso del wet blue (por gravedad), el volumen del efluente líquido generado no es importante, pero el

potencial contaminante lo es, debido a que éste contiene cromo en solución ácida. (CPTS, 2005).

*El Rebajado* consta en una regulación mecánica del espesor del cuero, en la que se produce, como residuo sólido, virutas con contenido de cromo, que proviene de aquellas pieles que han sido tratadas con este metal pesado. Esta operación genera la mayor cantidad de residuos sólidos con alto contenido de humedad. (CPTS, 2005) (CITECAL, 2018).

*Neutralización*, El cuero curtido al cromo es fuertemente catiónico. La neutralización tiene como objetivo disminuir esta cationicidad, para luego poder penetrar con los productos que se utilizan posteriormente, los cuales generalmente son aniónicos (Cueronet, 2000). Esta operación se realiza en húmedo para elevar el pH ácido del cuero mediante la adición de sales como el formiato de sodio o el bicarbonato de sodio. (CPTS, 2005).

*Recurtido* es el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos para completar el curtido o darle características finales al cuero que no son obtenibles con la sola curtición convencional, un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura. (Cueronet, 2000).

Principalmente, el recurtido posibilita la corrección de defectos de operaciones anteriores como pueden ser pieles que en bruto han sido mal tratadas, la piel así adquiere la firmeza, textura, tacto y comportamiento necesario para su comercialización en cada tipo de cuero. (Cueronet, 2000) Por ejemplo, si se desea mayor dureza se recurte con tanino; si se desea mayor soporte y cuerpo se añaden recurtientes, etc. Si el recurtido es de tipo aniónico, de preferencia el baño se inicia entre 30 y 40°C, para lograr una mejor distribución en el corte, y se concluye a entre 60 y 70°C, para una mejor fijación y agotamiento. (CPTS, 2005).

*Teñido*, sirve para dar color al cuero, se realiza en el mismo baño del recurtido, con agentes químicos como las anilinas, y empleando amoníaco como agente penetrante. Los tintes de complejos metálicos contienen iones de cromo, cobre o cobalto (CPTS, 2005). Además de colorantes, se emplean productos auxiliares (tensoactivo, dispersantes, amoníaco) a fin de mejorar la penetración y la igualación de la tintura. Para mejorar la fijación de colorante a la piel se recurre a una disminución del pH mediante el empleo de ácido fórmico y, en ocasiones, se emplean además productos catiónicos (resinas, tensoactivos y sales metálicas). El grado de contaminación de las aguas residuales es muy variable en función del colorante no fijado, así como la carga de sales que llevan algunos productos, y del ácido fórmico residual. (CITECAL,2018).

*Engrasado*, las pieles frecuentemente se engrasan en el mismo baño de tintura o en baño aparte, se tratan con aceites emulsionables, a fin de lubricar las fibras y también evitar que se unan en el secado, obteniéndose así la flexibilidad y suavidad necesarias además de un cierto aumento de las resistencias físicas de la piel. (CITECAL, 2018) en el engrase se pretende recuperar el aceite natural que presentaba la piel antes de ser procesada en la etapa de ribera. Se usan aceites y grasas de carácter vegetal y animal o productos grasos sulfonados, esterificados y de origen no biológico. (MMA España 2003).

*Secado y ablandado* se puede realizar al aire libre o por aplicación de calor mediante máquinas. El secado al aire, si bien no consume energía, está sujeto a condiciones climáticas variables (como temperatura y humedad). (CPTS, 2005), permite obtener un cuero con un contenido bajo en humedad (del orden del 12 %) que da la sensación de estar seco, sin estar reseco; se genera vapor de agua, vapores de ácido fórmico y trazas de vapores de los productos volátiles empleados en las fases de recurtición tintura y engrase. (CITECAL, 2018), el ablandado rompe de forma

mecánica la compactación de las fibras durante la operación de secado y logra mayor flexibilidad y blandura del cuero. (Ardila, 2012).

**Tabla 5.** Etapas del proceso de curtido

Ribera	Recepción pieles Remojo y lavado Pelambre Descarnado y dividido
Curtido	Desencalado Purga Desengrasado Piquelado Curtido
Post- Curtido Acabado	Escurrido Rebajado Neutralización Recurtido Teñido Engrasado Secado y ablandado

Fuente: Adaptado de CITECAL (2018) y CPTS (2005).

## 2.5. IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS CURTIEMBRES

Tradicionalmente la producción de cuero en el Perú consume en promedio entre el 60 y el 80% del cromo utilizado para el proceso de curtido (Córdova et.al 2014), según Saxena et.al del 2017 la pobre captación de la sal de cromo es entre 50 -70 % durante el proceso de curtido que da como resultado el desperdicio del material por un lado y la alteración del equilibrio ecológico por otro.

Este proceso genera aguas residuales con alta concentración de cromo que deben ser tratadas para poder cumplir con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por el DS 029-2009-Vivienda.

La cantidad de agua utilizada para en este proceso industrial es muy abundante según Saxena (2017) se utilizan entre 30 y 35 m<sup>3</sup> de de aguas residuales por tonelada de piel tratada para ser convertida en cuero. Para el CPTS (2003) cada 1,000 kg de pieles saladas que entran al proceso requieren, en promedio, 450 kg de diferentes reactivos químicos. Como resultado, se obtienen aproximadamente 255 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 380 kg como residuos (sólidos y líquidos) de reactivos químicos /11/ y el resto, 138 kg, es agua que pierde la piel. El volumen de agua que se consume en todo el proceso, desde ribera hasta acabado, y que, por lo tanto, también se elimina en las descargas, oscila entre 15 a 40 m<sup>3</sup>/t piel fresca.

Las aguas residuales generadas se caracterizan por una alta demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), cromo (III) y compuestos fenólicos con pH alto, olor fuerte, oscuros y de color marrón (Durai y Rajasimmam 2011; Suganthi et al. 2013; Dixit et al. 2015). Además del alto contenido orgánico, las aguas residuales de curtiembre también contienen diversos nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que pueden conducir a la eutrofización de cuerpos de agua (Rai et al. 2005; Durai y Rajasimmam 2011; Raj et al. 2014).

Además, el color marrón oscuro de las aguas residuales dificulta el proceso de fotosíntesis al bloquear la penetración de la luz solar y, por lo tanto, es perjudicial para la vida acuática, (Aravindhana et al. 2004; Rai et al. 2005; Kongjao et al. 2008; Mwinyihija 2010; Durai and Rajasimmam 2011). Así mismo, los principales contaminantes presentes en el agua residual de las curtiembres incluyen cromo, taninos, compuestos fenólicos, ftalatos y colorantes azoicos (Kumar et al. 2008; Lofrano et al. 2013; Dixit et al. 2015).

En este mismo sentido Trujillo (2007) indica que las canteras de sillar de Añashuayco se localizan en la parte noroeste de la ciudad de Arequipa y ocupan parte de la penillanura constituida por ignimbritas y depósitos aluviónicos; la parte media recibe el impacto del Parque Industrial de Río Seco, donde los efluentes de las curtiembres y relaves de Inka Bor son depositados en esta quebrada, afectando directamente a la napa freática al producir un proceso de infiltración. Asimismo, se observa la presencia abundante de residuos sólidos y la atmósfera en esta zona es afectada principalmente por la constante quema de basura doméstica, lo que ocasiona olores fétidos. A pesar de haber sido consideradas como un atractivo turístico, las canteras de sillar de Añashuayco se encuentran actualmente en un estado de contaminación total, por ello se debe hacer un esfuerzo para contribuir al desarrollo de una sociedad más sustentable y equitativa para las actuales y futuras generaciones, tanto en el ámbito local como global.

La composición de las aguas residuales puede variar mucho de una a otra curtiembre debido al proceso que se use. Sin embargo, se observa elementos comunes como los altos contenidos de materia en suspensión, proteínas, componentes oxidables, productos químicos y sustancias tóxicas, además del color oscuro y el olor desagradable. Cabe destacar que los procesos de ribera son responsables del 80% de la carga contaminante total expresada en términos de DBO, debido esencialmente a la presencia de proteínas y sus productos de degradación, y del 60 %, de los sólidos suspendidos. La presencia de sulfuro en el pelambre y de cromo en la curtición dan una especial toxicidad a las descargas, por lo que deben ser atendidos con especial cuidado Esparza y Gamboa (2001).

En algunas investigaciones como la de Monroy et.al (2019) se determinó que de las 40 pieles que ingresan sin tratamiento, con un peso unitario aproximado de 25 kg que en efecto de lote son en promedio 1.000 kg de pieles, se determinaron los consumos de agua a lo largo del proceso del curtido obteniendo un promedio de 14.000 L, es decir 350,0 L/piel, cuya agua se dispone a la fuente hídrica (cuenca alta del río Bogotá) sin tratamiento alguno, pero con una importante carga contaminante de



insumos químico (vale la pena referir que el agua retenida por el cuero se evapora en la actividad del secado). Igualmente, se determinó que el proceso productivo demanda aproximadamente 670 kg de insumos químicos entre ellos ácidos orgánicos e inorgánicos, sales de amonio, bisulfito de sodio, sales de cromo y enzimas (Monroy, 2018) los cuales cuestan aproximadamente \$951.000 por cada proceso. El producto final (cuero) pasó de tener una masa 25 kg/piel a 8 kg /piel tratada, es decir el total de cuero se redujo en un 68 % de su masa inicial, así, 680 kg corresponden al material sobrante del cuero (producto final), de los cuales 128 kg son comercializados como subproducto, mientras que los 552 kg de material sobrante son dispuestos en el relleno sanitario.

## **2.6. BIORREMEDIACIÓN**

Para Ardila (2012) los procesos de bioadsorción y bioremediación dan solución a los inconvenientes presentados en los procesos fisicoquímicos para la remoción de cromo y de otros metales pesados, los materiales pueden ser desechos agrícolas y organismos vivos o muertos como bacterias, levaduras, hongos, algas y plantas superiores que han crecido en lugares contaminados y han incluido en su metabolismo, las especies químicas contaminantes. A partir de esto, los microorganismos han sido utilizados en tratamientos para la reducción de los impactos ambientales ocasionados por los contaminantes. Este proceso es eficiente debido a la afinidad del metal pesado por una gran cantidad de grupos funcionales contenidos en las proteínas, lípidos y carbohidratos que conforman la pared celular de los microorganismos, por lo cual son considerados como intercambiadores catiónicos y actúan como poli electrólitos.

Asimismo, Beltrán (2016) anota que las estrategias de remediación basadas en procesos microbianos (microremediación) pueden minimizar la toxicidad y la biodisponibilidad de los metales pesados. Dentro de estas técnicas se encuentran la bioestimulación en donde se activa a la población microbiana nativa; la bioaumentación que involucra la introducción artificial de poblaciones viables, la bioacumulación utilizando células vivas y la biosorción mediante biomasa microbiana muerta. Estas

técnicas se caracterizan por ser tecnologías de remediación promisorias desde el punto de vista económico y de efectividad.

Los microorganismos juegan un rol vital en la transformación de elementos traza incluidos los metales ya que influyen su biodisponibilidad y remediación, pueden alterar la toxicidad, solubilidad en agua y la movilidad del elemento (Bolan et al, 2014). Los microorganismos modifican la concentración de metales pesados en el ambiente, pues estos cuentan con mecanismos enzimáticos y no enzimáticos para remover metales en solución (Rajendran et al, 2003). La capacidad de remoción de metales por bacterias, microalgas y hongos es superior a la reportada con métodos fisicoquímicos convencionales, también se conoce que la adquisición y remoción de los metales pesados puede ser selectiva teniendo en cuenta la capacidad metabólica de cada especie biorremediadora y el tipo de metal (Zhang et al, 2008).

En este mismo sentido (Tejada et al, 2015) cita que la bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos, debido a la propiedad que diversas biomasas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos. La aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomasas provenientes de la flora microbiana, algas y residuos agroindustriales ha sido investigada para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes, tales como los metales pesados. Entre los metales de mayor impacto al ambiente por su alta toxicidad y difícil eliminación se encuentran el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio; el uso de la adsorción en la remoción de contaminantes en solución acuosa mediante el uso de biomasa residual es aplicable a estos procesos de descontaminación evitando problemas subsecuentes como la generación de lodos químicos, y generando un uso alternativo a materiales considerados como desechos, además factores como el pH de la solución, tamaño de partícula, temperatura y la concentración del metal influyen en el proceso.

Para Villegas (2008) el agua residual de la curtiembre presenta alta contaminación asociada a sales, sulfuro y cromo, lo cual constituye un problema tanto desde el punto de vista ambiental como de supervivencia para las curtiembres, en este sentido usa el proceso de lodos activados para la remoción de la carga orgánica contaminante y la reducción de cromo, en el estudio realizado se utilizó agua residual industrial global de una curtiembre local, sometido a una separación de sólidos en unidades de sedimentación existentes y una sedimentación preliminar. El procedimiento consistió en realizar una operación batch de un sistema a escala piloto instalada en la curtiembre. Se alimentó con concentraciones de DQO entre 1,920 y 2,400 mg DQO/lit, obteniendo los siguientes parámetros óptimos de operación: TRH de un día, F/M entre 0.80 y 3.8 Kg de DQO/ Kg de SSVLM x día, Velocidad de Carga Orgánica entre 1.92 a 2.40 kg DQO /m<sup>3</sup>. día y biomasa activa entre 560 y 2,160 mg SSVLM/lit, con una edad de lodo sobre 15 días. El sistema logró remover sobre un 66% de materia orgánica en promedio llegando a picos de 80.21%, expresada como DQO. Los antecedentes obtenidos en este estudio permiten concluir que a través de un tratamiento biológico mediante lodos activados al agua residual industrial, es factible dar cumplimiento a las exigencias de la normativa de descarga (DS N°003-PRODUCE), constituyendo una alternativa real de tratamiento para la curtiembre.

### **2.6.1. BIOADSORCIÓN**

Autores como (Tejada, 2015) indican que la bioadsorción es un proceso fisicoquímico que incluye los fenómenos de adsorción y absorción de moléculas e iones. Este método poco convencional busca principalmente la remoción de metales pesados en aguas residuales provenientes del sector industrial, usando como sorbente diferentes materiales de origen biológico (vivo o muerto), tales como: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas y algunos tipos de biopolímeros. Estos materiales son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza, además, su transformación a biosorbente no es un proceso costoso. El proceso de bioadsorción involucra una fase sólida

(biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés que será adsorbida (en este caso, los iones de los metales pesados). Para que el proceso de bioadsorción se pueda realizar con éxito, debe existir una gran afinidad entre los grupos funcionales de la biomasa y el contaminante, ya que este último debe ser atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos.

De igual forma (Beltrán, 2016) señala que los metales se unen a la superficie celular a través de mecanismos que incluyen interacciones electrostáticas, fuerzas de Van de Waals, unión covalente, interacciones redox, precipitación extracelular o la combinación de esos procesos; los grupos cargados negativamente (carboxil, hidroxil y fosforil) de la pared celular bacteriana adsorben los iones metálicos y estos son retenidos (Rajendran et al, 2003). Cuando los metales se unen a la superficie celular pueden bioacumularse. La bioacumulación es un proceso celular que involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza el metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía, este consumo energético se realiza a través de la H<sup>+</sup>-ATPasa; una vez incorporado el metal pesado al citoplasma este es secuestrado por proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneinas (MT), fitoquelatinas (FQ) y algunos nuevos péptidos de unión a metales, si se trata de hongos este es compartimentalizado dentro de las vacuolas.

Con referencia al mismo tema se indica que gracias al mecanismo de bioacumulación o unión a metales descrito anteriormente, se ha desarrollado la tecnología de la biosorción, esta utiliza biomasa microbiana activa o inactiva para secuestrar metales, mediante su unión a la superficie celular (Nessner y Esposito, 2010). El proceso ocurre por diversos mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico y cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos metabólicos de captación también pueden contribuir con el proceso (Cañizares, 2000). Esta estrategia ha sido aplicada

usando biomasa de bacterias, algas, hongos y levaduras generalmente inactivada (Vasudevan et al, 2001). Varios grupos de constituyentes celulares como el grupo acetamido de la quitina, polisacáridos estructurales de los hongos, grupos sulfhidrilos, amino y carboxilo de algunas proteínas, grupos fosfato e hidroxil de polisacáridos participan en la biosorción (Vasudevan et al, 2001). Las especies metálicas son efectivamente retenidas al interactuar con los fosfatos, proteínas y lípidos en el citoplasma celular, compitiendo con los iones de sodio, potasio y calcio en los mecanismos biológicos.

Igualmente (Soto et al, 2010) afirma que las posibilidades de desarrollar una mayor capacidad de absorción dependen del tipo de microorganismo y su etapa de crecimiento. La tecnología de biosorción involucra el acomplejamiento superficial y la microprecipitación como alternativas potenciales para el tratamiento actual de los metales, estos son fenómenos ampliamente estudiados en la biorremediación de metales pesados como el Cd (II) y el Cr (III).

Relativo al mismo tema, los microorganismos utilizados como biosorbentes aislados a partir de ecosistemas contaminados, retienen metales pesados a intervalos de tiempo relativamente cortos al entrar en contacto con las disoluciones de los metales, esto minimiza los costos en el proceso de remediación pues no requiere el agregado de nutrientes al sistema porque el microorganismo no necesita un metabolismo activo, además la biomasa es fácilmente extraíble de los sistemas acuosos (Rajendran et al, 2003).

El fenómeno de adsorción se puede ver afectado de manera positiva o negativa, por ciertas variables como la temperatura, pH, tamaño de partículas o simplemente por la presencia de otros iones. Estos parámetros pueden aumentar o disminuir la captación de los iones metálicos. (Tejada, 2015). En ese mismo sentido, el

pH de la solución acuosa es un importante parámetro que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes, debido al hecho, de que los iones hidrógeno se constituyen en un adsorbato fuertemente competitivo. La adsorción de iones metálicos depende tanto de la naturaleza de la superficie adsorbente como de la distribución de las especies químicas del metal en la solución acuosa. El valor del pH de la fase acuosa es el factor más importante tanto en la adsorción de cationes como de aniones, siendo el efecto distinto en ambos casos. Así, mientras que la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4,5, la adsorción de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre 1,5 y 4. (Garcés, 2012).

Específicamente para el caso del Cromo, la oxidación de Cr (III) a Cr (VI) puede incrementar la movilidad y disponibilidad del metal, mediada por procesos bióticos y abióticos (Choppala et al, 2013). Varias bacterias han sido reportadas por reducir cromo hexavalente que es tóxico y mutagénico a su forma trivalente que es menos tóxica y menos soluble (Garbisu et al, 2003); la reducción abiótica se da cuando está disponible una fuente de electrones como el Fe (II) y el proceso microbiano o reducción biótica puede darse en condiciones aeróbicas o anaeróbicas y solo ocurre en presencia de materia orgánica como fuente de electrones (Bolan et al, 2014). La reducción del cromo VI es llevada a cabo por la enzima cromato reductasa que se encuentra muy bien caracterizada en *Pseudomonas ambigua*, además se conoce que otras reductasas celulares pueden también llevar a cabo la reducción del cromato como la DT-diaforasa, aldehído oxidasa, citocromo P450 y algunas nitroreductasas (Marrero et al, 2010).

Se establece que la captación de aniones por acción de biomasas es de gran interés desde el punto de vista industrial y ecológico; un ejemplo claro de eso, es la remoción de iones de cromo hexavalente presente en aguas residuales; se ha demostrado, mediante diversos estudios que el principal mecanismo de

eliminación de Cr (VI) para distintos biomateriales es la reacción oxido-reducción, convirtiendo el Cr (VI) a Cr (III). Este mecanismo consta básicamente de tres pasos, primero el cromo hexavalente debe unirse a los grupos funcionales cargados positivamente, los cuales se encuentran en la superficie del biomaterial, entre estos grupos podemos mencionar los iones carbonilo, hidroxilo, amino entre otros. El segundo paso es la reducción de Cr(VI) a Cr(III) por los grupos donadores de electrones adyacentes del biomaterial. Finalmente, el Cr(III) es reducido y liberado a la fase acuosa debido a la repulsión electrónica entre los grupos con carga positiva y el Cr(III) (Park et al, 2007).

### 2.6.2. MODELOS TEÓRICOS

Para el tratamiento de los datos experimentales obtenidos en las condiciones de equilibrio, y el análisis de los procesos de adsorción, los datos de equilibrio se expresan normalmente como isotermas de adsorción, relacionando analíticamente la cantidad de un determinado componente adsorbido en una interfase con la concentración de este componente en el seno de la fase. El análisis del ajuste de los datos experimentales obtenidos en el proceso a los distintos modelos de isotermas existentes, permiten estimar el grado de purificación que puede ser alcanzado, la cantidad de adsorbente requerido, y la sensibilidad del proceso respecto a la concentración del producto. (Miretzky y Cirelli, 2010). En la siguiente tabla se encuentran registrados los principales modelos de isotermas estudiados en los procesos de adsorción de metales pesados usando biomasas como material adsorbente.

**Tabla 6.** Modelos de isotermas de adsorción

Isotermas	Ecuación	Parámetros
Isoterma de Freundlich	$q_e = k_F \cdot C_e^{1/n}$	$k_F$ es el indicador de la capacidad de absorción, $n$ es la intensidad de absorción, $C_e$ es la concentración del metal
Isoterma de Langmuir	$q_e = \frac{q_{max} b C_e}{1 + b C_e}$	$q_{max}$ es la cantidad máxima metal /peso de biomasa, $b$ es la afinidad de los sitios de unión, $C_e$ es la concentración del metal

Fuente: (Miretzky y Cirelli, 2010)

### 2.6.3. HONGOS

Los hongos desempeñan un papel importante en la biorremediación debido a su robusta morfología y su capacidad metabólica diversa. Los diferentes grupos de hongos de una variedad de hábitats con su papel en la biorremediación de diferentes compuestos tóxicos y recalcitrantes; contaminantes orgánicos persistentes, tintes textiles, efluentes de textiles, industrias de curtido de pieles, petróleo, hidrocarburos poliaromáticos, productos farmacéuticos y de cuidado personal, y pesticidas; para la desintoxicación de diferentes compuestos tóxicos y recalcitrantes, incluidas las enzimas fúngicas prominentes, como las catalasas, lacasas, las peroxidasas y el citocromo P450. (Radhika et.al 2016).

Al respecto se sabe que un buen número de sustancias ligadoras de metales son excretadas por los microorganismos, éstas varían desde ácidos orgánicos simples, alcoholes, grandes polisacáridos o ácidos húmicos y fúlvicos. Recientes estudios han encontrado que los grupos carboxil del peptidoglicano son el principal lugar de unión de cationes en la pared celular de bacterias gram positivas, mientras que en gram negativas es el grupo fosfato y en los hongos sería la quitina, sin importar que la precipitación sea en la superficie externa de la pared celular o lejos de ella, siendo un mecanismo exitoso para mantener los iones tóxicos fuera del citoplasma (Wu et al, 2010). En la siguiente tabla se muestra una lista que muestra algunos trabajos que usan microorganismos para biorremediación.

En tal sentido, las levaduras, mohos y hongos macroscópicos conocidos bajo el mismo nombre, presentan un alto potencia en la remoción de metales pesados, pues su obtención es fácil y no requiere de medios nutritivos costosos o métodos sofisticados de cultivo. Pueden ser esféricos o filamentosos y estos se dividen en compartimientos continuos o septados multinucleados llamados Hifas con 5 a 10 micras de ancho y de largo 0,5 micras a 1mm. La



pared celular de las hifas tiene un espesor entre 100 y 200 nm, está compuesta por fibras de quitina o celulosa que son complejos de polisacáridos y también contienen polisacáridos externos como los glucanos o componentes menores como lípidos, proteínas, fosfatos y pigmentos (Haeng et al, 2010).

Así mismo, los experimentos de remoción de cromo con hongos y levaduras incluyen la evaluación de la bioacumulación por diferentes especies de levaduras altamente tolerantes al cromo trivalente (Ksheminska et al, 2005) La especie más usada para los estudios de remoción de metales pesados es *Saccharomyces cerevisiae* que presenta diferente selectividad y capacidad de adsorción a diferentes condiciones de temperatura y pH. Puede remover hasta 13 mg/g de cromo trivalente y 94 mg/g de cromo hexavalente, sin embargo esta especie es más selectiva a plomo y níquel (Wang y Chen, 2006). También se ha evaluado la remoción de cromo de aguas de curtiembre, mediante cepas nativas encontradas en los efluentes de la industria. La remoción de cromo por estas especies es del 30% con biomasa sin tratar y cerca de un 70% con biomasa tratada con base. En los hongos, se estableció que la captura de cromo trivalente se da en dos pasos, mediante una rápida adsorción y una lenta acumulación del cromo en el hongo aumentando la capacidad de adsorción. (Jianlong y Chen, 2009).

**Tabla 7.** Algunos microorganismos implicados en la biorremediación de Cromo

<b>Microorganismo</b>	<b>Metal</b>	<b>Referencia</b>
<i>Pseudochrobactrum saccharolyticum</i>	Cr (VI)	Long et al, 2013
<i>Enterobacter cloacae</i>	Cr (VI)	Campos et al, 1995. Wang et al, 1989. Kawamura y Esposito, 2010)
<i>Pseudomonas</i> sp, <i>Micrococcus</i> sp, <i>Bacillus</i> sp, <i>Achromobacter</i> sp,	Cr (VI)	Dhal, 2013

Microbacterium sp, Artrobacter sp, Corynebacterium sp, Vogesella indigofera		
Pseudomonas ambigua, E. coli, C. metallidurans	Cr	Borremans et al, 2002
Bacillus sp	Cr	Cañizares, 2000
Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Listeria sp, E. coli, A. eutrophus. P. putida	Cr	Roane y Pepper, 2000
Aeromonas sp, Staphylococcus aureus, Lactobacillus sp, Micrococcus sp, Bacillus sp, Bacillus megaterium, Acinetobacter sp, Pseudomonas aeruginosa, E. coli	Cr	Ali et al, 2009
Geobacillus thermodentrificans	Cr +3	Chatterjee et al, 2010

Fuente: Adaptado de Beltrán (2016)

#### 2.6.4. MICROALGAS.

Las microalgas se consideran una fuente prometedora para la producción de biocombustibles y bioenergía, la remediación y la producción de compuestos bioactivos de alto valor (Aravindan 2016).

En este mismo sentido (Abdel-Raouf, 2012) cita que los procesos de tratamiento primario y secundario normales de las aguas residuales se han introducido en un número creciente de lugares, con el fin de eliminar los materiales de fácil asentamiento y oxidar el material orgánico presente en las aguas residuales. Sin embargo, este efluente secundario está cargado con nitrógeno y fósforo inorgánicos y causa eutrofización y más problemas a largo plazo debido a los compuestos orgánicos refractarios y los metales pesados que se descargan. El cultivo de microalgas ofrece un paso

interesante para los tratamientos de aguas residuales, ya que proporcionan un tratamiento biológico terciario junto con la producción de biomasa potencialmente valiosa, debido a la capacidad de las microalgas para utilizar nitrógeno inorgánico y fósforo para su crecimiento. Y también, por su capacidad para eliminar metales pesados, así como algunos compuestos orgánicos tóxicos, por lo tanto, no conduce a una contaminación secundaria.

Con relación al mismo tema, Las algas son organismos similares a las plantas que pueden ser unicelulares y multicelulares, microscópicas o macroscópicas y realizan fotosíntesis. Existen diferentes clasificaciones de algas con base a diferentes criterios, sin embargo la más importante las divide en: Cyanophyta, Prochlorophyta, Phaeophyta, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta, Chry-sophyta, Pyrrhophyta, Cryptophyta y Rhodophyta (Davis et al, 2003).

Las algas pueden servir para múltiples propósitos como en la alimentación, fertilización, fuentes de energía y biorremediación de aguas contaminadas. Al igual que los hongos, las algas presentan una pared celular conformada por celulosa, pectina y producen polisacáridos y ácidos extracelulares como ácido urónico y ácido algínico (Lesmana et al, 2009).

La bioadsorción de los metales pesados en las algas depende de su taxonomía, pues la estructura química de la pared celular varía en las diferentes especies, su medio nutritivo que aporta cargas a los grupos funcionales de la pared celular del alga y depende del tipo de metal a remover (Vanessa, 2007).

Las características entre los diferentes tipos de algas, basados en el trabajo de Ardila, 2012; son:

- **División Chlorophyta:** Algas verdes que contienen clorofila a y b; , y carotenoides y varios xantófilos, producen amilosa y

amilopectina en forma de almidón y su pared celular está constituida de celulosa (b-1,4-gluco-pirosida), grupos hidroxilo, oxo, carboxilo y amino, de la hidroxiprolina, xilanos y manosa.

- **División Phaeophyta:** Algas pardas que contienen clorofila a y c; caroteno y varios xantófilos, producen manitol y su pared celular está constituida de celulosa, ácido algínico y mucopolisacaridos sulfatados (fucoidan) que le proporciona el color pardo.
- **División Rodophyta:** Algas rojas con clorofila a y d y otros pigmentos como la ficocianina R y C, R y B ficoeritrina, b-caroteno and varios xantofilos. Produce amilopectina (almidón) y su pared celular está conformada de celulosa, xilanos, galactanos o polysacaridos sulfatados como la carragenina, calcificación en algunas algas y alginato en la familia corallinaceae.
- **División Pyrrhophyta y Cryptophyta:** Son algas que no presentan pared celular o esta es muy delgada y esta compuesta principalmente de celulosa. Por esta razón este tipo de algas no son agentes adsorbentes competitivos.

Al igual que los desechos agrícolas, las bacterias y los hongos, la capa celular de las algas están conformada por diferentes grupos funcionales encargados de la adsorción. Estos grupos son de carácter aniónico como carboxilos, hidroxilos, pyruvatos, succinatos, uronatos, fosfatos, sulfatos, amidas y gliceratos; y grupos catiónicos como los aminos (Prigione et al, 2009). Adicionalmente, los grupos funcionales de los polisacaridos externos permiten la unión de los metales formando complejos y neutralizando estos compuestos por lo tanto las algas presentan una alta capacidad de adsorción. Las algas que más adsorben metales pesados son las pardas que producen el ácido algínico, el cual forma geles con los metales adsorbidos (Haeng, 2010).

La capacidad de adsorción de cromo hexavalente se encuentra entre los 4,524 mg/g y 34,528 mg/g, para cromo trivalente la capacidad de adsorción, se encuentra entre 85,176 mg/g y 114,972 mg/g según los estudios revisados por Lesmana et al, 2009. Estas son relativamente menores en comparación con los desechos agrícolas usados para tal propósito. Sin embargo, Deng et al, 2009 logró obtener una remoción de 154 mg/g de cromo hexavalente usando *Cladophora albida*, comparable con la capacidad de adsorción de cromo obtenida en cáscara de almendra modificada. Sin embargo, estos estudios fueron desarrollados con soluciones sintéticas de cromo y no con soluciones de agua residual, aunque Deng et al ,2009 demostró que la presencia de otros iones en la solución no tiene un efecto notorio en la remoción de cromo para esta alga.

En el trabajo realizado por Han et al, 2007 se usó la microalga verde *Chlorella miniata* para la remoción de cromo hexavalente y se encontró que los grupos amino en la microalga adsorbía el metal, los polisacáridos lo reducían a cromo cromo trivalente y luego lo liberaba al medio. En este estudio a comparación con el estudio realizado por Deng et al, 2009, se encontró que la presencia de otros iones si afecta la capacidad de adsorción de cromo. Otros estudios de bioadsorción de cromo han utilizado líquenes que son organismos simbiotes entre hongos y algas.

#### **2.6.5. ZEOLITA**

Las zeolitas naturales son cristales minerales de aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos o alcalino - térreos que tienen alta capacidad de intercambio catiónico y de hidratación y deshidratación sin modificar su estructura porosa, tridimensional, con canales internos. Por estas características las zeolitas son minerales con la más amplia diversidad de usos, entre ellos el uso agronómico. En la agricultura es posible utilizar la zeolita como mejorador de la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes

inorgánicos, principalmente los nitrogenados, y como mejorador o acondicionador del suelo (Paredes et. al 2013).

La estructura de las zeolitas está integrada por una red tridimensional surcada por una trama interna de poros y cavidades, y por dos unidades: la primaria y la secundaria es la más simple y consiste de un tetraedro de cuatro iones de oxígeno que rodean un ión central de sílice (Si) o aluminio (Al). La unidad primaria se enlaza entre sí para formar una estructura tridimensional en la que los iones de oxígeno que están en los vértices del tetraedro se comparten con otro tetraedro.

Esta disposición reduce la proporción oxígeno: sílice de 4:1 en la unidad primaria, a 2:1 en la unidad tridimensional. Cuando en el centro del tetraedro se ubica un ión de sílice, la estructura es neutral, es decir, sin carga eléctrica. Sin embargo, en la estructura de la zeolita algunos iones de sílice son reemplazados por trivalentes, lo que causa un desbalance de carga positiva en la estructura, el cual es balanceado por otros cationes monovalentes y divalentes como sodio (Na<sup>+</sup>), Potasio (K<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>++</sup>) y magnesio (Mg<sup>++</sup>), que se ubican en la superficie externa del tetraedro y en la de las cavidades y canales internos. Las dimensiones de las cavidades de la zeolita varían de 0.000003 a 0.000010 mm dentro de las que contienen iones de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Ca<sup>++</sup>, entre otros, y moléculas de agua con libertad de movimiento, lo que favorece su capacidad de intercambio iónico con el medio circundante (Onofre, E. y Aguaro J. 2018).

Dentro de sus propiedades podemos resaltar:

#### **a) Porosidad**

Las zeolitas son formadas por canales y cavidades regulares y uniformes de dimensiones moleculares (3 a 13 nm) que son medidas similares a los diámetros cinéticos de una gran cantidad de moléculas. Este tipo de estructura microporosa hace que las

zeolitas presenten una superficie interna extremadamente grande en relación a su superficie externa. La IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) reconoce tres tipos de poros atendiendo a su tamaño (Sing et al. 1985). Si son mayores de 50nm se conocen como macroporos, si su diámetro está comprendido entre 2 y 50nm se trata de mesoporos y si son menores de 2 nm, como es el caso de los poros de las zeolitas, son microporos.

A medida que disminuye el tamaño del poro más profundo se hace el pozo de potencial. En el caso de que el poro sea suficientemente ancho las moléculas se irán adsorbiendo formando una monocapa a una distancia determinada de la superficie (distancia de adsorción), y a medida que aumenta la cantidad adsorbida el adsorbato se ordena en capas sucesivas (llenado en multicapas) (Paredes et. al 2013).

## **b) Adsorción**

La superficie de los sólidos es una región singular, que es responsable o al menos condiciona muchas de sus propiedades. Los átomos que se encuentran en ella no tienen las fuerzas de cohesión compensadas, como ocurre en los átomos situados en el seno del sólido que es, en definitiva, responsable de las propiedades de adsorción de los sólidos. El potencial de adsorción origina una fuerza atractiva que provoca el acercamiento de la molécula a la superficie. Cuando la distancia entre la superficie y la molécula libre comienza a disminuir, las fuerzas de repulsión (debidas a la proximidad de las capas de electrones de los átomos de la superficie con los átomos de la molécula libre) comienzan a ser importantes.

Por lo tanto, existe una distancia para la cual la energía del sistema es mínima. La alta eficiencia de adsorción de las zeolitas está relacionada a la gran superficie interna que esta posee. Cuando el tamaño del poro disminuye se produce un incremento significativo

del potencial de adsorción, ocasionado por el solapamiento de los potenciales de las paredes del poro. Así, para un mismo adsorbato, la interacción con las paredes del poro es mayor cuanto menor es el tamaño del poro, y, por tanto, mejor el confinamiento de la molécula adsorbida (Martínez, D. y Cicuamía C. 2016)

### **c) Intercambio iónico (I.I)**

La propiedad de Intercambio Iónico (I.I.) de una zeolita es una magnitud que da una medida del monto de equivalentes de un catión que es capaz de retener por intercambio iónico una masa de zeolita. Esta capacidad está directamente relacionada con el Al presente en la red zeolítica y depende directamente de su composición química . Una alta capacidad de intercambio iónico corresponde a zeolitas con baja relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

En el caso de las zeolitas esta sustitución ocurre por átomos tetravalentes de aluminio lo que produce una carga neta negativa en la estructura que se compensa por cationes fuera de ella. Estos cationes son intercambiables, de ahí la propiedad intrínseca de I.I. que también es una manifestación de su naturaleza de estructura cristalina microporosa, pues las dimensiones de sus cavidades y de los cationes que se intercambian determinan el curso del proceso (Rodríguez M.,2016)

El intercambio de iones en las zeolitas depende de varios factores, entre los cuales se pueden destacar:

- La temperatura.
- La naturaleza de las especies catiónicas, principalmente de su carga.
- La concentración de las especies catiónicas en solución.
- El tamaño del ión y su carga.
- Las especies aniónicas asociadas al catión en solución.



- El solvente (la mayor parte de los intercambios se efectúan en solución acuosa, aunque también algo se hace con solventes orgánicos).
- Las características estructurales de la zeolita en particular.

## 2.7. MARCO LEGAL

El marco legal comprende las siguientes normas:

- ) Constitución Política del Perú.
- ) Decreto Supremo N° 006-2017-MINJUS - Decreto Supremo que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27 444 - Ley General del Procedimiento Administrativo.
- ) Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, así como sus normas modificatorias.
- ) Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
- ) Ley N° 29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
- ) Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM - Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- ) Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM - Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- ) Resolución de Consejo Directivo N° 033-2013-OEFA/CD, OEFA asume las funciones de seguimiento, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental del Rubro Curtiembre de la Industria Manufacturera del Subsector Industria del Ministerio de la Producción - PRODUCE.

- J Resolución de Consejo Directivo N° 031-2015-OEFA/CD, OEFA asume las funciones de seguimiento, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental respecto de las actividades manufactureras previstas en la División 26: 2695 Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso de la Industria Manufacturera del Subsector Industria del Ministerio de la Producción - PRODUCE.
- J Resolución de Consejo Directivo N° 048-2015-OEFA/CD, OEFA asume las funciones de seguimiento, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental respecto de las actividades manufactureras del Sector Industria previstas en la División 15: 1551 Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas, 1552 Elaboración de vinos y 1554 Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales, de la Industria Manufacturera del Subsector Industria del Ministerio de la Producción - PRODUCE.
- J Resolución de Consejo Directivo N° 022-2017-OEFA/CD, OEFA asume las funciones de seguimiento, vigilancia, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental respecto de las siguientes actividades contenidas en las divisiones de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme - CIIU: (i) División 24: Fabricación de sustancias y productos químicos; (ii) División 29: Fabricación de maquinaria y equipos n.c.p.; considerando su equivalente en la Revisión 4 de la Industria Manufacturera del Subsector Industria del Ministerio de la Producción PRODUCE.
- J Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD - Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA 2017.
- J DECRETO SUPREMO N° 003-2002-PRODUCE Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

## 2.7.1. NORMATIVIDAD PARA LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE CURTIEMBRES

### ) Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes del Sector Curtiembre:

Mediante Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

**Tabla 8.** Límites Máximos Permisibles para el sector curtiembre:

Parámetros	Unidad de Medida	LMP
PH		6 – 9
Temperatura	°C	<35
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500
Aceites y grasas	mg/L	50
DBO5	mg/L	500
DQO	mg/L	1500
Sulfuros	mg/L	3
Cromo VI	mg/L	0.4
Cromo Total	mg/L	2
N-NH4	mg/L	30
Coliformes fecales	NMP/100ml	-

Fuente: D.S. 003-2002-PRODUCE

### ) Valores máximos Admisibles (VMA):

Mediante el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, decreto que regula, mediante los VMA, las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, la infraestructura sanitaria, las maquinarias y los equipos, y de asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

**Tabla 9.** Valores Máximos Admisibles para efluentes:

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>VMA</b>
PH		6 – 9
Temperatura	C	<35
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500
Aceites y grasas	mg/L	100
DBO5	mg/L	500
DQO	mg/L	1000
Sulfuros	mg/L	5
Cromo VI	mg/L	0.5
Cromo Total	mg/L	10
N-NH4	mg/L	80
Coliformes fecales	NMP/100ml	-

Fuente: D.S. N° 021-2009-VIVIENDA

) **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua:**

Mediante Decreto Supremo D.S. N°002-2008 MINAM, aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

**Tabla 10.** ECA para agua, Categoría 3

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>ECA, Riego de vegetales</b>	<b>ECA, bebida de animales</b>
PH	°C	6.5 – 8.4	6.5 – 8.4
Temperatura	mg/L	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-
Aceites y grasas	mg/L	1	1
DBO5	mg/L	15	<15
DQO	mg/L	40	40
Sulfuros	mg/L	0.05	0.05
Cromo VI	mg/L	0.1	1
Cromo Total	mg/L	-	-
N-NH4	mg/L	-	-
Coliformes fecales	NMP/100ml	5000	5000

Fuente: D.S. N° 021-2009-VIVIENDA

## **2.8. PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA RESIDUALES**

### **2.8.1. pH**

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. La concentración de iones de hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales. Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido – base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH. El agua residual con una concentración de iones de hidrógeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de iones de hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion de hidrógeno o pH. El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con un pH-metro. (DIGESA, 2001).

### **2.8.2. TEMPERATURA**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales.

Es causa frecuente del oxígeno presente en las aguas superficiales, reduciéndose más en los meses de verano. Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática. Las temperaturas elevadas pueden dar lugar a un aumento en la mortalidad de la vida acuática. Las temperaturas óptimas para el desarrollo de las actividades se detienen cuando se alcanza los 50°C, a temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad. (DIGESA, 2001).

### **2.8.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente, para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la muestra filtrada. En la práctica los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor de 1,2  $\mu m$  y los suspendidos los que tienen tamaño mayor de 1,2  $\mu m$ , tamaño nominal de poros correspondiente a los filtros de fibra de vidrio usados para hacer la separación (Romero Rojas, 2010).

### **2.8.4. ACEITES Y GRASAS**

La contaminación de aguas recreacionales con sustancias aceitosas puede ocurrir como resultado de causas naturales o antropogénicas. La vegetación en descomposición (terrestre o acuática) en estado avanzado liberará grasa y subproductos

aceitosos que producirán un brillo aceitoso en el agua. Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan. (DIGESA, 2001)

#### **2.8.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

Dado que la materia orgánica no sólo son carbohidratos, una manera más práctica de analizar el consumo de oxígeno en la degradación de la materia orgánica en general, es medir los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) La DBO<sub>5</sub> expresan la materia orgánica en términos generales, pero no indican su composición, la cual es muy variada. Como su origen proviene de organismos, y sus productos de degradación o de metabolismo, se puede afirmar que la componen proteínas, carbohidratos y lípidos y/o sus productos de degradación: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, alcoholes, más otros componentes propios de los vegetales como pigmentos DBO: Es el parámetro de contaminación orgánica. Es el resultado de la degradación de tres tipos de materiales: materiales orgánicos carbónicos (microorganismos aerobios), nitrógeno oxidable(nitrosomas y nictrobacter), compuestos químicos reductores(se oxidan con el OD) (APHA-AWWA-WPCF, 1992)

#### **2.8.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

DQO es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y se emplea un oxidante (dicromato potásico), que se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO<sub>5</sub> El valor de la DQO es siempre

superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico(hierro ferroso, nitritos, amoniaco, sulfuros y cloruros) (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

En este mismo sentido, (Mayta y Mayta, 2017) indican que la demanda química de oxígeno (DQO) es un análisis no específico pero muy útil para estimar los requerimientos de oxígeno de los vertidos industriales, en los cuales la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) no es demasiado eficaz debido a la presencia de tóxicos u otras sustancias inhibidoras. Las altas concentraciones de DQO en aguas residuales pueden provocar la desoxigenación de las aguas con las que entra en contacto. Este proceso puede afectar el requerimiento de O<sub>2</sub> de los organismos acuáticos.

#### **2.8.7. SULFUROS**

Se encuentran en las aguas negras, aguas de industria química y papelera y refinerías de petróleo. La concentración de sulfuros da una idea del grado de septización. La presencia de sulfuros en agua indica acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.). Podemos encontrar en la corteza terrestre a los sulfuros asociados con los metales. En Agua residual de las curtiembres se puede encontrar sulfuros, SH<sup>-</sup> y sulfatos de sodio. (DIGESA, 2001).

#### **2.8.8. NITRÓGENO AMONIAL**

Todo nitrógeno que existe como Ion amonio o en el equilibrio se considera nitrógeno amoniacal  $NH_4 = NH_3 + H$  En una contaminación reciente la mayor parte de nitrógeno está presente en forma de nitrógeno orgánico (proteína) y amoniaco, a medida que pasa el tiempo, el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y más tarde si existen las condiciones aeróbicas, ocurre la oxidación del amoniaco a nitritos y nitratos. El amoniaco y el amonio son gases que se producen de



forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea. El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno amoniacal, pasando después para a nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en las aguas que contengan bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia-llamadas nitrobacterias. De esa forma, cuando encontramos mucho nitrógeno amoniacal en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno. (DIGESA, 2001).

#### **2.8.9. COLIFORMES FECALES**

Pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua. El grupo coniforme está formado por todas las bacterias Gram. Negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C y desarrollándose en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos.(DIGESA, 2001).

Los coliformes termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder a aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición. Comprende a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C. (DIGESA, 2001).

### 2.8.10. CROMO

Los metales pesados se constituyen en un grupo de aproximadamente 40 elementos, de elevado peso atómico (mayor a 44) cuya densidad específica es superior a 5 g/cm<sup>3</sup>, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y el cromo se encuentra dentro de esta categoría; los metales pesados y radionúclidos son los que presentan mayor interés en la comunidad científica, al ser considerados altamente tóxicos y perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana (Sala et al, 2010).

Así mismo para (Garbisu et al, 2003) un metal pesado se define como un elemento que tiene propiedades metálicas como ductibilidad, conductividad, densidad, estabilidad como catión y especificidad a ligando. Bajo la denominación de metales pesados se incluye a un conjunto de 65 elementos de la tabla periódica con un número atómico mayor a 20 y con una alta densidad relativa, mayor o igual a 5 g/cm<sup>3</sup> en su forma elemental. Estos presentan diferentes características fisicoquímicas y biológicas, se encuentran formando complejos como iones libres o participando en reacciones redox que resultan potencialmente tóxicas para los organismos (Marrero et al, 2010).

Por otra parte, los metales pesados son imprescindibles para el desarrollo de microorganismos, plantas y animales pues ejercen roles importantes en algunas reacciones bioquímicas y son esenciales para su crecimiento y desarrollo (Nessner y Esposito, 2010). Sin embargo, cuando se presentan en altas concentraciones pueden formar compuestos inespecíficos creando efectos citotóxicos y letales (Soto et al, 2010). Es importante anotar que si bien algunos metales no tienen influencia biológica, otros como el cadmio (Cd), el cromo (Cr), y el mercurio (Hg) son tóxicos (Nessner y Esposito, 2010).

Otras referencias sobre el cromo indican que es un metal pesado que funciona químicamente con distintas valencias: bivalente, trivalente y hexavalente, siendo este último de gran importancia por su alto poder tóxico. El cromo trivalente y el cromo hexavalente en particular es un desnaturalizador de proteínas y precipitante de los ácidos nucleicos; además, es considerable la acción cancerígena de los cromatos sobre el pulmón y el aparato digestivo (Otiniano, 2007).

En general, las empresas dedicadas al curtido de pieles descargan sus aguas residuales en canales / ríos cercanos, que son utilizados directa / indirectamente por los agricultores para el riego de cultivos agrícolas (Trujillo-Tapia et al. 2008; Gupta et al. 2012). Esta práctica conduce al movimiento de metales potencialmente tóxicos como el cromo al agua con las que se riegan las plantas de cultivo que finalmente llegan al cuerpo humano / animal y causan toxicidad (Sinha et al. 2008; Chandra et al. 2009).

Sin embargo, la toxicidad del cromo depende principalmente de la especiación química y, por lo tanto, los efectos a la salud asociados están influenciados por las formas químicas de exposición (Rameshrajya y Suresh 2011). Es bien informado que el cromo (VI) es un potente carcinógeno para humanos, animales y plantas cuando ingresa a las células a través del sistema de transporte de superficie y se reduce a la forma de cromo (III) y causa diversos efectos genotóxicos (Ackerley et al. 2004; Aravindhyan et al. 2004; Matsumoto et al. 2006; Tripathi et al. 2011; Raj et al. 2014).

Otra característica que aumenta la peligrosidad del Cr es el efecto de bioacumulación en el organismo pues los metales pueden permanecer varios años en el interior antes de ser eliminados y durante ese tiempo ejercer cambios en las células. Sin embargo, existe una gran diferencia en los niveles de toxicidad comparando los estados de oxidación más comunes del cromo (estado de oxidación III y VI). (Ardila, 2012).

Generalmente, la descarga de agua por parte de las cortinas cargada con Cr se utiliza en el riego de cultivos agrícolas e interrumpe los diversos procesos fisiológicos y citológicos en las células (Shanker et al. 2005; Chidambaram et al. 2009; Gupta et al. 2012) que llevan a la reducción de la raíz y el brote; crecimiento y biomasa, germinación de semillas, crecimiento de plántulas (Lopez-Luna et al. 2009; Hussain et al. 2010), y también induce la clorosis, deterioro fotosintético y finalmente conduce a la muerte de la planta (Akinici y Akinci 2010; Asfaw et al. 2012).

De la misma forma, el Cr (VI) altera la estructura de las comunidades microbianas del suelo y reduce su crecimiento y, finalmente, retrasa el proceso de biorremediación y si entra en la cadena alimentaria, causa irritación de la piel, perforación del tímpano, irritación nasal, ulceración y carcinoma de pulmón en humanos como animales junto con la acumulación en la placenta que afecta el desarrollo fetal en los mamíferos (Cheung y Gu 2007; Chandra et al. 2011; Asfaw et al. 2012).

Igualmente, el cromo trivalente es menos soluble en comparación con el estado hexavalente, es un micronutriente en el metabolismo de los seres vivos y no puede ingresar a la célula, mientras que el cromo hexavalente ingresa por la membrana celular unido a compuestos de carácter aniónico y una parte se reduce a cromo trivalente por agentes como el ácido ascórbico (ASC), glutatión (GSH) y cisteína (Cys) en el citoplasma (Mohan y Pittman, 2006). El cromo trivalente forma enlaces covalentes con macromoléculas de la célula, diferentes al ADN, ARN, proteínas y lípidos, mientras que el cromo hexavalente remanente puede llegar al núcleo donde se reduce a cromo trivalente y ocasiona daños en el ADN por modificación de las bases nitrogenadas, producción de radicales libres de oxígeno o sulfuros y unión del cromo con los grupos tioles de la ADN-polimerasa, por lo cual lleva a la generación de células

tumorales o la apoptosis, (Mwinyihija, 2010; Téllez et al, 2004). Los compuestos que comúnmente generan estas dolencias neoplásicas son aquellas capaces de acumularse y de presentar una baja solubilidad como el cromato de plomo  $PbCrO_4$  o el cromato de Zinc  $ZnCrO_4$ , en los diferentes órganos como los pulmones y los tejidos (O'Brien, 2003).

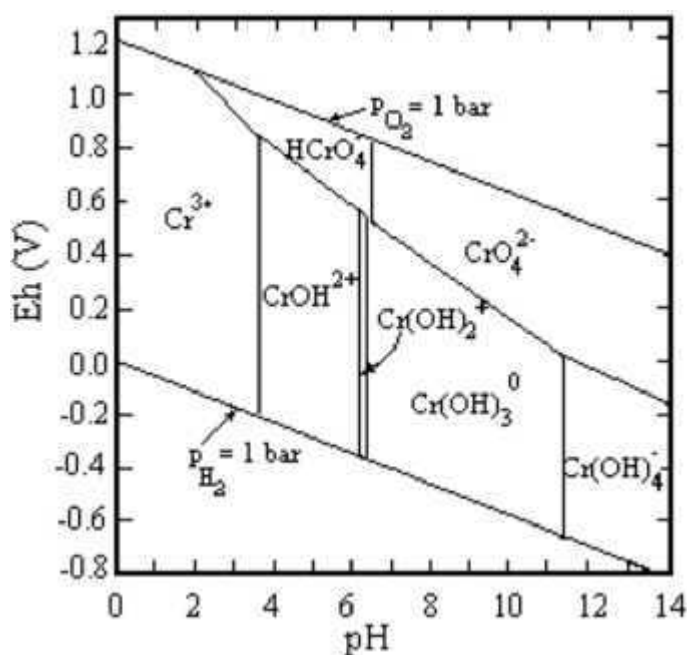
Con relación al cromo y al curtido la adición de agentes basificantes y enmascarantes, se realiza para aumentar el rendimiento en la etapa de curtido. Los agentes basificantes usados son los óxidos de magnesio, el carbonato de magnesio, carbonato de sodio y la magnesita sinterizada. Sirven para aumentar progresivamente el valor de pH, desprotonan los grupos carboxilo de la piel, aumentan la afinidad del cromo por esta y permiten que el metal pueda ingresar por todo el espesor de la piel (Cueronet, 2000). Los agentes enmascarantes empleados son los ácidos dicarboxílicos, facilitan la formación de reticulación entre el ión cromo y las cadenas proteínicas del colágeno pues los grupos carboxílicos en cada extremo sirven de puente entre estos componentes y permiten obtener productos con alta calidad. A pesar de esto, es necesario controlar la adición de agente enmascarante pues sus grupos carboxílicos podrían ser competencia con los grupos carboxílicos del colágeno y el cromo formaría complejos grandes impidiendo su difusión en la piel a curtir (CPTS, 2003).

En cuanto a la precipitación del Cromo, este proceso es controlado por medio del pH y se puede explicar usando un diagrama de Pourbaix (Eh-pH) que es una gráfica de potencial redox en función del pH, donde se muestran las principales especies termodinámicamente estables para el cromo en solución. (Quispe et al, 2010).

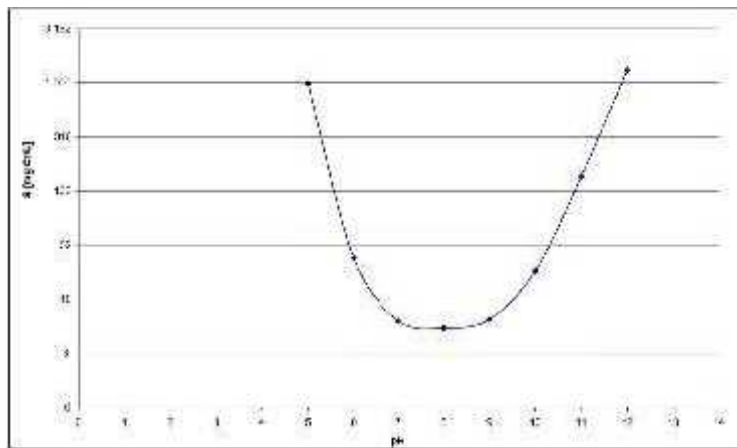
A propósito del cromo, su hidrólisis ocurre con el aumento del pH y tiene características anfotéricas. En el diagrama Eh-pH para las

especies del cromo en solución acuosa (Gráfico 2), los resultados indican que las especies más importantes son  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{CrOH}^{2+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  y  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ , además se observa que la forma predominante del cromo trivalente a un pH menor que 3 es  $\text{Cr}^{3+}$ . La especie  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$  se forma en un intervalo muy estrecho de pH, entre 6.27 y 6.84. Entre pH 7 y 11, la forma predominante es  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  y la solubilidad del hidróxido es mínima. A mayores valores de pH se forma  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$  y aumenta la solubilidad del cromo. No se han encontrado evidencias de la ocurrencia de complejos polinucleares del tipo  $\text{Cr}_m(\text{OH})_n$   $3m-n$ . Los sulfuros y los carbonatos del cromo son inestables. Todo esto indica que los reactivos precipitantes más factibles para la remoción del cromo trivalente son los hidróxidos, pero para la precipitación también pueden ser utilizados otros agentes alcalinos, como por ejemplo los carbonatos. Los hidróxidos que han encontrado mayor aplicación en la práctica son  $\text{NaOH}$  y  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . De los carbonatos, por su alta solubilidad y fácil manejo, el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  presenta mayor interés. (Mijaylova et al, 2007).

**Gráfico 2.** Diagrama Eh-pH para las especies del Cromo en solución acuosa



**Gráfico 3.** Solubilidad del cromo en función del pH



Fuente: CPTS (2005)

### 2.8.11. EXPORTACIÓN

Los criterios fundamentales del consumidor para la toma de decisiones en el Sector Cuero, Calzado y Artículos Complementarios (CC&AC), son tres: Moda, Diseño y Tecnología. Ante ello, las empresas del sector deben ser versátiles en la gestión del diseño y responder con celeridad a los cambios del mercado. De igual manera las empresas deben estar en la búsqueda de nichos que puedan satisfacer con eficiencia, dentro de este gran mercado. PENX (2013).

El sector de CC&AC a nivel mundial, está dividido en tres grandes sub-sectores: Calzado (51%), Pieles y Cueros (31%) y Artículos Complementarios (19%). La oferta exportable peruana en el sector CC&AC, se concentra principalmente en el segmento de pieles y cueros (representan el 83% del total exportado por el sector) y en menor medida en calzado (10%) y artículos complementarios (7%). PENX (2013).

Las exportaciones de cueros curtidos se dirigen principalmente al mercado español, cuyo requerimiento viene incrementándose sostenidamente a fin de mantener la expansión de su industria marroquinera. Las exportaciones hacia dicho mercado están

constituidas principalmente por cueros curtidos de bovino o equino y en menor medida cueros de ovino, en ambos casos los cueros son enviados mayormente en estado: wet blue. PENX (2013).

La exportación de calzado por países, en el 2016, según el destino se observa la siguiente participación: a Chile fue US\$ 6.1 millones, a Estados Unidos US\$ 4.2 millones, en Colombia fue de US\$ 4.0 millones, a Ecuador fue US\$ 3.5 millones y a México fue US\$ 730 mil, estos países concentran la exportación de calzado de Perú hacia el extranjero en un 82.7 % (Sociedad Nacional de Industrias, 2017).

Por su naturaleza productiva la industria curtidora emplea materiales de riesgo tóxico, riesgos que deben tomarse muy en cuenta sobre todo si la demanda aumenta por parte de mercados externos, pues según Mercados de Medio Ambiente (2015) existe un estudio llamado Proyecto LIFE+ CO2 Shoe el cual consistió en analizar la duración o ciclo de vida de 36 modelos de zapatos fabricados en la Unión Europea, en dicho análisis se obtuvo como resultado que por cada par de zapato fabricado se originó una emisión de CO<sub>2</sub> de 1.3 kg hasta 25.3 kg., emisión de dióxido de carbono resultante en un 58% a causa de la fabricación de componentes como la plantilla, lengüeta, piel y suelas. Un 16% restante se debió al empaquetado y envasado, un 11% para los procesos de montaje y acabado y finalmente el 6% restante en la distribución del producto terminado. Garma et.al (2018).

Según el Instituto Tecnológico de la Producción (2016) la falta de tecnificación e investigación tecnológica son agentes que impiden un mejor desarrollo de la industria del calzado en Arequipa, ya que los niveles de inversión son insuficientes para que la industria desarrolle herramientas tecnológicas que puedan hacer competitivo al sector, para menguar estas deficiencias existen



organizaciones como el CITE cuero y calzado Arequipa que a través de diversas acciones trata de mejorar esta situación.

El Medio Ambiente y la Responsabilidad Social son temas que deben ser parte de todas las organizaciones ya que las actividades de producción podrían generar efectos negativos, Elkington (citado por D'Alessio, 2015) indicó que existe una triple rentabilidad al que llamó las 3P: (a) Profit o lo económico, (b) People o social, (c) Planet o ambiental; Caravedo (2010), respaldó el concepto de Elkington indicando que la sostenibilidad de las organizaciones depende de que el desarrollo de procesos productivos se realicen tomando en cuenta tres dimensiones: (a) ambiental, (b) económica, (c) social; como parte de su cultura organizacional y ética, además D'Alessio (2015) indicó que desde la óptica del proceso estratégico se deben considerar lineamientos específicos que dependen de los impactos que estos ocasionen: (a) Aspecto económico-financiero: se enfoca en los recursos de los accionistas, el valor que se ofrece a los clientes, pago de proveedores, acreedores, impuestos, y recompensas a los trabajadores reconociendo el desempeño, (b) Impacto Social: enfocado a las obligaciones que tiene la organización con todos los stakeholders, (c) Medio ambiente y ecología: cuya base está en respetar el medio ambiente, no generando impactos negativos. Garma et.al (2018).

La industria Arequipeña del calzado debe buscar la certificación de sus productos, por tal motivo las prácticas en todos los procesos de la organización deben estar orientadas a la estandarización optando por Sistemas Integrados de Gestión, y conseguir certificaciones como la ISO 9001, orientada a la calidad; ISO 14001, al medio ambiente; ISO 26000, orientado a la responsabilidad social y OHSAS 18001, enfocados en la seguridad y salud ocupacional. Garma et.al (2018).

En este mismo sentido en esta investigación se propone que la empresa realice el marketing ecológico y el diseño de ecoetiquetas que comuniquen a los potenciales compradores, tanto nacionales como extranjeros, la realización de esfuerzos a fin de reducir los impactos ambientales generados, lo cual involucra una mejora de sus procesos y por tanto esto le ofrece una ventaja competitiva frente a sus competidores. (ANEXO 2) (ANEXO 3) (ANEXO4)

**CAPITULO III**

**DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS  
PRODUCTIVOS ACTUALES EN LA CURTIEMBRE**

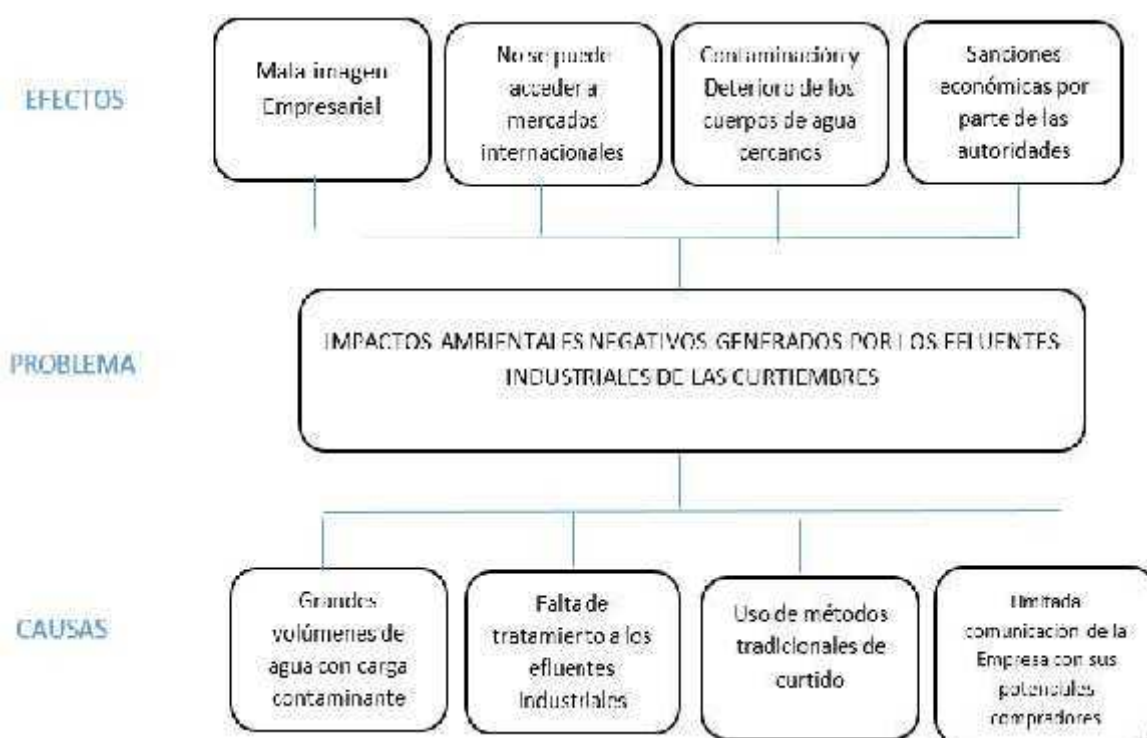
### CAPITULO III

## DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS ACTUALES EN LA CURTIEMBRE

En este capítulo se detallarán aspectos referidos a la producción actual en la curtiembre, además veremos balances y cuadros que nos ayudaran a entender mejor el contexto donde se realizó la presente investigación.

Es así, que se realizó un árbol de problemas y objetivos que se muestran para visualizar las relaciones que hay entre el problema con sus causas y efectos y luego desprender de allí los objetivos y los logros del proyecto, los siguientes diagramas además evidencian como la estructura básica le da coherencia al proyecto para poder articular una serie de elementos que se relacionan entre sí de forma lógica.

**Gráfico 4. Árbol de problemas**



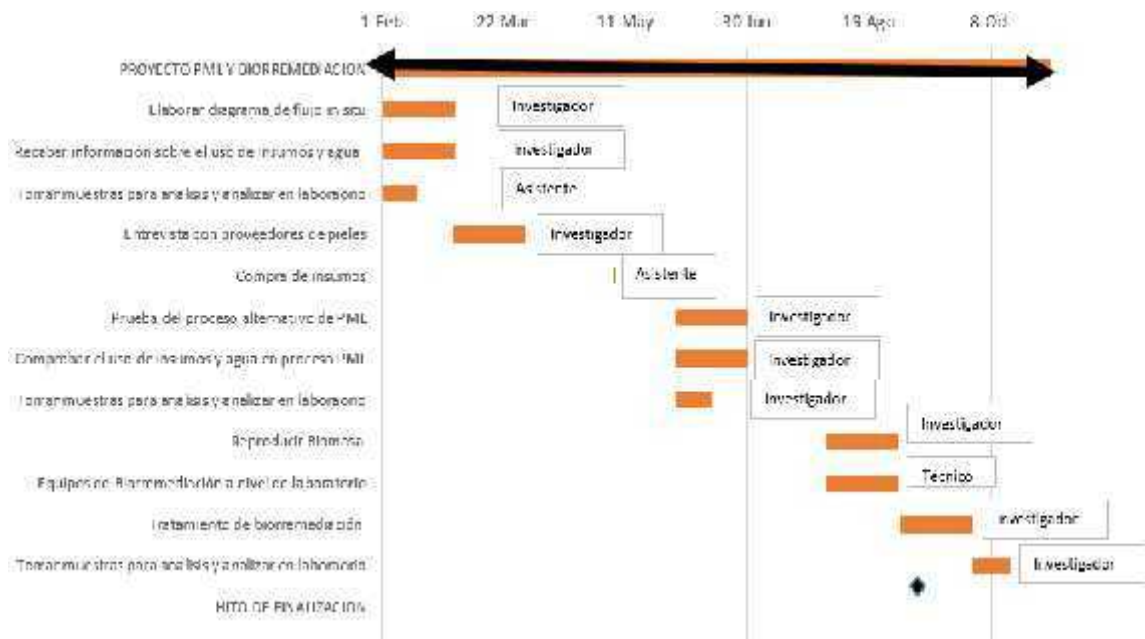
Elaboración propia

**Gráfico 5. Árbol de objetivos:**



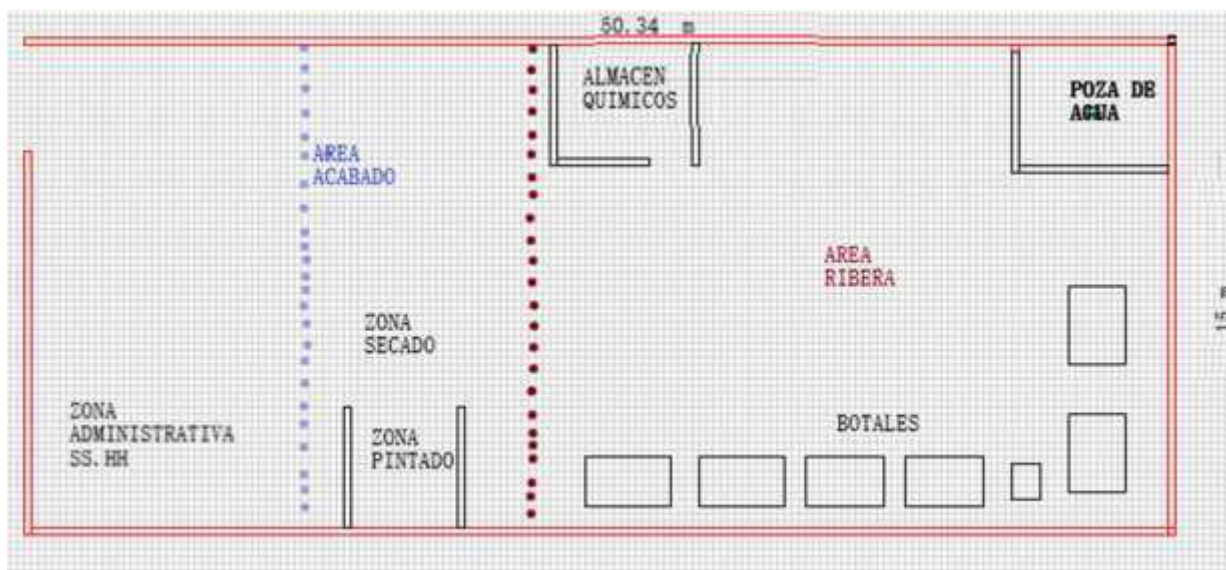
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 6. Diagrama Gantt del Proyecto**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 7.** Distribución de Áreas de la Empresa:



Fuente: Elaboración propia

### 3.1. GENERALIDADES

Esta investigación se realizó en la curtiembre del Sr. Javier Quispe Pilco, que se sitúa en el Parque industrial Rio Seco Mz. D Lote 8<sup>a</sup>, Distrito de Cerro Colorado, Provincia y Departamento de Arequipa.

La empresa tiene un área de 755.1 m<sup>2</sup> y tiene 6 botales. Ver Gráfico 6.

### 3.2. PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, se procederá a describir cada una de las etapas del proceso productivo para la obtención de cuero en la empresa

#### 3.2.1. RECEPCIÓN

La empresa recibe 600 pieles de res mensuales procedentes de Juliaca principalmente, estos llegan cubiertos de sal para conservarlos y evitar que se pudran antes de ser procesados, es importante tener en cuenta que estos no llegan refrigerados sino a temperatura ambiente lo cual acelera su deterioro.

La conservación de pieles frescas, se realiza mediante la técnica del salado o curado, en la cual se emplea sal común (cloruro de sodio).

Según información obtenida de la curtiembre, las pieles llegan saladas empleando de 3 a 10 kg de sal común por cada piel, es decir de 15 a 35% de sal común sobre el peso de la piel a salar. Generalmente se usan las mayores concentraciones para mantener mejor conservada la piel en el viaje de camino entre la ciudad de Juliaca y Arequipa.

Entonces si se saca un promedio de 25% de sal por cada piel de 25 kilos estamos calculando 6.25 kg de sal por cada piel, 3750 kilos mensuales y 45000 kg de sal al año, para tenerlo aún más claro en 1 toneladas de piel se usan 250 kg de sal común, lo cual origina pérdidas importantes de agua para eliminar la sal mediante lavados posteriores.

### **3.2.2. REMOJO**

En esta etapa las pieles son remojadas con agua para eliminar la mayor cantidad posible de sal, esta etapa demora 1 día y se realiza a temperatura ambiente, estas pieles se cargan en fulones para iniciar el proceso de curtido de las mismas, se usa una cantidad de agua de 150% es decir el peso promedio de una piel de res es entre 18 y 32 kilos de peso, lo cual quiere decir que se usan entre 50 y 100 litros de agua por cada piel, esta cantidad de agua se distribuye en tres etapas el remojo donde el agua de salida es de entre 8-10 °Baume y dos lavados posteriores en estos lavados el agua es calentada hasta los 28°C , con el agua del último lavado que no se elimina se procede a la siguiente etapa.

### **3.2.3. PELAMBRE**

Esta etapa se realiza con agua a los 28°C y se añade sulfuro 1% y Cal 4 %, toma un tiempo de 24 horas y alcanzamos °2 Baume. La función de este proceso es eliminar el pelo. Se trabaja con 100% de agua.

### **3.2.4. CALEO**

Previo a esta etapa que tiene la función de eliminar la grasa y la proteína no colagénica se realiza un lavado con 50% de agua a fin

eliminar el pelo de la fase de pelambre, en el caleo propiamente dicho se utiliza 100% de agua y 1% de cal, posteriormente se procede a realizar otro lavado con 100% de agua.

### **3.2.5. DESCARNADO**

Esta fase no se realiza directamente en la empresa pues este trabajo se terceriza a otra empresa que realiza el descarnado que consiste en separar la parte exterior de la parte interior aquí el peso de la piel se reduce aproximadamente entre un 60 y 70 %. Para cumplir con esta tarea se retiran las pieles de los fulones y se ponen un medio de transporte que llevará las piles hacia la máquina descarnadora y regresará las pieles a la empresa en las 24 horas siguientes para proceder con el proceso de curtido.

### **3.2.6. DESENCALADO**

Tiene como objetivo principal eliminar cal, deshinchamiento de la piel y controlar el pH, para reiniciar el proceso se procede a un lavado con 100% de agua, se elimina la mitad del agua y con 50% de agua se procede a adicionar Desencalante, Bisulfito de sodio y Sulfato de amonio, esta etapa tiene una duración de 24 horas.

### **3.2.7. PIQUELADO**

Antes de iniciar esta etapa se procede a hacer un lavado con 100% de agua, el piquelado se realiza con el con el objetivo de ajustar el pH para el curtido, para lo cual se utiliza Na Cl, ácido sulfúrico y un secuestrante de calcio, en este proceso se usa 80% de agua.

### **3.2.8. CURTIDO**

Esta etapa es la más importante porque aquí se determina la estabilidad de las proteínas colagénicas dando origen al cuero que resulta de la unión del colágeno con el sulfato básico de cromo, esta sal se usa en un 8%, además se utiliza basificante, grasa sintética y agua 130%, aquí el cuero tiene un color azul característico motivo por el cual se le denomina "wet blue".



### **3.2.9. RASPADO Y REBAJADO**

Se hace con el fin de eliminar el sobrante de piel que existe en el cuero a fin de obtener el grosor requerido, esta operación se realiza de manera manual por parte de los operarios en esta curtiembre.

### **3.2.10. NEUTRALIZACIÓN**

El objetivo es eliminar los ácidos libres bajando el pH, para lo cual se usa un agente neutralizante, fumarato de sodio, agua al 80% con 40°C.

### **3.2.11. RECURTIDO**

Para este se utiliza un 3% de sulfato de cromo a 45°C y 80% de agua, esto con el fin de otorgar mayor suavidad y flexibilidad al cuero.

### **3.2.12. TEÑIDO y ENGRASE**

Es donde se otorga el color deseado al cuero y además se le devolverá al cuero la suavidad y flexibilidad. Se utiliza grasa sintética y grasa sulfonada y colores sintéticos, se utiliza un 100% de agua aumentando el volumen del agua del recurtido en 20% y elevando la temperatura a unos 80°C.

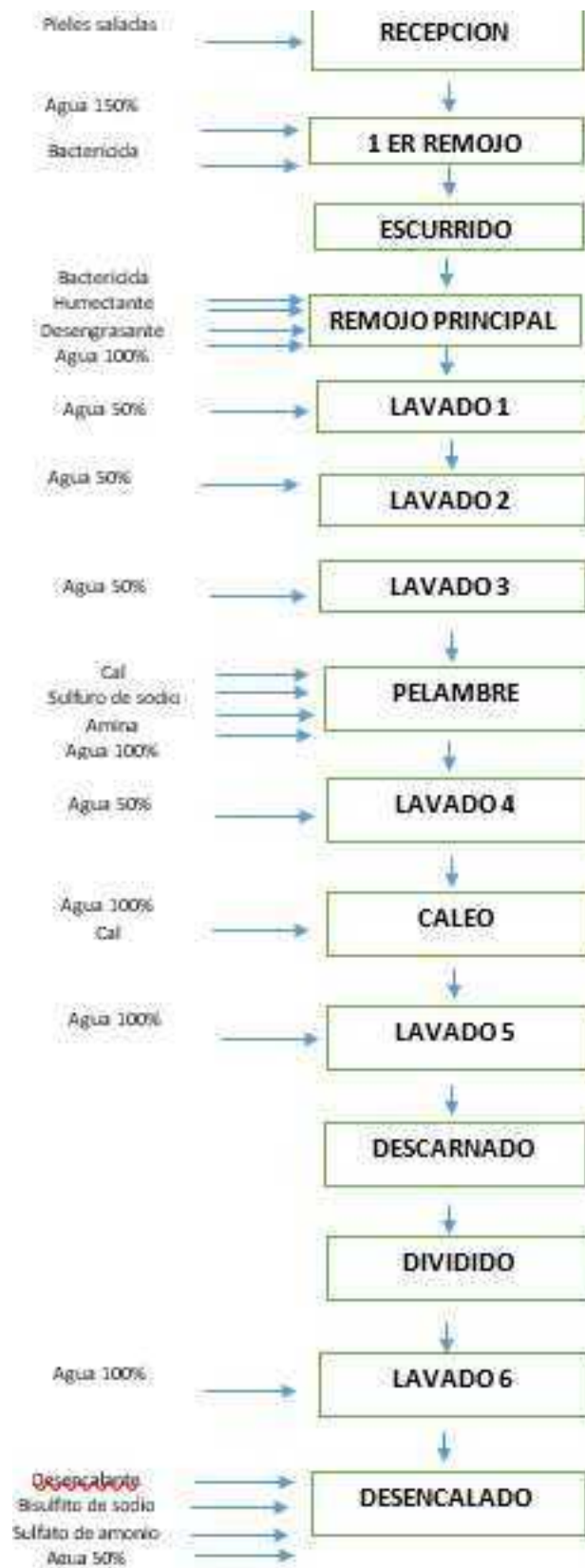
### **3.2.13. SECADO**

En esta etapa se deja de usar agua como parte del proceso se realiza al vacío, y esta operación también se terceriza ya que se realiza al vacío, lo cueros regresan el mismo día y se terminan de secar dentro de las instalaciones de la empresa.

### **3.2.14. PINTADO y LAQUEADO**

Para pintar los cueros se usan pinturas, ceras, resinas uretanicas, microligante y rellenante que se ponen en una compresora u se procede a pintar el cuero, del mismo modo seguidamente se procede a Laquear los cueros utilizando lacas al agua para darle un acabado mate o brillante según el requerimiento de los clientes.

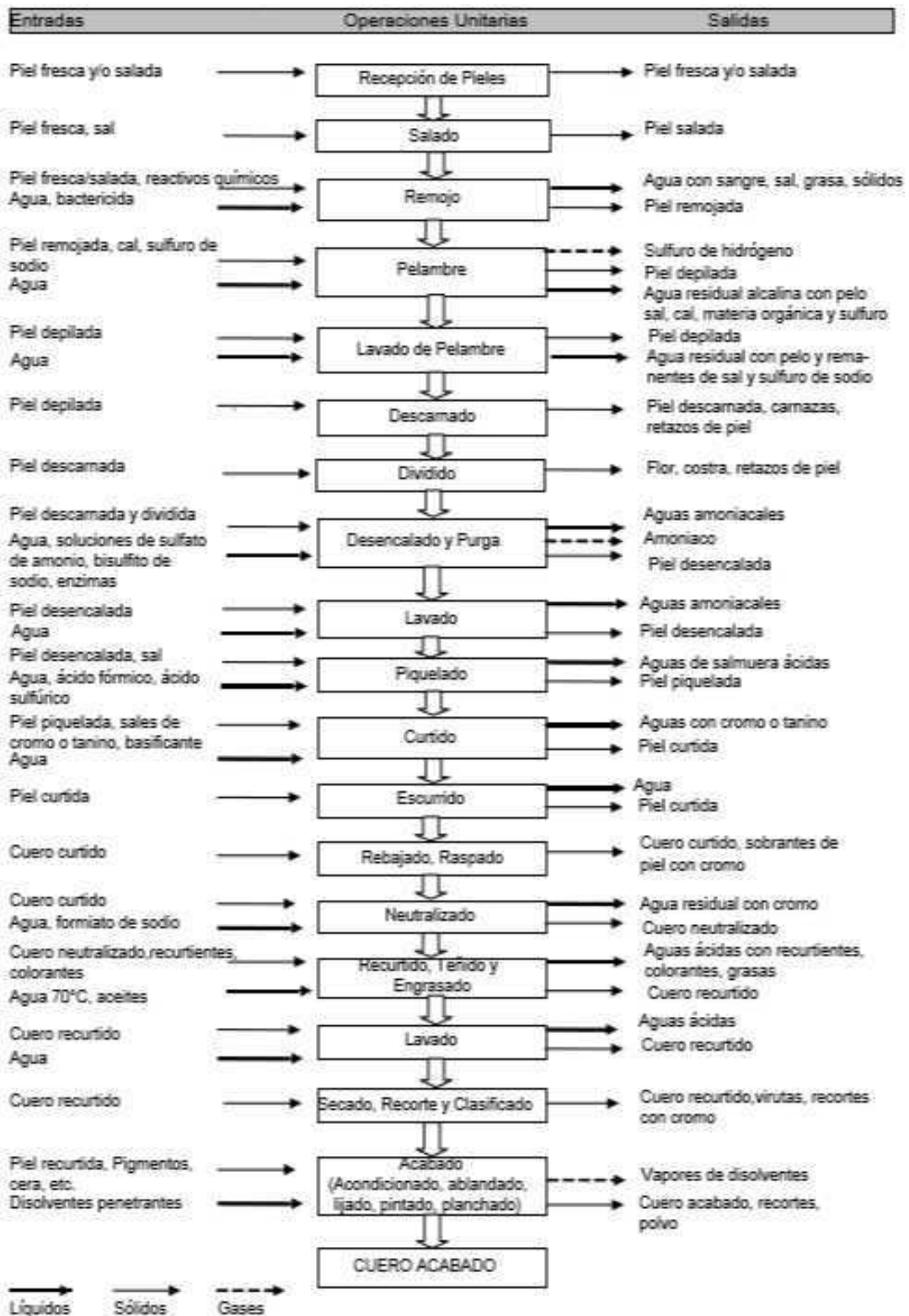
### 3.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO





Fuente: Elaboración propia

### 3.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE ENTRADAS Y SALIDAS



Fuente: CPTS (2003)

### 3.5. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En la Tabla siguiente se hará una valoración de los impactos ambientales obtenidos del trabajo de Lazo (2017), para tener un indicador de la contaminación que se produce por efecto de las curtiembres.

**Tabla 11.** Valoración de los impactos ambientales según Metodología Conesa

Curtiembre mediana del Parque Industrial Río Seco			Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Total
			N	I	EX	M O	PE	RV	RC	SI	AC	EF	PR	
1	REMOJO	Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	2	4	2	2	4	4	4	-46
2		Agotamiento del recurso hídrico	-1	3	2	2	2	4	4	1	4	4	1	-35
3		Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	2	8	2	4	1	2	-47
4		Alteración visual del paisaje por efluentes peligrosos	-1	2	2	2	2	2	4	1	4	1	2	-28
5		Alteración de la fauna por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	2	4	2	4	1	2	-43
6		Alteración de la cobertura vegetal por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	2	4	2	4	1	2	-43
7		Generación de enfermedades de los pobladores por efluentes peligrosos	-1	3	2	2	4	4	2	2	4	1	2	-34
8	PELAMBRE	Afectación de la calidad del aire por emisión de gases	-1	2	4	1	4	4	4	2	4	4	1	-38
9		Afectación a la salud de los pobladores y trabajadores por inhalación de gases	-1	1	2	2	2	4	2	2	4	4	1	-28
10		Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-76
11		Agotamiento del recurso hídrico	-1	4	2	2	2	2	4	2	4	4	2	-38
12		Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	8	4	4	2	4	4	2	4	1	4	-57
13		Alteración visual del paisaje	-1	4	4	4	2	4	4	2	4	1	2	-43
14		Alteración de la fauna por desemboque de efluentes	-1	8	2	4	4	4	8	2	4	1	2	-57
15		Alteración de la cobertura vegetal por desemboque de efluentes	-1	8	2	4	4	4	4	2	4	1	2	-53
16		Generación de enfermedades de los pobladores por efluentes	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
17		Generación de vectores que afectan la salud por los olores de los efluentes	-1	8	2	4	2	2	2	2	4	1	1	-46
18	Alteración de la calidad de vida por generación de olores de los efluentes	-1	8	2	4	2	2	2	2	4	1	1	-46	
19	DIVIDIDO	Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	1	1	1	2	2	2	1	1	4	2	-20
20	DESENCALADO	Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	8	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-62
21		Agotamiento de recursos hídricos	-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
22		Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
23		Alteración visual del paisaje	-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
24		Alteración de la fauna por desemboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54

25		Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
26		Generación de enfermedades de los pobladores	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
27	PIQUELADO	Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	12	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-74
28		Agotamiento de recursos hídricos	-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
29		Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
30		Alteración visual del paisaje	-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
31		Alteración de la fauna por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54
32		Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
33		Generación de enfermedades de los pobladores	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
34		CURTIDO	Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4
35	Agotamiento de recursos hídricos		-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
36	Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos		-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
37	Alteración visual del paisaje		-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
38	Alteración de la fauna por desesboque de efluentes		-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54
39	Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes		-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
40	Generación de enfermedades para los pobladores		-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
41	NEUTRALIZADO		Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	8	4	4	4	4	4	4	4	4	2
42		Agotamiento de recursos hídricos	-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
43		Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
44		Alteración visual del paisaje	-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
45		Alteración de la fauna por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54
46		Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
47		Generación de enfermedades para los pobladores	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
48		RECURTIDO	Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	12	4	4	4	4	4	4	4	4	2
49	Agotamiento de recursos hídricos		-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
50	Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos		-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
51	Alteración visual del paisaje		-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
52	Alteración de la fauna por desesboque de efluentes		-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54
53	Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes		-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
54	Generación de enfermedades para los pobladores		-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
55	TEÑIDO - ENGRASE		Afectación de la calidad del aire por emisión de vapores	-1	3	1	2	2	2	4	2	1	4	1
56		Afectación a la salud de los pobladores y trabajadores por inhalación de vapores	-1	8	1	2	2	4	4	2	4	4	1	-49
57		Alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos	-1	12	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-74
58		Agotamiento de recursos hídricos	-1	4	2	2	2	2	4	2	1	4	2	-35
59		Alteración de la calidad del suelo por efluentes peligrosos	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
60		Alteración visual del paisaje	-1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	2	-28
61		Alteración de la fauna por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	8	4	4	4	2	-54
62		Alteración de la cobertura vegetal por desesboque de efluentes	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	-50
63		Generación de enfermedades para los pobladores	-1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	-28
64		Agotamiento del recurso Hídrico	-1	1	2	1	2	2	4	1	1	4	1	-23

Fuente: Lazo (2017)

Haciendo un resumen de la Tabla anterior que de los 64 impactos generados por los efluentes de la curtiembre 3% son irrelevantes, 53% son moderados, 41% son severos y 3% son críticos. Lazo (2017).

Lo cual se puede resumir en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Impactos evaluados según relevancia

Valoración	Cantidad	Porcentaje (%)
Irrelevante	2	3
Moderada	34	53
Severa	26	41
Crítica	2	3
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>100</b>

Fuente: Lazo (2017)

**Tabla 13.** Matriz causa efecto de una curtiembre de mediana capacidad.

Curtiembre mediana del Parque Industrial Río Seco			ACCIONES DEL PROCESO PRODUCTIVO																	
			ritmo			energía y procesamiento					química				mantenimiento					
			primario	secundario	terciario	desarrollo y montaje	operación	mantenimiento	reparación	reemplazo	reparación	reemplazo	reparación	reemplazo	reparación	reemplazo	reparación	reemplazo		
FACTORES AMBIENTALES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	1. EMISION DE VAPORES	Afectación de la calidad de aire por emisión de vapores																	
		2. EMISION DE GASES	Afectación de la calidad de aire por emisión de gases																	
	AGUA	3. GENERACION DE EFLUENTES LIQUIDOS	Afectación de la calidad de agua por efluentes líquidos																	
		4. CONSUMO DE RECURSOS	Afectación del recurso hídrico																	
	SUELO	5. EMISION DE EFLUENTES SOLIDOS	Afectación de la calidad del suelo por efluentes sólidos																	
		6. GENERACION DE RESIDUOS DE EFLUENTES SOLIDOS	Afectación visual del paisaje																	
VEGETACION	7. EMISION DE EFLUENTES LIQUIDOS	Afectación de la flora por contaminación de efluentes																		
	8. EMISION DE EFLUENTES SOLIDOS	Afectación de la cobertura vegetal por contaminación de efluentes																		
POBLACION	9. EMISION DE EFLUENTES SOLIDOS	9. Contaminación de efluentes de los pobladores																		
		10. Generación de olores que afectan a la salud																		
	11. GENERACION DE OLORES	Afectación de la calidad de vida																		

N= impactos negativos  
Fuente: Lazo (2017)

### 3.6. CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA E INSUMOS UTILIZADOS EN EL PROCESO

Como se mencionó previamente la empresa trabaja con un promedio de 600 pieles de res al mes, cada piel tiene un peso entre los 20 y 30 Kg teniendo por tanto un promedio de 25 Kg, en cuanto al rendimiento tenemos que de los 25 Kg de piel se obtienen 4.5 Kg de cuero y 1.5 Kg de gamuza (Datos de campo, Curtiembre).

Al año se calcula que se procesan 180 toneladas de piel salada en esta curtiembre como productos se obtienen cuero de 25 kg de piel salada se obtienen 4.5 kg de cuero y 1.5 kg gamuza y gamuzón, en la empresa se trabaja de 9:00 am hasta las 5:00 pm. de lunes a sábado. Se cuenta con 6 trabajadores.

En este sentido y teniendo el diagrama de flujo verificado in-situ, se procedió a calcular la cantidad de agua y los insumos químicos usados en el proceso productivo, lo cual se resume en las siguientes tablas:

**Tabla 14.** Cálculo de la cantidad de agua empleada en el proceso de fabricación de cuero por una piel de 25 Kg.

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Litros de agua</b>
Recepción	1 piel de 25 kg de vacuno	-
Primer remojo	Lavado con bactericida + agua al 150%	37.5
	Se escurre el 100% del agua	
Remojo principal	Agua 100%	25
Lavado 1	Primer lavado al 150 % agua	37.5
Lavado 2	Segundo lavado 150 % agua	37.5
Lavado 3	Tercer lavado 150% agua	37.5
Pelambre	Se escurre el 50 % del agua	
	Agua al 100 %	25
Lavado 4	Agua al 100 %	25
Caleo	Agua al 100%	25



Lavado 5	Agua al 100%	25
Descarnado y dividido	La piel es dividida mecánicamente: cuero: 10 Kg + 15 Carnaza	
Lavado 6	Agua 100%	10
Desencalado	Agua 100%	10
Desengrasado	Agua 20%	2
Lavado 7	Agua 100 %	10
Lavado 8	Agua 100 %	10
Piquelado	Se escurre un 20 % del agua – adiciona Agua 80%	-
Curtido	Agua al 130%	13
Neutralizado	Se escurre el 100% agua – adiciona agua 80%	8
Lavado 9	Agua 100%	10
Recurtido	Se escurre el 30% del agua + agua 100%	10
Engrase y teñido	Se escurre el 100% agua + agua 100%	20
	<b>CANTIDAD DE AGUA POR CUERO DE 25 KILOS</b>	<b>378</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Lazo (2017)

**Tabla 15.** Cantidad de insumos químicos usados en el proceso productivo por una piel de 25 Kg:

PROCESO	INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Remojo	Humectante 0.3%	0.075	Kg
	Soda cáustica 0.05%	0.0125	Kg
	Enzimas remojo 0.05%	0.0125	Kg
Pelambre	Sulfuro de sodio 2%	0.5	Kg
	Cal 4%	1	Kg
	Amina de pelambre 1%	0.25	Kg
Caleo	Cal 1%	0.25	Kg
Desencalado	Desencalante (ácido bórico) 2%	0.5	Kg
	Bisulfito de sodio 2%	0.5	Kg
	Sulfato de amonio 1%	0.25	Kg
Desengrasado	Amonio cuaternario 0.15%	0.0375	Kg

Piquelado	Secuestrante de calcio 0.25%	0.0625	Kg
	Acido sulfúrico 1%	0.25	Kg
	Cloruro de sodio 5%	1.25	Kg
Curtido	Grasa sintética 0.5 %	0.125	Kg
	Sulfato básico de Cromo 8%	2	Kg
	Bicarbonato de Sodio 1%	0.25	Kg
	Cloruro de Sodio 6%	1.5	Kg
Neutralizado	Fumarato de Sodio 0.3%	0.075	Kg
	Bicarbonato de Sodio 0.5%	0.125	Kg
Recurtido	Recurtiente Sintético 1%	0.25	Kg
	Recurtiente vegetal 0.5%	0.125	Kg
Engrase	Grasa sintética 1.5%	0.375	Kg
Pintado y laqueado	Resina 0.5%	0.125	Kg
	Pintura 0.5%	0.125	Kg
	<b>PESO TOTAL</b>	<b>10.025</b>	<b>Kg</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Campos (2013)

Es decir que por cada piel de res de unos 25 kg de peso promedio se usan 378 litros de agua para obtener 4.5 kg de cuero y 1.5 kg de gamuza, si la empresa procesa 600 cueros mensuales se utilizan 22680 litros de agua (aproximadamente 226.8 m<sup>3</sup> de agua) mensuales.

La empresa se abastece de agua potable por SEDAPAR S.A. para uso doméstico y para el uso industrial se abastece del canal de agua de regadío, el agua ingresa a la empresa y se almacena en un pozo de 10 m<sup>3</sup>, para lo cual efectúa el pago de S/. 3 soles por cada m<sup>3</sup> Soles Mensuales a la Asociación de APYMECO que a su vez paga a los regantes del canal de Zamácola.

El consumo promedio de agua en la Empresa es de 35 m<sup>3</sup> (según recibo de SEDAPAR S.A.) y de 250 m<sup>3</sup> de agua provista por canal (Datos provisto por el propietario), por otra parte el agua del canal discurre libremente y al llenarse el pozo el agua rebosa en muchas ocasiones produciendo serios desperdicios de agua adicionales, esta cantidad de agua no se toma en cuenta ya que esto ocurre de manera esporádica y en cualquier momento lo cual hace muy difícil su cuantificación, adicionalmente debemos mencionar que tanto el agua de desagüe como los efluentes industriales se

evacuan de la empresa mediante un tubo que lleva los efluentes hacia la laguna de oxidación del Gobierno Regional de Arequipa lo cual produce la situación descrita en el primer capítulo de este trabajo.

**Tabla 16.** Balance de Materia en la Recepción y Remojo:

<b>Operación Unitaria</b>	<b>Recepción y Remojo</b>	
Materia Prima:	Pieles Vacunas Saladas 25% de Cloruro de sodio	1000 Kg (750 kg de piel) (250 Kg de Na Cl)
Insumos:	Humectante 0.3 %	3 Kg
	Soda Caustica 0.05 %	0.5 Kg
	Enzima de remojo 0.05 %	0.5 Kg
Agua	700%	7000 litros
<b>Total entradas</b>		<b>8004 Kg</b>
Productos	Piel limpia y sin sal	900 kg
Aguas residuales:		7104 Litros
<b>Total salidas</b>		<b>8004 kg</b>
Descarga total de efluentes líquidos		175 litros / piel Peso promedio de piel 25 Kg

Fuente: Elaboración Propia Basado en Silva (2011)

**Tabla 17.** Balance de Materia en el Pelambre

<b>Operación Unitaria</b>	<b>Pelambre</b>	
Materia Prima:	Pieles Vacunas Saladas	1000 Kg
Insumos:	Sulfuro de Sodio 2%	20 Kg
	Amina de pelambre (Dimetilamina) 1%	10 Kg
	Cal 4%	40 Kg
Agua	200%	2000 litros
<b>Total entradas</b>		<b>3070 Kg</b>
Productos	Piel en tripa	996 kg
Residuos Sólidos	Pelos, Grasa, etc.	50 Kg
Aguas residuales:		2024 Litros

<b>Total salidas</b>	<b>3070 kg</b>
Descarga total de efluentes líquidos	50 litros / piel Peso promedio de piel 25 Kg

Fuente: Elaboración Propia Basado en Silva (2011).

**Tabla 18.** Balance de Materia en el Curtido

<b>Operación Unitaria</b>	<b>Curtido</b>	
Materia Prima:	Pieles Dividas Piqueladas	1000 Kg
Insumos:	Sulfato básico de Cromo 8%	80 Kg
	Bicarbonato de sodio 1%	10 Kg
	Grasa Sintética 0.5%	5 Kg
	Sal 6%	60 Kg
Agua	130%	1300 litros
<b>Total entradas</b>		<b>2455 Kg</b>
Productos	Cuero Húmedo Wet bleu	1070 kg
Aguas residuales:		1385 Litros
<b>Total salidas</b>		<b>2445 kg</b>
Descarga total de efluentes líquidos		13 litros / piel Peso promedio de piel 10 Kg

Fuente: Elaboración Propia Basado en Silva (2011).

**Tabla 19.** Algunas características del proceso de curtido.

<b>Items verificados</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
Pieles recibas por mes	600	pieles
Peso promedio de cada piel	25	Kg/piel
Agua promedio consumida por unidad de piel recibida.	378	litros
Agua promedio consumida en el proceso productivo por tonelada de piel.	15120	Litros/Tm
Cantidad de insumos químicos utilizados en el proceso productivo por unidad de piel recibida	10.025	Kg/piel

Cantidad de insumos químicos utilizados en el proceso productivo por tonelada de piel	401	Kg/Tm
Peso promedio del cuero de salida por kilos	4.5 flor cuero 1.5 carnaza o gamuza	Kg
Peso promedio de cuero de salida por tonelada de piel por kilos	180 flor de cuero 60 carnaza o gamuza	kg

Fuente: Elaboración propia basado en Monroy *et.al* (2019).

## **CAPITULO IV**

# **PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA Y BIORREMEDIACIÓN PARA LAS CUTIEMBRES**

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA Y BIORREMEDIACIÓN PARA LAS CUTIEMBRES**

En este capítulo desarrollaremos las estrategias de PML dando una alternativa de Proceso Productivo con el objetivo de consumir menos agua en la producción y por tanto disminuir la cantidad de efluentes vertidos a las pozas de oxidación, a su vez que también disminuirémos la cantidad de químicos usados en el proceso y posterior vertido en los efluentes industriales de la curtiembre.

Seguidamente describiremos el proceso de Biorremediación de los efluentes industriales usando microflora nativa a fin de mitigar los impactos ambientales negativos.

Finalmente se hizo la propuesta de marketing ecológico y diseño de eco etiquetas que la empresa puede implementar a fin de dar a conocer a sus potenciales compradores los esfuerzos que se hacen para cumplir la normativa vigente y poder entrar a mercados internacionales con cuero para la exportación.

#### **4.1. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PML**

Son tres las estrategias propuestas para tener un proceso productivo alternativo donde los efluentes tengan menos carga contaminante y produzcan menor volumen de agua en el procesamiento de pieles, como se citó en el capítulo anterior las operaciones unitarias más críticas son el Pelambre y el Curtido porque estas son las que generan mayor contaminación a los vertidos líquidos de la curtiembre, en este mismo sentido se propuso:

- A) Reducción de sal en el tratamiento inicial de las pieles.
- B) Uso de enzimas en el proceso de Pelambre.
- C) Uso de ácido di carboxílico en el proceso de Curtido.

## A) REDUCCIÓN DE SAL EN TRATAMIENTO INICIAL DE LAS PIELES

Como se mencionó en el capítulo anterior las pieles llegan a la empresa con una concentración de sal de aproximadamente del 25%, es decir que por 1 tonelada de piel se usan 250 kg de sal, es importante decir que el transporte se realiza de día desde la ciudad de Juliaca a Arequipa son 4 horas de camino a pleno sol del día donde podemos alcanzar fácilmente los 23 °C de calor, y siendo que estas se apilan en camiones que se tapan con plástico para evitar el tema de las lluvias en la Sierra, llegando a Arequipa pueden alcanzar temperaturas internas de 2 o 3°C más en el interior de las pieles en un camión traen 300 pieles cada 15 días.

En este punto se propone reducir la cantidad de sal de las pieles que se reciben de un 25% a un 10%, esta disminución se acompañó del horario de llegada de carga en vez de que las pieles lleguen a medio día se solicitó al transportista que llegara entre 8:00 am y 9:00 am donde la temperatura ambiental en Arequipa oscila entre 12 °C y 15°C (Senamhi) además de que las pieles fueran almacenadas en la curtiembre bajo techo a fin de evitar la suba de temperatura y deterioro de las pieles.



**Foto 1. Recepción y almacenamiento de pieles**

En este mismo sentido al tener menor cantidad de sal del 25 % tradicional al 10% propuesto la cantidad de lavados después del remojo principal se redujo de 3 lavados a 2 lavado, para cuantificar y comparar las cantidades usadas antes después y ver la disminución de agua y sal veremos la siguiente tabla.



**Tabla 20. Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta PML de reducción de sal en la recepción**

Operación Unitaria	Recepción y Remojo		
	Proceso tradicional	Propuesta PML Recepción	Diferencia
Materia Prima	Pieles saladas 25% 750 Kg de piel 250 Kg de sal	Pieles saladas 10% 900 Kg de piel 100 Kg de sal	-15% o -150 Kg
Agua	700 % - 3 lavados luego del remojo principal 7000 litros/por tonelada de piel fresca	550 % - 2 lavadas luego del remojo principal 5500 litros/ por tonelada de piel fresca	-150% o -1500 litros

Elaboración propia.

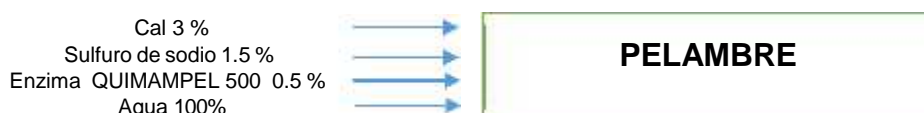
## B) USO DE ENZIMAS EN EL PROCESO DE PELAMBRE

En la etapa de Pelambre el objetivo es eliminar el pelo de la superficie de la piel, es decir depilar, además de hinchar la piel preparándola para el curtido.

Existen dos métodos para la depilación: una donde no se recupera el pelo porque se destruye que es el proceso que se usaba en la empresa y el otro que es el método propuesto donde se recuperó gran cantidad del pelo lo cual produjo menor contaminación de los efluentes.



En este trabajo de investigación se propuso trabajar con enzimas para reducir la cantidad de contaminantes químicos en este proceso, quedando la etapa de Pelambre de la siguiente manera:



En la siguiente tabla se compararon los dos procesos de pelambre, evaluando y cuantificando los insumos químicos utilizados.

**Tabla 21. Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta PML en el pelambre usando enzimas.**

Operación Unitaria	Pelambre en 1000 Kg de pieles saladas humedecidas				
	Proceso tradicional	Cantida d/Kg o litros	Propuesta PML Recepción	Canti- dad /Kg	Diferencia
Insumos	Sulfuro de sodio 2%	20	Sulfuro de sodio 1.5%	15	-5 kg
	Amina de Pelambre 1%	10	Enzima 0.5%	5	
	Cal 4%	40	Cal 3%	30	-10 Kg
Agua	200 %	2000	200 %	2000	-
Residuos sólidos (pelos, grasa, sal)	5%	50	18%	180	-130 Kg

Elaboración propia



**Foto 2. Proceso de Pelambre**

### **C) USO DE ÁCIDOS DI CARBOXÍLICO EN EL PROCESO DE CURTIDO**

Para esta tercera estrategia utilizaremos ácido fórmico que es un ácido dicarboxílico puesto que: tienen una muy alta eficacia, pues asegura que el cromo utilizado en el proceso de curtición penetre en todo el grosor del cuero sin reaccionar prematuramente con las fibras de colágeno es de

fácil manejo, lograda calidad del artículo final (cuero) y también un precio muy competitivo según las referencias bibliográficas consultadas.

Se trabajo en la etapa de curtido y el proceso Tradicional es de la manera siguiente:



Propuesta de PML con el uso de ácido fórmico en la etapa de curtido:



En este proceso se logra una significativa reducción del cromo del 8% inicial a 5 % en el nuevo proceso teniendo en cuenta que esta disminución se consigue con el uso de otros productos como el ácido fórmico.

**Tabla 22. Diferencias entre el proceso tradicional y la propuesta PML en el Curtido usando ácido fórmico.**

Operación Unitaria	CURTIDO en 1000 Kg de pieles saladas humedecidas				
	Proceso tradicional	Canti- dad /Kg o litros	Propuesta PML Recepción	Canti- dad /Kg o litros	Diferencia
Insumos	Sulfuro básico de cromo 8%	80	Sulfuro básico de cromo 5%	50	-30 Kg
	Bicarbonato de sodio 1%	10	Bicarbonato de sodio 1%	10	-
	Grasa Sintética 0.5%	5	Grasa Sintética 0.5%	5	-
	Sal 6%	60	Sal 6%	60	-
			Ácido fórmico 1%	10	+10Kg
Agua	130 %	1300	130 %	1300	-

Elaboración propia.

#### 4.2. BIORREMEDIACIÓN: TRATAMIENTO DEL EFLUENTE

Se realizó una muestra compuesta de las aguas del proceso productivo reuniendo 150 litros, se tomó una muestra para realizar los análisis de

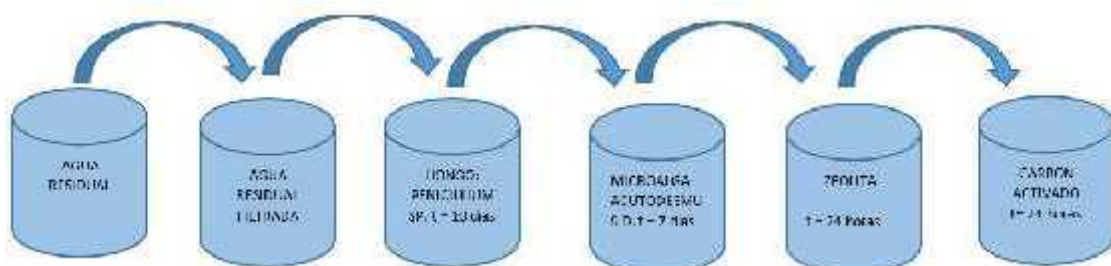
laboratorio respectivos, los parámetros analizados son los requeridos por el N° 003-2002-PRODUCE, Límites Máximos Permisibles, LMP decreto que regula, las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, la infraestructura sanitaria, las maquinarias y los equipos, y de asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento del efluente se llevó a cabo en etapas, el agua compuesta inició el proceso primero con los hongos, luego con la microalga, para continuar con la zeolita y culminar con el carbón activado en un equipo diseñado para tal fin, cada una de las celdas (3) de vidrio tiene unas paletas de agitación con motor (250 RPM).

Para tratar el efluente se reprodujo la biomasa de los hongos *Penicillium* sp. y de la microalga *Acutodesmus dimorphus* en el laboratorio, tanto las cepas de hongo como de microalga fueron proporcionadas por proyecto titulado “Implementación de un sistema mixto integrado por hongos nativos aislados, microalgas (Cyanophytas, Clorophytas) y materiales de adsorción (zeolita y carbón activado) para la remediación de efluentes de curtiembres del Parque Industrial de Rio Seco – Arequipa”.

En el siguiente gráfico y fotos se observan las etapas de Biorremediación y las fotos de l para tratar el efluente de la curtiembre.

**Gráfico 8. Etapas de la Biorremediación**





**Foto 3. Equipo de biorremediación**

Se trabajó con el *Penicillium sp.* seleccionado para esta investigación por parte del proyecto que se ocupó de los hongos titulado “Tratamiento de efluentes de Curtiembres utilizando hongos nativos filamentosos y carbón activado para la remoción de cromo”.

Una vez obtenida las cepas purificadas de *Penicillium sp.* se procedió a la siembra en Agar Papa Dextrosa para obtener la cantidad requerida, en el estudio de los hongos se determinó que se debía trabajar con 0.22 g de hongo/ 100 ml. de efluente, por tanto, era necesario contar con una biomasa fúngica de 110 g. de hongo para cada recipiente de 50 litros.



**Foto 4. Biomasa de Penicillium  
comunis**



**Foto 5. Siembra de hongo  
Penicillium comunis en APD**



**Foto 6. Placa de Penicillium comunis**

En la siguiente etapa se trabajó con las microalgas *Acutodesmus dimorphus* seleccionadas para esta investigación por parte del proyecto titulado “Biorremediación de efluentes de curtiembre del Parque industrial de Río Seco, Arequipa, Utilizando las microalgas *Acutodesmus dimorphus* y *Arthrospira platensis*”.

Obtenida las microalgas se procedió a su reproducción en medio Bold's Basal Medium Modified (BBMM) para la microalga *Acutodesmus dimorphus*. se mantuvieron en condiciones de aireación y luz artificial constante por espacio de 15 días.



**Foto 7. Biomasa de *Acutodesmus dimorphus* en medio (BBMM)**

#### **4.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA CURTIEMBRE**

La muestra de agua residual de curtiembre, sin ningún tratamiento, se caracteriza por tener color oscuro, espuma, sedimentos y olor desagradable; de la misma manera se realizaron los análisis para evaluar los parámetros establecidos por norma.

Los 150 litros para este estudio se obtuvieron de la siguiente manera, se tomaron muestras de agua de las principales etapas de producción de cuero, a saber, remojo principal, pelambre, caleo, desencalado, piquelado, curtido, neutralizado y engrase, en cada de una se recolecto 20 litros. Cada una de las etapas tiene características muy variadas en cuanto a pH y composición ya que cada una usa diferentes compuestos químicos y la mezcla compuesta representa el medio donde se desarrollan una múltiple variedad de organismos que están adecuados a estas condiciones de desarrollo.

La muestra de agua se filtró para eliminar las mayor cantidad de residuos sólidos (pelos, grasa, tierra, etc.), en una malla raschel verde que tenía un gramaje de 150 g/m<sup>2</sup>, posterior a la filtración se procedió a tomar la muestra para los análisis respectivos.





**Foto 8. Filtrado de la muestra**

**Tabla 23.** Resultados del agua residual de la curtiembre sin ningún tratamiento.

PARÁMETROS	UNIDADES	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	PROMEDIO
		01 - AR	02-AR	03-AR	
Ph		8	7.9	8	8.0
Temperatura	°C	22	22	22	22.0
Solidos totales Suspendidos	mg/L	5792	4864	4998	5218.0
Nitrógeno amoniacal	mg/L	835	847	841	841.0
Sulfuros	mg/L	54.7	48	55.5	52.7
Aceites y grass	mg/L	404	329	376	369.7
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3330	3520	3280	3376.7
Demanda química oxígeno	mg/L	9032	10494	10060	9862.0
Coliformes Termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cromo	mg/L	524	552	563	546.3

Referencia informe de análisis 2-02855/19

#### **4.2.2. AGUA RESIDUAL CON HONGO PENICILLIUM COMUNIS**

Una vez obtenida la muestra filtrada tenemos 150 litros que se distribuyeron en 3 celdas.

Cada 110 g. de biomasa de hongos se pusieron en contacto con el agua residual, estuvieron 12 días sumergidas en el efluente a temperatura ambiente, sin luz y sin agitación dado que los hongos necesitan estas condiciones para su mejor desarrollo.



Pasados los 12 días se tomó una muestra del efluente y se observó gran cantidad de sedimento, del tanque 1 de 50 l., 15 l. de sedimento y 35 l. de sobrenadante, del tanque 2 de 50 l. 17 l. sedimento y 33 l. se sobrenadante y del tanque 3 de 50 l. 19 l. de sedimento y 31 l., se trasvaso el sobrenadante a otras celdas para continuar el trabajo con la microalga. Del sobrenadante de cada tanque, se tomó una muestra y se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 24.** Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con el hongo *Penicillium comunis*

PARÁMETROS	UNIDADES	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	PROMEDIO
		01 AR 2	02 AR 2	03 AR 2	
Ph		8	7.9	8	8.0
Temperatura	°C	22	22	22	22.0
Solidos totales suspendidos	mg/L	264	315	301	293.3
Nitrógeno amoniacal	mg/L	841	828	860	843.0
Sulfuros	mg/L	15.7	6	7.075	9.6
Aceites y grass	mg/L	9.8	12.6	10.2	10.9
Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/L	2525	2630	2670	2608.3
Demanda química oxígeno	mg/L	5062	5215	4859	5045.3
Coliformes termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cromo	mg/L	15.6	14.7	15.8	15.4

Referencia informe de análisis 2-03222/19

#### 4.2.3. AGUA RESIDUAL CON MICROALGA ACUTODESMUS DIMORPHUS

El líquido sobrenadante de cada uno de los tanques que quedan posterior al tratamiento con el *Penicillium sp.*, es tanque 1, 35 l. de sobrenadante, del tanque 2, 33 l. se sobrenadante y del tanque 3 y 31 l, para los análisis de laboratorio se retiraron 5 l. de cada uno, por tanto, quedaron 30 l. en el tanque 1, 28 l. tanque 2 y 26 l. tanque 3.

Se realizó el trabajo con la microalga *Acutodesmus dimorphus* la concentración es de  $8.18 \times 10^6$  (n cell/ml) se utilizó en una proporción de 15 ml por cada 85 ml de agua residual, se realizó en 3 recipientes de vidrio de 35 litros de volumen cada uno, con paletas de agitación con motor (250 RPM), pasados 7 días se hicieron análisis a los 3 tanques obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 25.** Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con la microalga *Acutodesmus dimorphus*.

PARÁMETROS	UNIDADES	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	PROMEDIO
		T 01 AR -3	T02 AR 3	T03 AR-3	
Ph		8	7.9	8	8.0
Temperatura	°C	22	22	22	22.0
Solidos totales Suspendidos	mg/L	547	491	528	522.0
Nitrógeno amoniacal	mg/L	691	712	659	687.3
Sulfuros	mg/L	2.596	2.59	2.263	2.5
Aceites y grass	mg/L	3.6	3.4	3.5	3.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1943	1953	1878	1924.7
Demanda química oxígeno	mg/L	3892	3966	3986	3948.0
Coliformes termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cromo	mg/L	10.8	9.9	10.3	10.3

Referencia informe de análisis 2-03254/19

#### 4.2.4. AGUA RESIDUAL CON ZEOLITA Y CARBÓN ACTIVADO

A continuación del trabajo con la *Actodesmus d.* se separó la microalga por decantación teniendo un volumen de 35 litros aproximadamente repartidos en 3 tanques, en cada uno de los tanques de vidrio se añadió zeolita por espacio de 24 horas a una concentración de 2g/litro de agua residual, la zeolita fue proporcionada por el Proyecto de Investigación.

Posteriormente al tratamiento con la zeolita se tomó una muestra se realizaron análisis de laboratorio obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 26.** Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con zeolita.

PARÁMETROS	UNIDADES	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	PROMEDIO
		T01AR-4	T02AR-4	T03AR-4	
Ph		8	7.9	8	8.0
Temperatura	°C	22	22	22	22.0
Solidos totales suspendidos	mg/L	596	520	601	572.3
Nitrógeno amoniacal	mg/L	581	612	542	578.3
Sulfuros	mg/L	1.351	1.774	1.395	1.5
Aceites y grass	mg/L	3.8	4.1	3.6	3.8
Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/L	2097	1866	1860	1941.0
Demanda química oxígeno	mg/L	3613	3619	3606	3612.7
coliformes termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cromo	mg/L	5.1	4.4	4.5	4.7

Referencia informe de análisis 2-03265/19

El carbón activado se usó en una proporción de 10 g /litro de agua residual con una agitación constante de 250 RPM por espacio de 24 horas en las celdas de vidrio destinadas al proceso de biorremediación, se tomó una muestra a las 3 muestras y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 27.** Resultados del agua residual de la curtiembre de cada tanque después del tratamiento con carbón activado.

PARÁMETROS	UNIDADES	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	PROMEDIO
		T01-AR 5	T02-AR 5	T03-AR 5	PROMEDIO
Ph		8	7.9	8	8.0
Temperatura	°C	22	22	22	22.0
Solidos totales Suspendidos	mg/L	435	352	397	394.7
Nitrógeno amoniacal	mg/L	548	590	513	550.3
Sulfuros	mg/L	1.891	2.225	0.28	1.5
Aceites y grass	mg/L	2.2	2.6	1.8	2.2
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1046	1212	783	1013.7

Demanda química oxígeno	mg/L	2141	2324	1761	2075.3
Coliformes termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cromo	mg/L	4.1	3.5	3.5	3.7

Referencia informe de análisis 2-03266/19

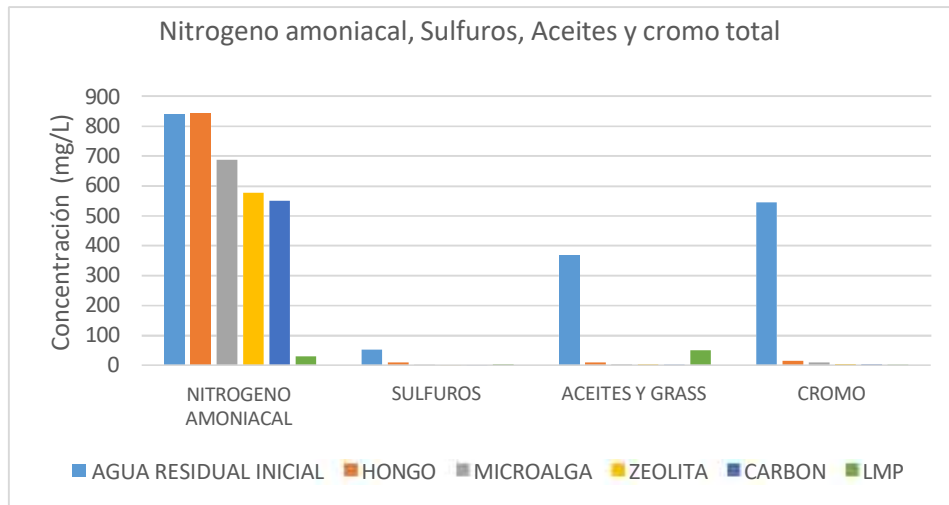
A manera de resumen en la siguiente tabla se presenta los valores de cada uno de promedios de los tratamientos.

**Tabla 28.** Resumen de los Parámetros usando los promedios cada una de las etapas de Biorremediación comparado con los LMP.

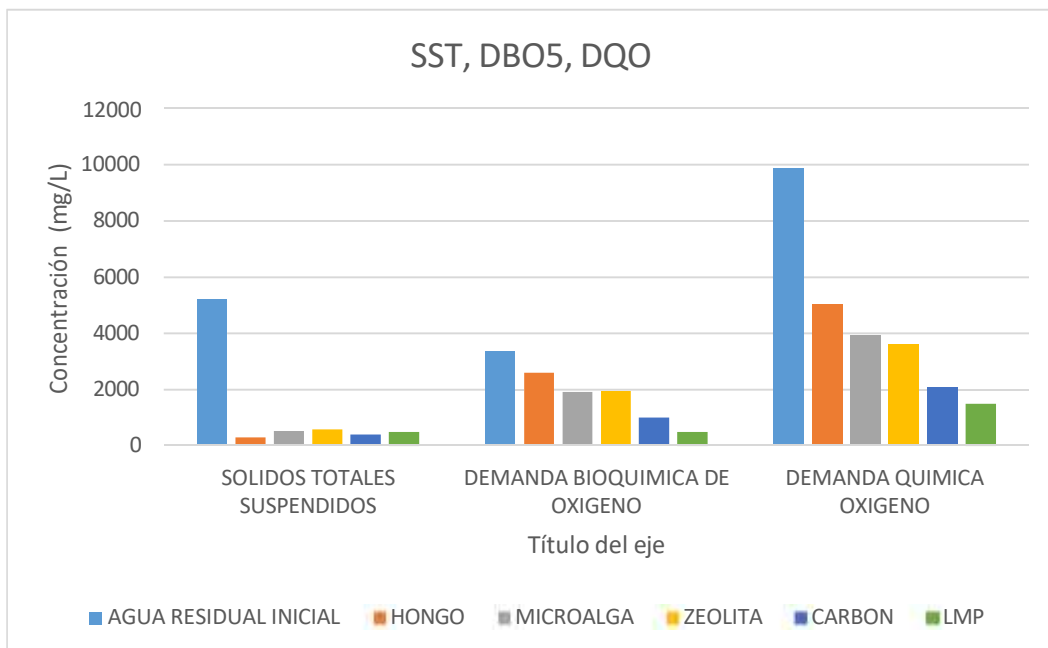
PARÁMETROS	UNIDADES	AGUA RESIDUAL INICIAL	HONGO	MICRO-ALGA	ZEO-LITA	CARBON	LMP
Ph		8	8	8	8	8	6 a 9
Temperatura	°C	22	22	22	22	22	<35
Sólidos totales suspendidos	mg/L	5218	293.3	522	572.3	394.7	500
Nitrógeno amoniacal	mg/L	841	843	687.3	578.3	550.3	30
Sulfuros	mg/L	52.7	9.6	2.5	1.5	1.5	3
Aceites y grasas	mg/L	369.7	10.9	3.5	3.8	2.2	50
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3376.7	2608.3	1924.7	1941	1013.7	500
Demanda química oxígeno	mg/L	9862	5045.3	3948	3612.7	2075.3	1500
Coliformes termotolerables	mg/L	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	-
Cromo hexavalente	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.4
Cromo	mg/L	546.3	15.4	10.3	4.7	3.7	2

En los siguientes gráficos se observan los resultados del Proceso de Biorremediación comparado con los Límites Máximos Permitidos (LMP):

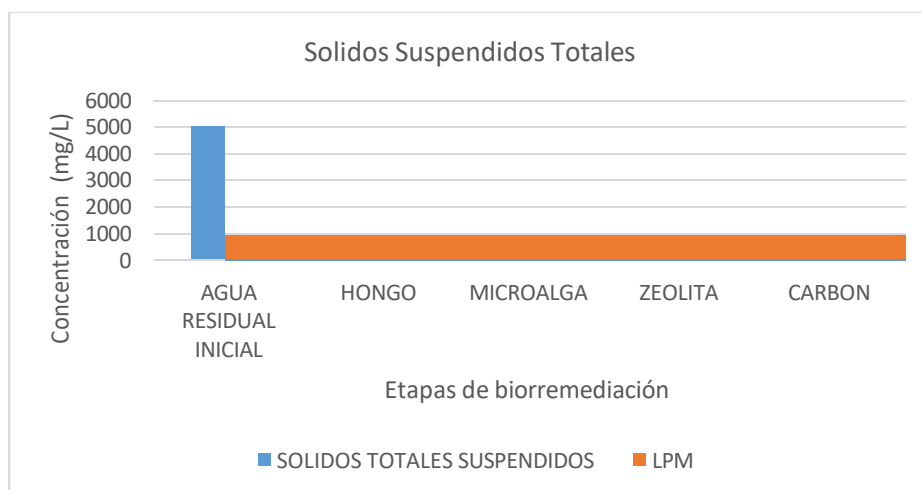
**Gráfico 9.** Concentración de los parámetros vs. Nitrógeno amoniacal, Sulfuros, Aceites y Cromo total



**Gráfico 10.** Concentración de parámetros vs. Solidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno.

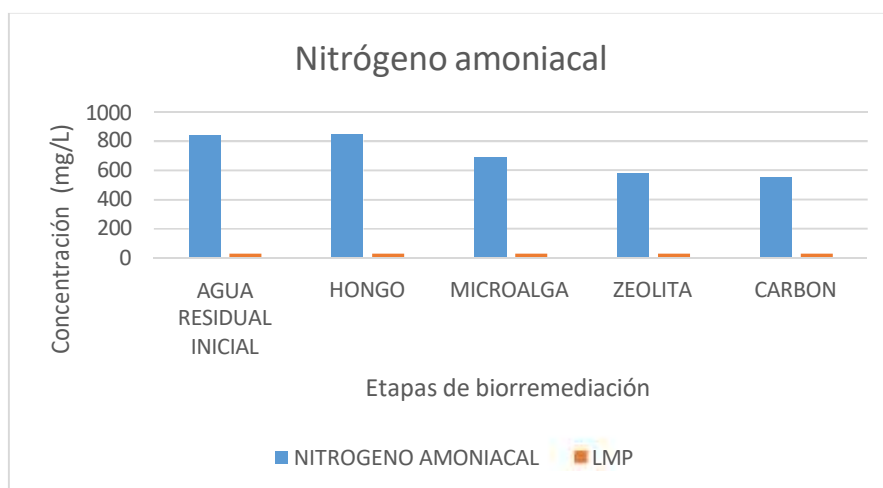


**Gráfico 11.** Variación de los SST en las diferentes etapas de Biorremediación



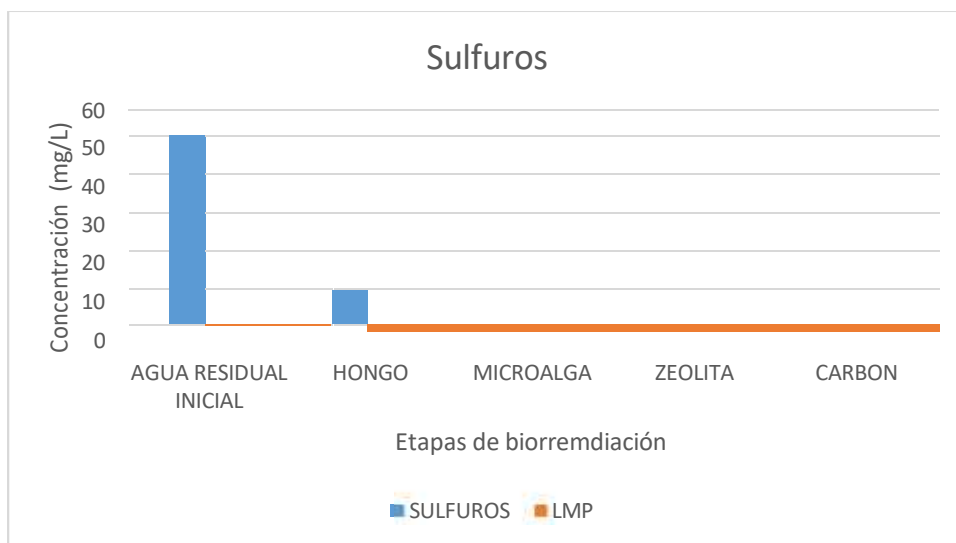
Para el caso de los SST hubo una reducción del 94%, los valores obtenidos están por debajo de lo que dicta la Norma, ya que después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 394.7 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 500 (mg/L).

**Gráfico 12.** Variación del Nitrógeno Amoniacal en las diferentes etapas de Biorremediación



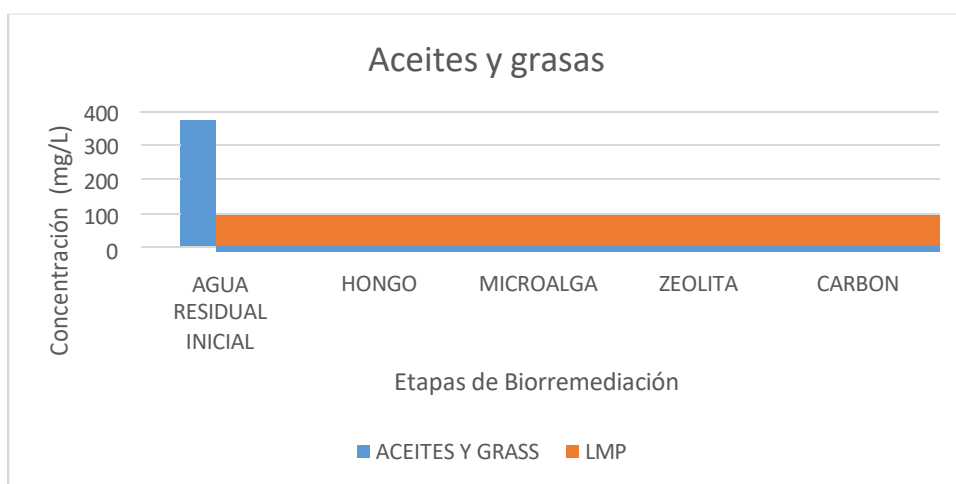
En cuanto al Nitrógeno amoniacal hubo una reducción del 35% si bien los valores obtenidos están por encima de lo que dicta la Norma, ya que después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 550.3 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 30 (mg/L), es una reducción significativa.

**Gráfico 13.** Variación de los Sulfuros en las diferentes etapas de Biorremediación



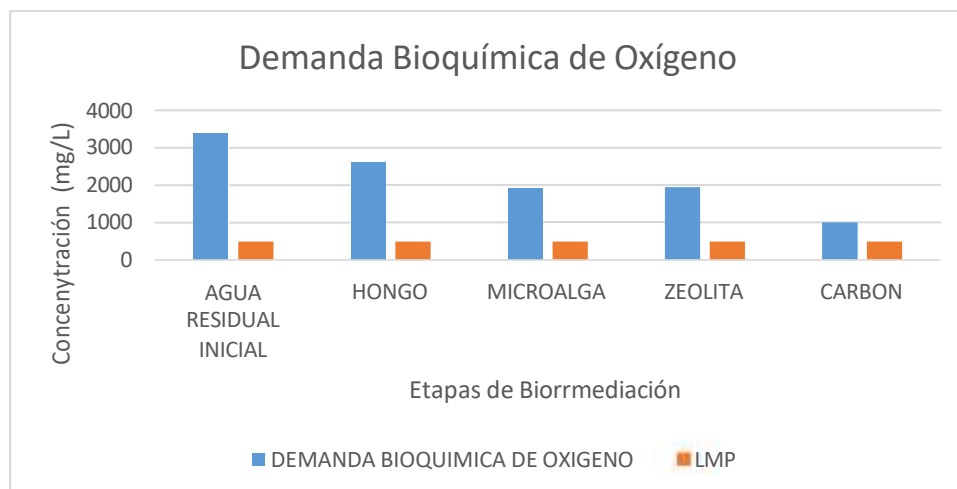
Así mismo, los sulfuros al igual que los SST se encuentran por debajo de los LMP, y disminuyó en 97% al final respecto al del proceso en relación con el agua residual inicial, ya que después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 1.5 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 3 (mg/L).

**Gráfico 14.** Variación de los Aceites y Grasas en las diferentes etapas de Biorremediación



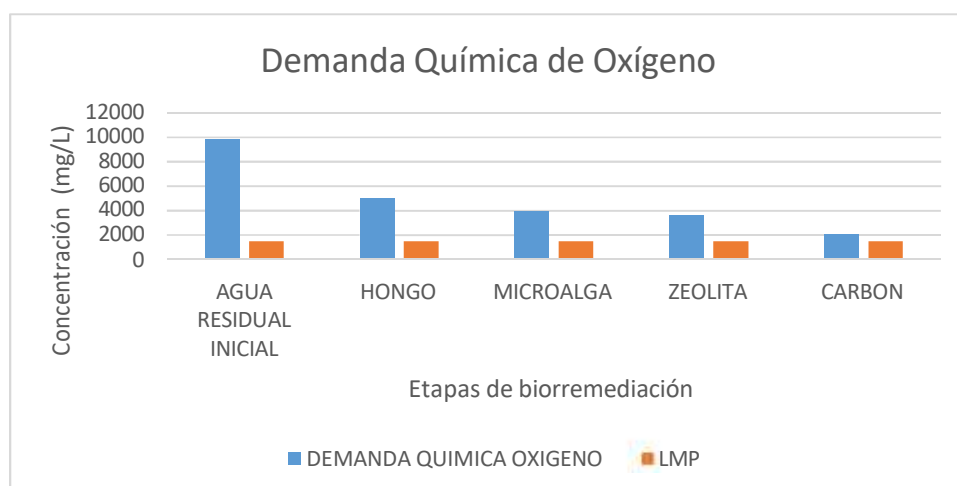
Del mismo modo los Aceites y grasas disminuyeron en un 99% del valor inicial, igual que los SST y los sulfuros se encuentran por debajo de los LMP, ya que después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 2.2 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 50 (mg/L).

**Gráfico 15.** Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en las diferentes etapas de Biorremediación



En el mismo orden de ideas, hubo una disminución de la cantidad de la DBO<sub>5</sub> final con respecto al a los valores del Agua residual inicial, la reducción fue del 70% si bien los valores obtenidos están por encima de lo que dicta la Norma, ya que después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 1013.7 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 30 (mg/L), es una reducción significativa.

**Gráfico 16.** Variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las diferentes etapas de Biorremediación

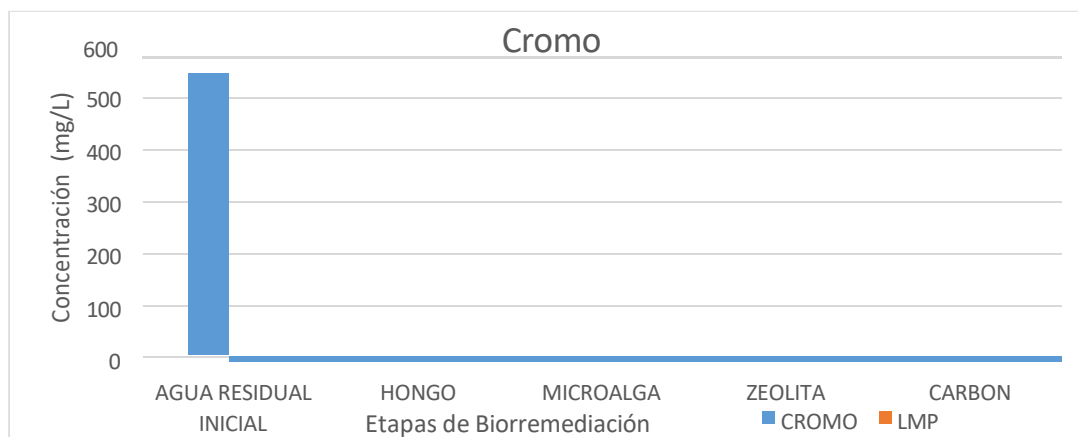


Para el caso de la DQO los resultados obtenidos nos demuestran una reducción del 78.9% entre el agua residual inicial y después del carbón activado, si bien estos valores están por encima de los LMP, ya que



después del Proceso de Biorremediación obtuvimos 2075.3 (mg/L) y el valor Máximo indicado por la Norma es de 1500 (mg/L), se logró un descenso elocuente.

**Gráfico 17.** Variación del Cromo Total en las diferentes etapas de Biorremediación



Finalmente para el caso del cromo se obtuvo una reducción del 99% respecto al valor inicial, si bien el valor obtenido del cromo no se encuentran por debajo de los LMP, ya que después del proceso de Biorremediación se obtuvo 3.7 mg/L y la norma indica 2 mg/L, se obtuvo una disminución muy importante.

#### 4.3. PROPUESTA PARA MEJORAR DE LA COMUNICACIÓN EMPRESARIAL

La implementación de un plan comunicacional es muy importante para la empresa ya que permite informar a los potenciales compradores los cambios realizados en la curtiembre, lo cual supone procesos más amigables con el medio ambiente, esto con el fin de que los consumidores prefieran estos productos sobre el de sus competidores dándoles un factor diferenciador.

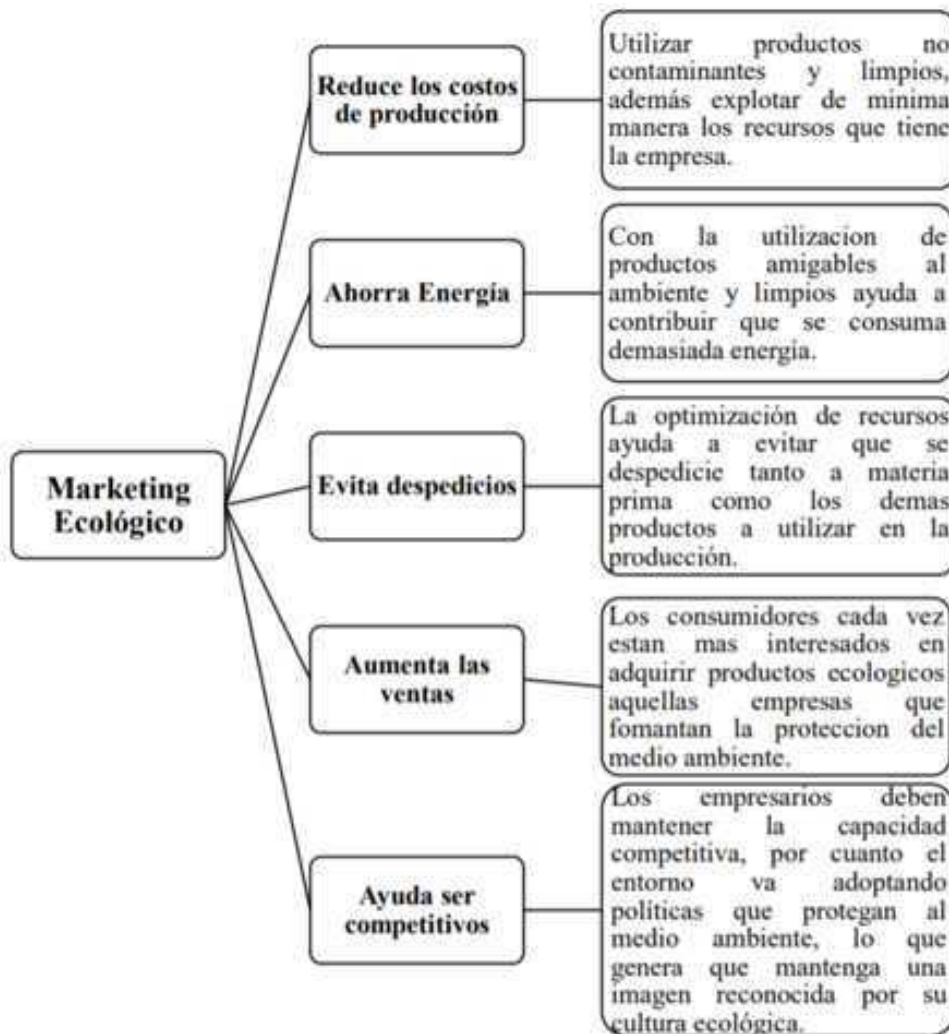
La propuesta de marketing ecológico, busca el mismo fin del marketing convencional, aumentar el número de ventas y atraer nuevos consumidores, muchas veces incluso los compradores están dispuestos a

pagar más por un producto que si bien le satisface la misma necesidad con la misma calidad, es un producto que tiene menor impacto ambiental en su elaboración. Rincón (2012).

A esto debe sumarse la creciente conciencia que se ha venido despertando en los consumidores de países desarrollados principalmente, para quienes el desempeño ambiental de los productos se ha convertido en un importante factor diferenciador para la toma de la decisión de compra (Borin, et al., 2011).

Algunas ventajas del marketing ecológico se pueden ver en el siguiente gráfico:

**Gráfico 19.** Marketing ecológico



Fuente: Pazmiño (2019)

Como parte del plan de comunicación de la empresa se proponen los ejes de la campaña publicitaria basados en el marketing ecológico permite impulsar las ventas, las cuales buscan generar un alto índice de rentabilidad para las empresas. Rincón (2012).

**Descripción del producto** Un producto con altos estándares de calidad, con excelentes acabados, calidad y lo más importante con un proceso de producción ecológico, que genera responsabilidad y conciencia con el entorno. El producto estará abalado por un eco-etiqueta (logo) de campaña que aparecerá en los productos elaborados en cuero, denotará que son productos que están elaborados a partir de una producción más limpia, pensando en el bienestar del medio ambiente.

**Beneficio discriminador** Contar con un logo de sello ambiental, generara en el consumidor credibilidad e interés por adquirir productos con conciencia ambiental que replantean su actual proceso de elaboración y trabajo por uno que genere estabilidad económica y medio ambiental.

**Insight** Los productos elaborados en cuero generan un impacto ambiental negativo para el medio ambiente, la industria de las curtiembres no tiene conciencia, y su proceso de acabado de cueros daña el medio ambiente.

**Razón para creer** La implementación de una producción más limpia generar un proceso de elaboración de cuero donde se reducirán la cantidad de desperdicios, se re utilizara el material en la medida que sea posible, se utilizara adecuadamente los materiales y se desecharán correctamente los desperdicios.

**Claim** (afirmación que se hacen acerca del funcionamiento del producto) El cuero, con la misma calidad de siempre, pero con un proceso de producción ecológica.

## **Eco-etiqueta**

Reinhardt (2000) indica que las eco-etiquetas son una herramienta para que un producto ambientalmente amigable mejore su posición competitiva en el mercado. En primera medida, las compañías deben identificar mercados o crear nichos específicos en los cuales los clientes estén dispuestos a pagar valores adicionales por las bondades extras incorporadas en los productos. En segunda medida, se deben idear mecanismos para comunicar de manera creíble y confiable los atributos de los productos, resaltando su desempeño ambiental. Por último, es de vital importancia establecer mecanismos que reduzcan el riesgo de imitación por parte de los competidores, lo que puede afectar directamente el atributo diferenciador y en la misma vía la ventaja competitiva que se posea.

En este sentido las eco-etiquetas constituyen uno de los mecanismos más utilizados para comunicar las ventajas ambientales de los productos a los consumidores, debido a los altos niveles de confiabilidad que genera el hecho que sean entidades externas las encargadas del proceso de certificación (Luna, 2013).



**PRODUCCIÓN MAS LIMPIA  
EN NUESTROS CUEROS**

Fuente: Elaboración propia basado en Rincón (2012)

**CAPITULO V**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN  
MAS LIMPIA Y BIORREMEDIACIÓN**

## CAPITULO V

### EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA Y BIORREMEDIACIÓN

#### 5.1. RESULTADOS ANALÍTICOS

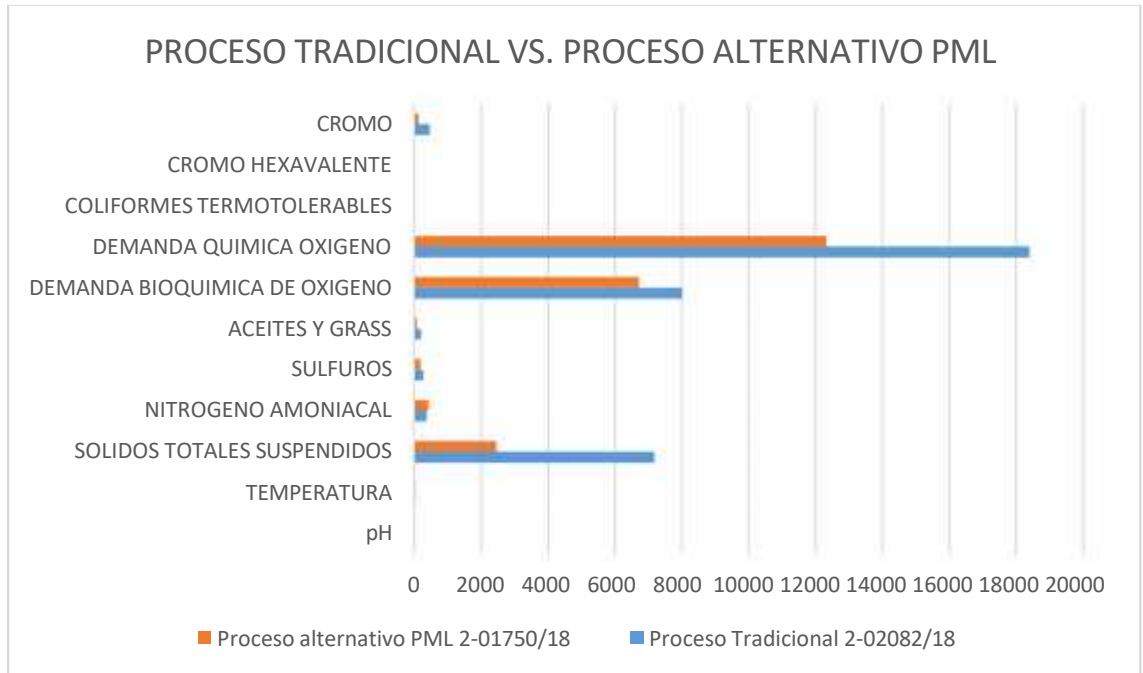
Para analizar la eficiencia de las propuestas de PML en el proceso alternativo y poder compararlo con el proceso tradicional se toma las muestras del efluente de los dos procesos a fin de poder compararlos obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 30. Análisis del Agua Residual comparando el Proceso Tradicional vs. El Proceso Alternativo PML.**

PARÁMETROS	Proceso Tradicional	Proceso alternativo PML
	2-02082/18	2-01750/18
pH	8	8
Temperatura	22	22
Solidos totales suspendidos	7181	2456
Nitrógeno amoniacal	367	424.6
Sulfuros	270.2	180.6
Aceites y grass	201.2	75.2
Demanda bioquímica de oxígeno	8010	6720
Demanda química oxígeno	18396	12326.8
Coliformes termotolerables	<1.8	<1.8
Cromo hexavalente	< 0.001	< 0.001
Cromo	460.8	123

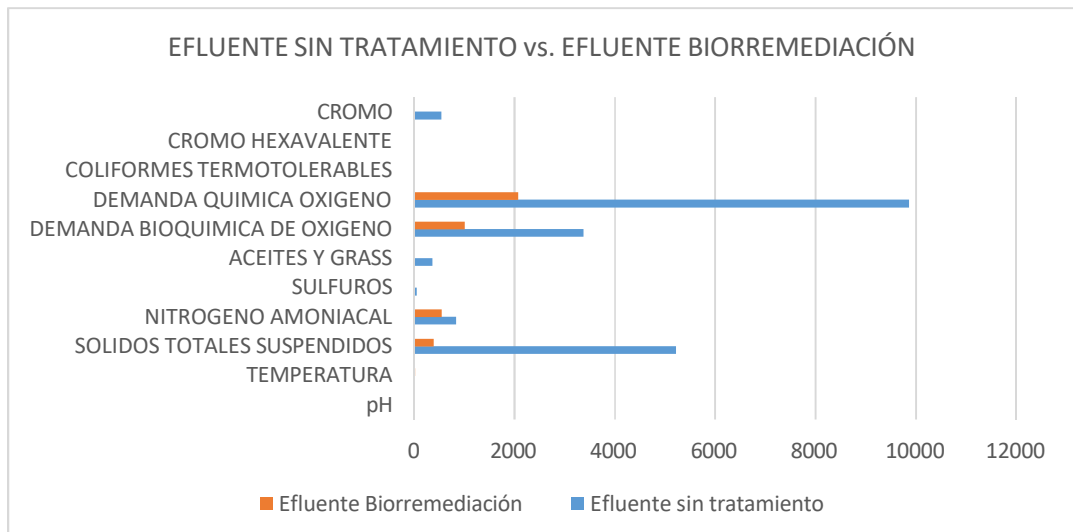
Elaboración propia.

**Gráfico 20 Análisis del agua residual de un Proceso Tradicional vs. el Proceso alternativo PML.**



Como se observa en el gráfico anterior el Proceso Tradicional muestra mayor concentración de sustancias contaminantes que el Proceso alternativo, de aquí podemos analizar que los SST se redujeron en 65.8 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 33.2%, los aceites y grasas 62.6%, la DQO 33%, la DBO5 disminuyó en 16% y el valor más significativo se obtuvo en el cromo con una reducción del 73%.

**Gráfico 21. Análisis del agua residual sin tratamiento vs. el Efluente tratado con Biorremediación**



Del Gráfico 19 podemos afirmar que después del proceso de Biorremediación de los efluentes de la curtiembre se obtuvieron los siguientes resultados: los SST se redujeron en 94 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 97%, el nitrógeno amoniacal se redujo en 35%, los aceites y grasas 99%, la DQO 78.9%, la DBO5 disminuyó en 70% y en el cromo una reducción del 99%.

## 5.2. ANALISIS ESTADISTICO

En las siguientes Tablas se evaluará si el valor calculado del estadístico de prueba  $t_c$  pertenece a la región crítica entonces se rechaza  $H_0$  caso contrario se acepta  $H_0$ . La región crítica (RC) es dada por:  $RC = \{-t, t\}$ , en que  $t$  es el cuantil relacionado con el nivel de significancia,  $\alpha$ , asociada a la prueba estadística. Si se usa el valor  $p$  en la prueba estadística entonces si el valor  $p < \alpha$  entonces se rechaza  $H_0$  si el valor  $p \geq \alpha$  entonces no se rechaza  $H_0$ . El nivel de significancia en este trabajo se fijó en  $\alpha = 0.05$ .

La Tabla 30 muestra los valores iniciales para todos los parámetros a ser estudiados. Nótese que se consideró 3 muestras para este estudio para cada. Los parámetros estudiados en este trabajo son:

- Sólidos totales suspendidos (STS)
- Nitrógeno amoniacal (NiAm)
- Sulfuros Aceites y grasas (AyG)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Cromo

**Tabla 31.** Mediciones iniciales para los parámetros bajo estudio.

Mediciones Iniciales				$\bar{x}$	$s_x$
STS	5792	4864	4998	5218	501.59346
NiAm	835	847	841	841	6
Sulfuros	54.7	48	55.5	52.733333	4.1186567
AyG	404	329	376	369.66667	37.898989



DBO	3330	3520	3280	9862	126.6228
DQO	9032	10494	10060	546.33333	750.84219
Cromo	524	552	563		20.108042

En la siguiente Tabla se muestra las medias y desviación estándar muestral para todos periodos de estudio y los diferentes parámetros.

**Tabla 32.** Media y desviación estándar muestrales para los parámetros estudiados en los diferentes tiempos bajo diferentes agentes.

		STS	NiAm	Sulfuros	AyG	DBO	DQO	Cromo
Hongo	↖	293.3333	843	9.591667	10.866667	2608.333	5045.333	15.366667
	↘	26.35021	16.09348	5.3172087	1.5143756	74.88881	178.584247	0.5859465
Microalga	↖	522	687.3333	2.483	3.5	1924.667	3948	10.333333
	↘	28.47806	26.68957	0.1905492	0.1	40.72264	49.517674	0.450925
Zeolita	↖	572.3333	578.3333	1.506667	3.833333	1941	3612.667	4.666667
	↘	45.39089	35.07611	0.2325604	0.2516611	135.13327	6.506407	0.3785939
Carbón	↖	394.6667	550.3333	1.465333	2.2	1013.667	2075.333	3.7
	↘	41.54917	38.55299	1.0400242	0.04	216.31998	287.186931	0.3464102

En la primera parte del experimento se aplicó el hongo A por 10 días, luego fue aplicado la microalga B por 7 días luego fue aplicado el agente zeolita y finalmente carbón. De esta forma se tiene las comparaciones a seguir:

- Inicio y hongo A
- Microalga B y hongo A
- Zeolita y microalga B
- Carbón y Zeolita

En la Tabla 32 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para STS. Se observa que el hongo si redujo el nivel de STS en comparación a la medición inicial. En comparación de la microalga y hongo se observa que no hay disminución del nivel de STS. Seguidamente, no existe disminución del nivel de STS bajo el efecto de la zeolita. Finalmente, el efecto del carbón si tiene efecto en la disminución de STS.

**Tabla 33.** Comparaciones para los diferentes agentes: STS.

<b>comparación</b>	<b><math>t_c</math></b>	<b>valor <math>p</math></b>	<b>decisión</b>
hongo A – inicio	-16.164	0.001903	Se rechaza $H_k$
microalga B– hongo A	7.4003	0.9911	No se rechaza $H_k$
zeolita – microalga B	3.9573	0.9708	No se rechaza $H_k$
carbón – zeolita	-13.338	0.002787	Se rechaza $H_k$

En la Tabla 33 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para el NiAm. Se observa que en nivel de NiAm no ha disminuido cuando se le aplica el hongo. Sin embargo, aplicando la microalga, zeolita y carbón en todas las fases del experimento, si se tiene evidencia para indicar que si bajó el nivel de NiAm.

**Tabla 34.** Comparaciones para los diferentes agentes: NiAm.

<b>comparación</b>	<b><math>t_c</math></b>	<b>valor <math>p</math></b>	<b>decisión</b>
hongo A – inicio	0.17936	0.5629	No se rechaza $H_k$
microalga B – hongo A	-6.3022	0.01213	Se rechaza $H_k$
zeolita – microalga B	-22.097	0.001021	Se rechaza $H_k$
carbón – zeolita	-8.7104	0.006463	Se rechaza $H_k$

En la Tabla 34 muestra los resultados de las pruebas de hipótesis de los sulfuros. Se observa que el hongo A si redujo el nivel de sulfuro en comparación a las mediciones iniciales. En comparación de la microalga y hongo se observa que no hay disminución del nivel de sulfuros. Luego, la zeolita si redujo el nivel de sulfuros en la muestra en relación a la microalga. El carbón no redujo el nivel de sulfuros en la muestra.

**Tabla 35.** Comparaciones para los diferentes agentes: sulfuros.

<b>comparación</b>	<b><math>t_c</math></b>	<b>valor <math>p</math></b>	<b>decisión</b>
hongo – inicio	-15.519	0.002063	Se rechaza $H_k$
microalga – hongo	-2.3501	0.07159	No se rechaza $H_k$
zeolita – microalga	-7.223	0.009317	Se rechaza $H_k$
carbón – zeolita	-0.076907	0.4728	No se rechaza $H_k$

En la Tabla 35 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis de AyG. Se observa que el hongo si redujo el nivel de AyG en relación a la medición inicial. En la comparación de la microalga y hongo se observa que si hay disminución del nivel de AyG. De esta forma si hay una disminución del nivel de AyG hasta esta fase del experimento. La zeolita no disminuye el nivel de AyG y finalmente el carbón si disminuye en relación a la zeolita.

**Tabla 36.** Comparaciones para los diferentes agentes: AyG.

comparación	$t_c$	valor $p$	decisión
hongo – inicio	-15.785	0.001995	Se rechaza $H_0$
microalga – hongo	-7.9386	0.00775	Se rechaza $H_0$
zeolita – microalga	1.7961	0.8928	No se rechaza $H_0$
carbón – zeolita	-18.52	0.001451	Se rechaza $H_0$

En la Tabla 36 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para DBO. Se observa que el hongo A si redujo el nivel de DBO en relación a la medición inicial. En la comparación de la microalga y hongo se evidencia que existe una disminución del nivel de DBO, así se tiene que hasta esta fase del experimento existe una disminución del nivel de DBO. Luego, la aplicación de la zeolita no disminuye el nivel de DBO y finalmente la aplicación del carbón si disminuye el DBO en relación a la zeolita.

**Tabla 37.** Comparaciones para los diferentes agentes: DBO.

comparación	$t_c$	valor $p$	decisión
hongo A – inicio	-9.2702	0.005719	Se rechaza $H_0$
microalga B – hongo A	-11.261	0.003897	Se rechaza $H_0$
zeolita – microalga B	0.22794	0.5796	No se rechaza $H_0$
carbón – zeolita	-6.7752	0.01055	Se rechaza $H_0$

En la Tabla 37 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para DQO. Se observa que el hongo si redujo el nivel de DQO en relación a la medición inicial. En comparación de la microalga y hongo se evidencia que existe una disminución del nivel de DQO. Nótese que hasta esta fase

del experimento existe una disminución del nivel de DQO. Luego, la aplicación de la zeolita y seguidamente del carbón también disminuyen el nivel de DQO. En cada fase del experimento si hay reducción del nivel de DQO.

**Tabla 38.** Comparaciones para los diferentes agentes: DQO.

comparación	$t_c$	valor $p$	decisión
hongo – inicio	-11.362	0.003829	Se rechaza $H_0$
microalga – hongo	-9.5869	0.005353	Se rechaza $H_0$
zeolita – microalga	-11.278	0.003885	Se rechaza $H_0$
carbón – zeolita	-9.484	0.005468	Se rechaza $H_0$

En la Tabla 38 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para el nivel de cromo. Se observa que el hongo si redujo el nivel de cromo en relación a la medición inicial. Se observa también que en todas las fases del experimento se tiene evidencia para indicar que si existe disminución del nivel de cromo en las muestras.

**Tabla 39.** Comparaciones para los diferentes agentes: cromo.

comparación	$t_c$	valor $p$	decisión
hongo – inicio	-45.617	0.0002401	Se rechaza $H_0$
microalga – hongo	-21.571	0.001071	Se rechaza $H_0$
zeolita – microalga	-64.254	0.0001211	Se rechaza $H_0$
carbón – zeolita	-29	0.0005935	Se rechaza $H_0$

Del análisis estadístico podemos desprender que el tratamiento con el hongo *Penicillium* sp. es el más efectivo con respecto a los otros componentes del sistema mixto y logra la disminución de todos los parámetros que indica la Norma LMP Mediante Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, reduciendo hasta 99% de cromo.

Se usó 0,2 g /100 ml de hongo logrando una disminución de Cromo+3 desde 546.3 ppm en el agua residual de inicio hasta 15.4 ppm en un lapso de 10 días con una disminución muy significativa en la cantidad de cromo, la reducción del cromo se debe según algunas fuentes a una variedad de mecanismos para la unión y remoción de metales por parte de los hongos

que van desde interacciones fisicoquímicas al nivel de la superficie celular, tales como la adsorción, hasta procesos dependientes del metabolismo celular, como la acumulación intracelular o la precipitación extracelular del metal como consecuencia de la excreción de los metabolitos (García, 2004), en este estudio el *Penicillium* inhibe su crecimiento a 250 ppm de cromo, en nuestro trabajo se usaron concentraciones de cromo de 546.3 ppm y el cromo precipitó ya que el agua se encuentra a un pH de 8.

Después del tratamiento con los hongos *Penicillium* sp., en el pH hubo una disminución, los SST disminuyeron en un 64% esto debido principalmente a que los hongos facilitan la sedimentación de los sólidos, por los diversos componentes que excretan y que contienen en su pared celular como la quitina (Haeng et al, 2010; Radhika et.al 2016), de la misma forma los aceites y grasas se redujeron en un 50 %, presumiblemente por la acción que tienen las enzimas fúngicas (Radhika et.al 2016), adicionalmente la DBO5 y la DQO se redujeron significativamente en un 32% y 40% respectivamente debido que la mayoría de componentes orgánicos del efluente de la curtiembre sedimentaron, en cuanto a los sulfuros y al N-NH4 estos parámetros aumentan debido a que los compuestos orgánicos presentes se encuentran en degradación, en cuanto a los coliformes la variación es mínima.

Así mismo, con el trabajo de la microalga *Acutodesmus* d. se obtuvieron estos resultados: los SST disminuyeron en 43.6%, los aceites y grasas disminuyeron un 37.4%, la DBO5 y DQO un 42.5%, los sulfuros 56.3 % y el cromo total 28.9%. Se compararon los resultados obtenidos y realizados sobre tratamiento de aguas residuales utilizando microalgas. En estos estudios, tuvieron concentraciones iniciales de cromo total inferiores a las reportadas, menores de 15 mg/L (Das et al., 2018) (Ballén-Segura et al., 2016) (Ajayan et al., 2015). (Ballén-Segura et al., 2016) obtuvo muy altos porcentajes de remoción de DBO5 y DQO, superiores al

80%, sin embargo, solo removió 7% de cromo total; es decir, en este trabajo la especie *Scenedesmus* sp. no logró una adecuada remoción.

Sin embargo (Ajayan et al., 2015) obtuvo con la misma especie 63% de remoción. Posiblemente las condiciones de cultivo influyeron en estos resultados, ya que la diferencia de remoción es notable. (Das et al., 2018) logró un porcentaje de remoción del 90% a los 20 días.

Diversos estudios indican que los metales son retenidos en la biomasa algal; por la alta afinidad biomasa-metal, que le confiere la capacidad de remover metales pesados a las microalgas (Hamdy, 2000) y pueden ser utilizadas como materiales biosorbentes (Doshi, Seth, Ray, & Kothari, 2008).

Esta capacidad de remoción se presenta por diversos factores como: la composición de las superficies celulares, la presencia de grupos funcionales cargados negativamente, la composición química del agua que va a ser tratada, etc. (Monteiro et al., 2012).

La Composición de la pared celular tiene mucha importancia ya que la alta capacidad de retener metales pesados puede ser atribuida a la composición de la superficie celular que contienen grupos funcionales cargados negativamente que pueden reaccionar con las especies metálicas (Crist et al., 1988)(Suresh Kumar et al., 2015)(Çetinkaya Dönmez, Aksu, Öztürk, & Kutsal, 1999) (Monteiro et al., 2012). En las microalgas se presentan: polisacáridos, proteínas, lípidos que brindan diversos grupos funcionales: (carboxil  $-\text{COOH}$ ; hidroxil  $-\text{OH}$ ; fosfato  $-\text{PO}_3$ ; amino  $-\text{NH}_2$ ; sulfhidril  $-\text{SH}$ ) (Monteiro et al., 2012)(Suresh Kumar et al., 2015). Las principales moléculas con mayor afinidad a los metales son: carboxil, anillos aromáticos, hidroxil, amina, fosfato, carbonil, amida (Nurchi, V.M. & Villaescus, 2012).

### 5.3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En la Tabla 11 de la valoración de los impactos ambientales generados en la curtiembre según Lazo (2017) hay 2 impactos que son críticos en la etapa de Pelambre en el ítem 10 que indica la alteración de la calidad del agua por efluentes peligrosos y en el ítem 34 en la etapa de curtido, ambos procesos fueron trabajados en este proyecto, consiguiendo mitigar el impacto ambiental ya que en estas etapas implementando las propuestas PML o el tratamiento de Biorremediación se reduce la intensidad de la alteración del agua por los efluentes generados por la curtiembre, esto se puede ver mejor en la siguiente tabla, que nos muestra la mitigación del impacto ambiental al reducir las 2 etapas críticas a severas.

**Tabla 40.** Impactos evaluados según relevancia.

Proceso tradicional			Proceso PML o Biorremediación		
Valoración	Cantidad	Porcentaje(%)	Valoración	Cantidad	Porcentaje (%)
Irrelevante	2	3	Irrelevante	2	3
Moderado	34	53	Moderado	34	53
Severo	26	41	Severo	28	44
Crítico	2	3	Crítico	0	0
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100</b>

En la tabla anterior podemos observar que las etapas críticas de 2 después del Proceso PML o de Biorremediación las etapas críticas se han eliminado demostrando la mitigación del impacto ambiental de los efluentes en la curtiembre.

### 5.4. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PML

Mediante la ejecución de medidas de PML, la curtiembre ha conseguido reducir el consumo de agua e insumos químicos, así como disminuir la cantidad de descargas contaminantes. A su vez, estas medidas de PML constituyó una opción para mejorar desempeño ambiental de la empresa.

En la siguiente Tabla se detallan los costos asociados al proceso de Producción en la Curtiembre con el Proceso Tradicional para posteriormente comparar estos valores con el Proceso implementando las propuestas PML

**Tabla 29.** Costos de insumos asociados a un Proceso de Producción Tradicional.

PROCESO	INSUMOS	CANTI-DAD	UNI-DAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
Remojo	Humectante 0.3%	0.075	Kg	8.375	0.628125
	Soda cáustica 0.05%	0.0125	Kg	4.355	0.0544375
	Enzimas remojo 0.05%	0.0125	Kg	13.25	0.165625
	Agua 250%	0.0625	m3	3	0.1875
Lavado 1	Agua 150%	0.0375	m3	3	0.1125
Lavado 2	Agua 150%	0.0375	m3	3	0.1125
Lavado 3	Agua 150%	0.0375	m3	3	0.1125
Pelambre	Sulfuro de sodio 2%	0.5	Kg	3.853	1.9265
	Cal 4%	1	Kg	0.67	0.67
	Amina de pelambre 1%	0.25	Kg	10.05	2.5125
	Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Lavado 4	Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Caleo	Cal 1%	0.25	Kg	0.67	0.1675
	Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Lavado 5	Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Descarnado - dividido	Servicio tercerizado s/1.5 por manta	1	S/.	1.5	1.5
Lavado 6	Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Desencalado	Desencalante (ácido bórico) 2%	0.5	Kg	1.3	0.65
	Bisulfito de sodio 2%	0.5	Kg	3.317	1.6585
	Sulfato de amonio 1%	0.25	Kg	1.407	0.35175
Desengrasado	Agua 20%	0.02	Kg	3	0.06
	Amonio cuaternario 0.15%	0.0375	m3	2.345	0.0879375
Lavado 7	Agua 100%	0.01	m3	3	0.03



Lavado 8	Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Piquelado	Secuestrante de calcio 0.25%	0.0625	Kg	5.025	0.3140625
	Acido sulfúrico 1%	0.25	Kg	6.7	1.675
	Cloruro de sodio 5%	1.25	Kg	0.268	0.335
	Agua 80%	0.008	m3	3	0.024
Curtido	Grasa sintética 0.5 %	0.125	Kg	4.188	0.5235
	Sulfato básico de cromo 8%	2	Kg	7.203	14.406
	Bicarbonato de sodio 1%	0.25	Kg	3.35	0.8375
	Cloruro de sodio 6%	1.5	Kg	0.268	0.402
	Agua 130%	0.013	Kg	3	0.039
Neutralizado	Fumarato de sodio 0.3%	0.075	Kg	5.193	0.389475
	Bicarbonato de sodio 0.5%	0.125	Kg	3.35	0.41875
Lavado 9	Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Recurtido	Recurtiente sintético 1%	0.25	Kg	4.03	1.0075
	Recurtiente vegetal 0.5%	0.125	Kg	2.68	0.335
Engrase	Grasa sintética 1.5%	0.375	Kg	3.57	1.33875
	Agua 200%	0.02	m3	3	0.06
Pintado y laqueado	Resina 0.5%	0.125	Kg	2.5	0.3125
	Pintura 0.5%	0.125	Kg	3	0.375
				<b>TOTAL</b>	<b>34.1709125</b>

Referencia: Elaboración propia

Tenemos entonces que el costo en insumos para cada piel que se va a procesar es de S/. 34.17 soles, y si en la empresa se procesan 600 pieles mensuales tenemos un costo de insumos de S/. 20, 442.00 soles mensuales, lo cual nos dan un total anual de S/. 245,304.00 Soles.

**Tabla 30. Costos de insumos asociados a un Proceso PML.**

<b>INSUMOS</b>	<b>CANTI- DAD</b>	<b>UNI- DAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (S/.)</b>	<b>TOTAL (S/.)</b>
Humectante 0.3%	0.075	Kg	8.375	0.628125
Soda caústica 0.05%	0.0125	Kg	4.355	0.0544375
Enzimas remojo 0.05%	0.0125	Kg	13.25	0.165625
Agua 250%	0.0625	m3	3	0.1875
Agua 150%	0.0375	m3	3	0.1125
Agua 150%	0.0375	m3	3	0.1125
Sulfuro de sodio 1.5%	0.375	Kg	3.853	1.444875
Cal 3%	0.75	Kg	0.67	0.5025
Enzima quimanpel 500 0.5%	0.125	Kg	12.05	1.50625
Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Cal 1%	0.25	Kg	0.67	0.1675
Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Agua 100%	0.025	m3	3	0.075
Servicio tercerizado s/1.5 por manta	1	S/.	1.5	1.5
Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Desencalante (ácido bórico) 2%	0.5	Kg	1.3	0.65
Bisulfito de sodio 2%	0.5	Kg	3.317	1.6585
Sulfato de amonio 1%	0.25	m3	1.407	0.35175
Agua 20%	0.02	Kg	3	0.06
Amonio cuaternario 0.15%	0.0375	m3	2.345	0.0879375
Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Secuestrante de calcio 0.25%	0.0625	Kg	5.025	0.3140625
Acido sulfúrico 1%	0.25	Kg	6.7	1.675
Cloruro de sodio 5%	1.25	Kg	0.268	0.335
Agua 80%	0.008	m3	3	0.024
Grasa sintética 0.5 %	0.125	Kg	4.188	0.5235
Sulfato básico de cromo 5%	1.25	Kg	7.203	9.00375
Bicarbonato de sodio 1%	0.25	m3	3.35	0.8375

Ácido fórmico 1%	0.25		10.5	2.625
Cloruro de sodio 6%	1.5	Kg	0.268	0.402
Agua 130%	0.013	Kg	3	0.039
Fumarato de sodio 0.3%	0.075	Kg	5.193	0.389475
Bicarbonato de sodio 0.5%	0.125	Kg	3.35	0.41875
Agua 100%	0.01	m3	3	0.03
Recurtiente sintético 1%	0.25	Kg	4.03	1.0075
Recurtiente vegetal 0.5%	0.125	Kg	2.68	0.335
Grasa sintética 1.5%	0.375	Kg	3.57	1.33875
Agua 200%	0.02	m3	3	0.06
Resina 0.5%	0.125	Kg	2.5	0.3125
Pintura 0.5%	0.125	Kg	3	0.375
			<b>TOTAL</b>	<b>29.62579</b>

Si el costo en insumos para cada piel que se va a procesar implementando las mejoras PML es de S/. 29.63 soles, y si en la empresa se procesan 600 pieles mensuales tenemos un costo de insumos de S/. 17, 775.47 soles mensuales, lo cual nos dan un total anual de S/. 213,305.7 Soles.

Entonces se puede observar que hay una disminución del costo de producción y por tanto un ahorro al implementar estas estrategias de PML en el proceso productivo, asimismo podemos indicar que el ahorro mensual es de S/. 2, 666.53 y el anual asciende a S/. 30, 348.3

Aparte de los beneficios económicos están los beneficios ambientales que involucra la implementación de este proceso con las mejoras de PML, donde los SST se redujeron en 65.8 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 33.2%, los aceites y grasas 62.6%, la DQO 33%, la DBO5 disminuyó en 16% y el valor más significativo se obtuvo en el cromo con una reducción del 73%.

## 5.5. ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN

Para el tratamiento de los efluentes por biorremediación el sistema mixto, con hongos, microalgas, zeolita y carbón activado, para llevar a cabo esta propuesta se planteó la construcción de 2 pozas a fin de tratar el efluente, el costo de la construcción de las 2 pozas de 2M<sup>3</sup> cada una es de S/.

10,000.00 Soles, en la parte superior de las pozas habrá solo una entrada de 90 cm<sup>2</sup> a esto con el fin de poder mantenimiento y limpieza a las pozas. Y se determinó que el costo de operación será un 10%, es decir S/.1,000.00 mensuales.

## 5.6. CALCULO DEL VAN Y TIR

Para poder comparar el beneficio del proyecto se usó el valor COK (Costo de Oportunidad del capital) de la bolsa de Valores de Lima 25%.

**Tabla 31. Flujo de Caja.**

<b>FLUJO DE CAJA</b>						
<b>INGRESOS</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Ahorro implementación de las estrategias PML	-30384	30384	30384	30384	30384	30384
Ahorro por posibles multas OEFA (1 UIT)	-4300	4300	4300	4300	4300	4300
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>-34684</b>	<b>34684</b>	<b>34684</b>	<b>34684</b>	<b>34684</b>	<b>34684</b>
<b>EGRESOS</b>						
Construcción de 2 pozas de sedimentación tratamiento de efluentes	10000					
Mantenimiento (5%)	500	500	500	500	500	500
Depreciación (5%)	500	500	500	500	500	500
Operación (10%)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Préstamo bancario TEA (25%)	0	13750				
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>-12000</b>	<b>-15750</b>	<b>-2000</b>	<b>-2000</b>	<b>-2000</b>	<b>-2000</b>
<b>FLUJO NETO</b>	<b>-46684</b>	<b>18934</b>	<b>32684</b>	<b>32684</b>	<b>32684</b>	<b>32684</b>

Elaboración propia

De la Tabla anterior obtenemos los siguientes valores de VAN y TIR

VAN = S/. 99,398.07      TIR= 51%

Se obtuvo un valor de TIR del 51% que es mayor que el COK 25%, lo cual demuestra la viabilidad del proyecto, además de obtener un VAN de S/. 99,398.07.

## CONCLUSIONES

- ) Esta investigación permitió conocer la problemática que causan los efluentes industriales en el Parque Industrial de Río en la ciudad de Arequipa.
- ) Se resumieron planteamientos teóricos sobre la producción más limpia, biorremediación e impactos ambientales negativos producidos por las curtiembres.
- ) La gestión actual en una empresa curtidora en Arequipa demuestra que no se controla la cantidad de agua que se usa en el proceso ni tampoco los efluentes que vierte a los cuerpos de agua circundantes. Se obtuvieron los siguientes datos: se usan por cada tonelada de piel salada, 15.12 m<sup>3</sup> de agua, 401 Kg de insumos químicos, se obtienen 180 Kg de cuero y 60 Kg de gamuza.
- ) La implementación de las propuestas de Producción Más Limpia (reducción de sal de las pieles, uso de enzimas pelambre, uso de ácido dicarboxílico en el curtido) permiten mitigar la contaminación de los efluentes de las curtiembres, se usan 1.5 m<sup>3</sup> y 40 Kg de insumos químicos menos por tonelada de piel salada y los SST se redujeron en 65.8 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 33.2%, los aceites y grasas 62.6%, la DQO 33%, la DBO5 disminuyó en 16% y el valor más significativo se obtuvo en el cromo con una reducción del 73%.
- ) El sistema de Biorremediación propuesto (Hongos, microalgas, zeolita y carbón activado), permite la disminución de la contaminación de los efluentes de las curtiembres, se obtuvieron los siguientes resultados: los SST se redujeron en 94 %, los sulfuros así mismo disminuyeron en 97%, el nitrógeno amoniacal se redujo en 35%, los aceites y grasas 99%, la DQO 78.9%, la DBO5 disminuyó en 70% y en el cromo una reducción del 99%.

## RECOMENDACIONES

- ) En este trabajo el agua residual se preparó mezclando el efluente de cada proceso para obtener una sola muestra y hacer todas las pruebas con una sola muestra, sería mejor tratar el agua de cada proceso por separado ya que la complejidad de las sustancias químicas presentes en la mezcla compuesta hace difícil un mejor manejo.
- ) Dado que se obtuvieron los mejores resultados con los hongos *Penicillium* comunis y el carbón activado el proceso podría reducirse a usar estos y eliminar los otros elementos del sistema de biorremediación.
- ) Un trabajo de investigación que puede realizarse a partir de este estudio, por ejemplo el uso de software de simulación de Sistemas dinámicos de Forrester.
- ) Otra investigación que podría hacerse es trabajar más propuestas de Producción Más Limpia ya que en este estudio solo se implementaron tres propuestas en las etapas del proceso productivo (Recepción, Pelambre y Curtido).

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Abreu, J.** (2012). Hipótesis, método & diseño de investigación (hypothesis, method & research design). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187-197.
2. **Ackerley DF, Gonzalez CF, Keyhan M, Blake IIR, Matin A** (2004) Mechanism of chromate reduction by the *E. coli* protein, NfsA, and the role of different chromate reductases in minimizing oxidative stress during chromate reduction. *Environ Microbiol* 6(8):851–860
3. **Abdel-Raouf, N, Al-Homaidan A.A y Ibraheem, I.B.M.** (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal Biologyque Science*. Jul; 19(3): 257–27.doi: 10.1016/j.sjbs.2012.04.005
4. **Akinici IE, Akinci S** (2010) Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.). *African J Biotechnol* 9(29):4589–4594
5. **APHA-AWWA-WPCF**, (1992), Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, Editorial Díaz de Santos, S.A, España.
6. **Aravindan Rajendran y Bo Hu** (2016). Mycoalgae biofilm: development of a novel platform technology using algae and fungal cultures. *Biotechnol Biofuels*. doi: 10.1186/s13068-016-0533-y
7. **Ardila Forero, Liliana** (2012). Medición de la capacidad de *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* para la remoción de cromo de aguas de curtiembre. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
8. **Asfaw A, Sime M, Itanna F** (2012) Determining the effect of tannery effluent on seeds germination of some vegetable in Ejersa areas of east Shoa. *Ethiopia Int J Sci Res* 2(12):1–10
9. **Bárcena Carpio, Jonathan** (21 Feb 2015 | 23:30 h) Autoridad del agua multa al Gobierno Regional por contaminar Añashuayco. *Diario La República*. Disponible en <https://larepublica.pe/archivo/857749-autoridad-del-agua-multa-al-gobierno-regional-por-contaminar-anashuayco>

10. **Beltrán-Pineda Mayra Eleonora y Gómez-Rodríguez Alida Marcela** (2016). Biorremediación de metales pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg) Mecanismos bioquímicos e Ingeniería genética: una revisión. Universidad Militar Nueva Granada. España. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/2027/1835>
11. **Bolan N, Kunhikrishnan A, Thangarajan R, Kumpiene J, Park J, Makino T, Kirkham M and Scheckel K.**(2014). Remediation of heavy metal (loid)s contaminated soils-to mobilize or to immobilize. *Journal of Hazardous Material*, 266: 141-166.
12. **Bravo, C., Miguel, H., Vargas Parker, R., Téllez Monzón, L., Coral, C., Flor, M., ... & Visitación Figueroa, L.** (2013). Influencia del uso de acompletejantes en el baño de curtido sobre la calidad final del cuero. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(4), 388-397.
13. **Buljan J., G. Reich y L. Ludvik,**(2000), Mass balance in leather processing,» United Nations Industrial Development Organization UNIDO.
14. **Caballero Romero, Alejandro E.** (2008) Innovaciones en las guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado. Instituto Metodológico Alen Caro. 1ra Edición. Perú.
15. **Campos, C., V. J.** (2013). Análisis y mejora de procesos de una curtiembre ubicada en la ciudad de Trujillo.
16. **Cantera C.** (2004) Proceso de depilado conservador del pelo. El estrato corneo como barrera difusiva .Injuria química y mecánica de la epidermis. *Tecnología del Cuero*; 11:518-20.
17. **Cañizares Villanueva Rosa O.** (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Rev Lat Microb*, 42:131-143.
18. **Cárdenas Cerón, J.** (2012). Diseño de una metodología para la selección de esquemas de mejoramientos alcanzados con PML. Caso: cadena del cuero del Valle del Cauca. Universidad Del Valle -Facultad De Ingeniería,



Santiago de Cali. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8110/1/CB-0461302.pdf>.

19. **Carmona Moreno, Eva y Magán Díaz, Amalia.** (2008) La estrategia ambiental definición y tipologías. Asociación Europea de Dirección y Economía de Empresa. International Conference. Brasil. ISBN 978-84-691-5667-4. pág. 541-554. Disponible.<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2774945>.
20. **CENTRO MEXICANO DE PRODUCCION MAS LIMPIA.**(2005)AULA VIRTUAL. México. Disponible en: <http://www.pnuma.org/industria/curso/Modulo1-PyCS.pdf>.
21. **COFOCE.** (2011). Guía de Exportación de piel. Manual paso a paso para la exportación. México. Disponible en: <https://issuu.com/mktcofoce/docs/manualpiel>
22. **Conesa Fernández-Vítora Vicente, Vicente Conesa Ripoll, Luis A. Conesa Ripoll, Vicente Ros Garro** (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi-Prensa. 412 páginas.
23. **Condori, Zenaida (22 de Octubre del 2014 - 16:55) Arequipa sigue siendo la primera productora de cuero del país. Diario Correo. Disponible en:** <https://diariocorreo.pe/ciudad/arequipa-sigue-siendo-la-primer-productora-97966>.
24. **CONSEJO NACIONAL PRODUCCION MAS LIMPIA CHILE** (2006) Producción más limpia: principios Y herramientas. Disponible en: [http://www.produccionlimpia.cl/medios/ProduccionLimpia/Cap\\_1\\_Tecnicas.pdf](http://www.produccionlimpia.cl/medios/ProduccionLimpia/Cap_1_Tecnicas.pdf).
25. **Chandra R, Saxena G, Kumar V** (2015) Phytoremediation of environmental pollutants: an eco-sustainable green technology to environmental management. In: Chandra R (ed) Advances in biodegradation and bioremediation of industrial waste. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, pp 1–30. doi:10.1201/b18218-2.

26. **Cheung KH, Gu JD** (2007) Mechanism of hexavalent chromium detoxification by microorganisms and bioremediation application potential: a review. *Int Biodeterior Biodegradation* 59(1):8–15.
27. **Chidambaram AP, Sundaramoorthy A, Murugan K, Baskaran SGL** (2009) Chromium induced cytotoxicity in black gram (*Vigna mungo* L). *Iranian J Environ Health Sci Eng* 6(1):17–22.
28. **Choppala G, Bolan N, Kunhikrishnan A, Skinner W, Seshadri B.** (2013). Concomitant reduction and immobilization of chromium in relation to its bioavailability in soils. *Environ. Sci. Pollut. Res*, DOI 10.1007/s1 1356-013 1653-6.
29. **Cordova Bravo H., Vargas Parker R., Cesare Coral M., Flores del Pino L. y L. Figueroa.** (2014). Tratamiento de las aguas residuales del Proceso de curtido Tradicional y alternativo que utiliza complejantes de cromo. *Revista Sociedad Química Perú.* 80 (3). Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n3/a05v80n3.pdf>.
30. **Cosavalente F. Iván.** (2019) . Perú: Situación actual del sector cuero y calzado. Departamento de Estudios Económicos BCRP - Sucursal Trujillo. IV Congreso Nacional de Cuero y Calzado – Lima.
31. **CPTS** (2003) Guía Técnica General de Producción Más Limpia. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. Bolivia. Agosto 2005. Disponible en: <http://www.cpts.org/prodlimp/guias/GuiagraIPML/cap6.pdf>.
32. **Crispim, A. y Mota, M.** (2003). “Unhairing with Enzymes”, *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, vol. 87, pp. 198-202
33. **Cueronet,** 20 enero 2000. Disponible en: <http://www.cueronet.com/flujograma/curtido3.htm>.
34. **Davis T.A, Volesky B. y Mucci A.,** (2003) «A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Research*, vol. 37, pp. 4311 – 4330.

35. **Deng L, Zhang Y, Wang X y Zhu X**, (2009). «Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora albida*,» *Minerals Engineering*, vol. 22, p. 372–377.
36. **DIGESA**, (2001), Fichas Técnicas de uso del grupo 1. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf).
37. **Esparza, E., Gamboa, N., & Gamboa, N.** (2001). Contaminación debida a la industria curtiembre. *Revista De Química*, 15(1), 41-63. Recuperado a partir de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756>.
38. **Galarza, B. C., Errasti, M. E., Cortizo, L. V., López, L. M. I., Garro, M. L., Ungaro, P. M., & Aguyaro, M. J.** (2017, September). Desarrollo de procesos destinados a minimizar el impacto ambiental de las curtiembres de la provincia de Buenos Aires. In *IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT 2017*.
39. **Garbisu C, Alkorta I.** (2003). Basic concept son heavy metal soil bioremediation. *European Journal of mineral processing and environmental protection*, 3: 58-66.
40. **Garcés Jaraba L.E y Coavas Romero S.C** (2012), “Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr(VI) en aguas residuales,” Universidad de Cartagena, Colombia.
41. **García Hernandez, Marisela** (2004). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos tolerantes a metales pesados en el proceso de lodos activados en una planta de tratamiento de agua residual. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
42. **Garma Takahashi, I. N., López Chacón, J., & Montoro Benavente, J. M.**(2018). Planeamiento estratégico para la industria arequipeña del calzado. Universidad Pontificia Católica de Lima. Perú.

43. **Garro, M. L.** (2012). *Depilado enzimático conservador del pelo: injuria química y mecánica de la epidermis para incrementar los procesos difusivos* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Veterinarias).
44. **Greenpeace** (2011), La contaminación viste a la moda. Los vínculos entre las marcas de indumentaria y la contaminación del Riachuelo. Argentina. Edit. Greenpeace.
45. **Gupta K, Gaumat S, Mishra K** (2012) Studies on phyto-genotoxic assessment of tannery effluent and chromium on *Allium cepa*. *J Environ Biol* 33(3):557–563.
46. **Haeng Cho D., Yong Kim E. y Hung Y.T.,** (2010) «Heavy Metal Removal by Microbial Biosorbents,» de *Handbook of Environmental Engineering: Environmental Bioengineering*, Nueva York, Humana Press, 2010, pp. 375 - 402.
47. **Han X, Wong Y.S, Wong M.H y Yee Tam N.F,** (2007) «Biosorption and bioreduction of Cr(VI) by a microalgal isolate, *Chlorella miniata*,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 146, p. 65–72.
48. **Hussain F, Malik SA, Athar M, Bashir N, Younis U, Mahmood-ul-Hassan MS** (2010) Effect of tannery effluents on seed germination and growth of two sunflower cultivars. *African J Biotechnol* 9(32):5113–5120.
49. **INADEM** (Instituto Nacional del Emprendedor). (2015). *Decídete a exportar Guía básica*. México. Disponible en : <https://cjaduanero.com/cjablog/wp-content/uploads/2016/11/Gu%C3%ADa-Basica-del-Exportador-Promexico-1.pdf>
50. **Informe N°034-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO.** (2017). Informe de evaluación ambiental en el ámbito del Parque Industrial de Río Seco, provincia y departamento de Arequipa. OEFA. Perú.
51. **INSTITUTO CINARA; CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL SUROCCIDENTE y COORPORACIÓN DE DESARROLLO PRODUCTIVO DEL CUERO.** Manual de Tecnologías Limpias en Pymes

del sector Curtiembres. ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. Cali (Colombia). FERIVA S.A. 2006. p. 17.

52. **Jianlong W. y Chen C.** (2009), «Biosorbents for heavy metals removal and their future,» *Biotechnology Advances*, vol. 27, pp. 195-226.
53. **Ksheminska H., Fedorovych, D L., Babyak, Y., Kaszycki P y Koloczek, H.** (2005) «Chromium(III) and (VI) tolerance and bioaccumulation in yeast: a survey of cellular chromium content in selected strains of representative genera,» *Process Biochemistry*, vol. 40, p. 1565–1572.
54. **Lazo Cuentas, Estefanía Alejandra** (2017). Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del Parque Industrial de Rio Seco, Arequipa. Universidad Nacional San Agustín.
55. **Lesmana S.O, Febriana N, Soetaredjo F.E, Sunarso J. y Ismadji S.,** (2009) «Studies on potential applications of biomass for the separation of heavy metals from water and wastewater,» *Biochemical Engineering Journal*.
56. **Lopez-Luna J, Gonzalez-Chavez MC, Esparza-Garcia FJ, Rodriguez-Vazquez R** (2009) Toxicity assessment of soil amended with tannery sludge, trivalent chromium and hexavalent chromium, using wheat, oat and sorghum plants. *J Hazard Mater* 163(23):829–834.
57. **Luna Ortiz, A. F.** (2013) Eco-etiquetado, estrategia para la mejora de la competitividad de la cadena productiva del cuero, calzado y marroquinería. *Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial*. Colombia.
58. **Mamani, Elmer** (16 Feb 2015 | 4:00 h) Curtiembres a punto de quebrar por pieles crudas exportadas. *Diario Correo*. Disponible en <https://larepublica.pe/archivo/856151-curtiembres-a-punto-de-quebrar-por-pieles-crudas-exportadas>.

59. **Marrero J, Díaz A, Coto O.** (2010). Mecanismos moleculares de resistencia a metales pesados en las bacterias y sus aplicaciones en la Biorremediación. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 41 (1): 67-78.
60. **Martínez, D. & Cicuamía C.** (2016). Síntesis y caracterización de zeolitas a partir de cenizas volantes de carbon. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales "U.D.C. A". Facultad de Ciencias, Química Bogotá-Colombia.
61. **Matsumoto ST, Mnlovani SM, Malaguttii MIA, Dias AL, Fonseca IC, Morales MAM** (2006) Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluent, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root tips. *Genet Mol Biol* 29(1):148–158.
62. **Mayta, Roddy y Mayta , Jhony,** (2017) Remoción de Cromo y Demanda Química de Oxígeno de Aguas Residuales de curtiembre por electrocoagulación. *Rev Soc Quím Perú.* 83(3).
63. **Mejía Ibañez, Raúl L.** (2008) Metodología de la investigación: Como realizar y presentar trabajos de investigación. 3ra Edición. Bolivia.
64. **Mejía Sandoval, Gregory, (2006).** Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia Volumen 1 No. 1 Enero - Junio de 2006.*
65. **Mijaylova N. Petia, López A. Socorro, Ramírez C. Esperanza, Cardoso V. Lina.** (2007). Tecnología para la remoción y recuperación del cromo trivalente en efluentes de curtido de pieles. **Tecnología y ciencias del agua**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 21-37. ISSN 2007-2422. Disponible en: <<http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/966>>. Fecha de acceso: 9 jul. 2019
66. **Miretzky P. and Cirelli A.F,** (2010) "Cr(VI) and Cr(III) removal from aqueous solution by raw and modified lignocellulosic materials: a review," *J. Hazard. Mater.*, vol. 180, no. 1-3, pp. 1-19.

67. **Mwinyihija, M.** (2010) *Ecotoxicological Diagnosis in the Tanning Industry*, Nairobi: Springer.
68. **Mohan D. y Pittman C.U,** (2006) «Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri and hexavalent chromium from water,» *Journal of Hazardous Materials* , vol. B137, p. 762–811.
69. **Monroy-Ávila, E. F., Peña-Monroy, C. A., & Garzón-Cortes, G. D. P.** (2019). Cleaner production strategies-PML: a case applied to the tannery industry. *Producción+ Limpia*, 14(1), 61-75.
70. **Morera, J.** (2002) "Química técnica de curtición". Editor Consorci Escola Técnica d'Igualada. Catalunya, España.
71. **Nessner V, Esposito E.** (2010). Biotechnological strategies applied to the decontamination of soil polluted with heavy metals. *Biotechnology advances*, 28:61-89.
72. **O'Brien T. J., Ceryak S.y Patierno S. R.,**(2003) «Complexities of chromium carcinogenesis: role of cellular response, repair and recovery mechanisms,» *Mutation Research* , vol. 533, p. 3–36.
73. **Onofre, E. y Aguaro J.** (2018). Investigación para controlar en las aguas residuales industriales la contaminación con cromo, usando cascara de huevo calcinado, en soluciones sintéticas y posterior aplicación a las aguas contaminadas reales. Escuela Profesional de Química, Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional San Agustín. Arequipa-Perú.
74. **Otiniano G .M, Tuesta C.L, Robles C. H, Luján V.M. y Chávez C, M.** (2007). Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*. *Rev. Med. Vallejana*. Vol. 4 Nº 1: 32- 42.
75. **Paredes, R., María A., Salvador E., Alamilla P. y Mandujano A.** (2013). *Zeolita Natural: Alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación Regional, Centro Campo Experimental Bajío, Celaya, GTO., México.

76. **Park D, Lim S.R., Yun Y.S., and Park J.M.**, (2007) “Reliable evidences that the removal mechanism of hexavalent chromium by natural biomaterials is adsorption-coupled reduction,” *Chemosphere*, vol. 70, no. 2, pp. 298-305, Dec. 2007
77. **Pazmiño Acosta, B. A.** (2019). *El marketing ecológico y su impacto en el volumen de ventas de las curtiembres de la provincia de Tungurahua* (Bachelor’s thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Marketing y Gestión de Negocios.).
78. **Plan Operativo Exportador del Sector Cuero, Calzado y artículos Complementarios (PENX) (2003-2013).Perú.** Disponible en Fecha de acceso 19Diciembre 2019: [https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio\\_exterior/plan\\_exportador/Penx\\_2003\\_2013/2Planes\\_Sectoriales\\_POS/Sector\\_Cueros\\_Calzado.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2003_2013/2Planes_Sectoriales_POS/Sector_Cueros_Calzado.pdf).
79. **Prigione V, Zerlottin M, Refosco D, Tigini V y Anastasi A. V. G. C.** (2009), «Chromium removal from a real tanning effluent by autochthonous and allochthonous fungi,» *Bioresource Technology*, vol. 100, p. 2770–2776.
80. **Quispe Ángela, de la Torre Ernesto y Guevara Alicia.** (2010). Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química, adsorción con carbón activado y rizofiltración Departamento de Metalurgia Extractiva. *Revista Politécnica*, Vol. 31(1): 117–122
81. **Radhika D. Anshuman A y Hemant J.** (2016). Diverse Metabolic Capacities of Fungi for Bioremediation. *Indian Journal Microbiology*. Sep; 56(3): 247–264. doi: 10.1007/s12088-016-0584-6.
82. **Raj A, Kumar S, Haq I, Kumar M** (2014) Detection of tannery effluents induced DNA damage in mung bean by use of Random Amplified Polymorphic DNA Markers. Article ID 727623.



83. **Rajendran P, Muthukrishnan J, Gunasekaran P.** (2003). Microbes in heavy metal remediation. *Indian Journal of Experimental Biology*, 41: 935-944.
84. **Rameshraj D, Suresh S** (2011) Treatment of tannery wastewater by various oxidation and combined processes. *Int J Environ Res* 5(2):349–360.
85. **Rincón Alvarado, M. L.** (2012). *Diseño de un plan comunicacional para la industria de las curtiembres, basado en marketing ecológico* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de la Plata).
86. **Rodríguez, M.** (2016). Evaluación de la capacidad de adsorción de  $\text{NH}_4^+$  y metales pesados  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  empleando zeolitas naturales y sintéticas. Unidad de Postgrado de la Facultad de Ciencias Naturales Y Formales, Escuela de Postgrado, Universidad Nacional San Agustín Arequipa - Perú.
87. **Romero Rojas, J. A.** (2010). Características de Aguas Residuales. In E. C. de Ingenieria (Ed.), *Tratamiento de Aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (Tercera Ed).
88. **Roque R., Prado D. y Ruiz de Somocursio F,** (2013), Biodepuración de aguas residuales industriales contaminadas con cromo III y IV utilizando microflora nativa aislada y caracterizada provenientes de Parque Industrial Rio Seco (PIRS) de la ciudad de Arequipa. Memoria del segundo encuentro de investigadores ambientales. Arequipa. Perú. Recuperado en: <https://es.scribd.com/document/337426882/Biodepuracion-de-Aguas-Residuales-Industriales-Contaminadas>.
89. **Sala LF, García SI, González JC, Frascaroli MI, Bellú S, Mangiameli F, Blanes P, Mogetta MH, Andreu V, Atria AM, and Salas JM,** (2010), "Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho," *An. la Real Soc. Española Química*, vol. 106, no. 2, pp. 114-120.
90. **Salinas, P.** (2012). Metodología de la investigación científica. Mérida-Venezuela: Universidad de Los Andes.

91. **Saxena G, Chandra R y Bharagava RN.** (2017). Environmental Pollution, Toxicity Profile and Treatment Approaches for Tannery Wastewater and Its Chemical Pollutants. *Rev Environ Contam Toxicol.* 240:31-69. doi: 10.1007/398\_2015\_5009.
92. **Shanker AK, Cervantes C, Loza-Tavera H, Avudainayagam S** (2005) Chromium toxicity in plants. *Environ Int* 31(5):739–753.
93. **Silva Villanueva, J.L.** (2011). Rol de las ecotecnologías, tecnologías limpias y de tratamiento, en el control de la contaminación generada por las curtiembres de Trujillo-Perú.
94. **Sinha S, Singh S, Mallick S (2008)** Comparative growth response of two varieties of *Vigna radiata* L. (var. PDM 54 and var. NM 1) grown on different tannery sludge applications: effects of treated wastewater and ground water used for irrigation. *Environ Geochem Health* 30 (22):407–422.
95. **Soto C, Gutiérrez S, Rey A, González, E.** (2010). Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo, *NOVA* 8:195-205.
96. **Tejada-Tovar C., Villabona-Ortiz A.y Garcés-Jaraba L.,** (2015) Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico, *Tecno Lógicas*, vol. 18, no. 34, pp. 109-123.
97. **Téllez J.M., Carvajal R. M. y Gaitán A. M.,** (2004) «Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización de cromo en el proceso productivo de curtiembres,» *Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia*, vol. 52, nº 1.
98. **Tripathi M, Vikram S, Jain RK, Garg SK** (2011) Isolation and growth characteristics of chromium (VI) and pentachlorophenol tolerant bacterial isolate from treated tannery effluent for its possible use in simultaneous bioremediation. *Indian J Microbiol* 51(1):61–69.
99. **Trujillo-Tapia N, Mondragon CC, Vasquez-Murrieta MS, Cleemput OV, Dendooven L** (2008) Inorganic N dynamics and N<sub>2</sub>O production from

tannery effluents irrigated soil under different water regimes and fertilizer application rates: a laboratory study. *Appl Soil Ecol* 38 (3):279–288.

100. **Trujillo Vera, Carlos César**, (2007), Impacto ambiental en el geosistema de las canteras de sillar de Añashuayco- Arequipa. *Espacio y Desarrollo* N° 19, 2007, pp. 207-216 (ISSN 1016-9148Perú. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/10646>.
101. **Vanessa M.**, (2007), «An Investigation into the Mechanisms of Heavy Metal Binding by selectec Seaweed species» Waterford Institute of Technology.
102. **Vasudevan P, Padmavathy V, Tewari V, Dhingra S.** (2001). Biosorption of heavy metals. *Journal Science and Industrial Research*, 60: 112-120.
103. **Villegas Orihuela, Alfredo Mariano y Álvarez Jara, Carlos Roberto.** (2008). Tratamiento de aguas residuales de industria de curtiembre mediante un sistema de lodos activados a escala piloto. Universidad Nacional Ingeniería. Perú. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/505>.
104. **Wang J y Chen C.**,(2006) «Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review,» *Biotechnology Advances*, vol. 24, p. 427–451.
105. **World Business Council for Sustainable Development** [Consejo internacional de negocios para el desarrollo sostenible]. Eco-efficiency learning module [Módulo de aprendizaje en Ecoeficiencia], Citado por LAMUS MESA, Diana Carolina y OSORIO GIRALDO, Oscar David. ESTADO DEL ARTE. Cali (Colombia). 2006. p. 4.
106. **Wu G, Kang H, Zhang X, Shao H, Chu L, Chengjiang R.** (2010). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metal from contaminated soil: Issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal. Hazardous Materials*, 174:1-8.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## INFORMES DE ENSAYOS LABORATORIO

### INFORME DE ENSAYO N° 2-03266/19

Página 1/4

Solicitante	:	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN</b>
Domicilio legal	:	CAL. SANTA CATALINA NRO. 117 AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	:	<b>AGUA RESIDUAL</b>
Lugar de Muestreo	:	PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO (CURTIEMBRE)
Fecha de Muestreo	:	2019-12-01
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	27.0 litros <b>Muestra proporcionada por el solicitante</b>
Forma de Presentación	:	Frascos de vidrio, plástico, cerrados, refrigerados y preservados
Identificación de la muestra	:	Según se indica
Fecha de recepción	:	2019-12-01
Fecha de inicio del ensayo	:	2019-12-01
Fecha de término del ensayo	:	2019-12-07
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa
Identificado con	:	<b>HS 19012652 (EXMA-14326-2019)</b>
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	T01-AR-E	-----		
T02-AR-E	-----	-----	-----	-----
T03-AR-E	-----	-----	-----	-----

Parámetro	Unidad de Medida	Valor	Referencia	Observaciones
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Sólidos Totales Suspendedos (TSS)	mg/L	6.01	2	
f"aran"etl«lno,grllcoa,e VetM				
fMa Tolt:il	mg/L	1.67	2	2.12
Hifogt:noAttD:l.ac.111	mg/L	0.11	1.1n	0.11
Sufurc»	mg/L	18.91		0.250
trtto-gefto-romi(N OrptllCO•N N-:!"N fl03"-N N<Xl)	mg/L	0.00	6?1	0.01
Jtrfmllef. 9',;Prfcot				
Aocritos)' 81<1s.as.	mg Ag/L	2.2	2.0	9.0
Otl undltObqulmk,aC,cO>foano	g/l	1.040	Ut2	?111
Ok"lHltUi:aOu,na do Oidgeno	g/l	3.141	23:24	1181
P;lr11""Iri., Mlmbi...-npi.-o,				
<b>Coliformes Termosteriles</b>				
	UFC/100 ml	2.0		1.5 a
*****				
<b>Cromo Hexavalente</b>				
(*) (a) Cromo			< 0.1 mg/l	3.5

{) Lo\* mit,adolil111i.,1110,ro 1a,1side- :j:, P < /IN&C>.1.--CA  
 ("!nt ,UI \_\_,!!ldoa11nLaOOflllor-iu Cilll'9J

CONT,tOL.1;5 UIICALLOAD

Item	Unidad	Valor	Referencia	Observaciones
Cdln-T•m:1 11--	mg/L			
(NMP/IODAI				
N, Olan:a				

# INFORME DE ENSAYO N° 2-03254/19

## Solicitante

Ooo1dU:, leg.iii  
r,oduclododer-ad:,  
Uvif doMunrreV  
f.octi!!elstv'UhlNk>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN

CAL SANTA CATALINA HR.0. 111 AREQUIPA-AREQUIPA• ARQUITPA  
A.CUA nESI0IJ.trL

PA.ROVE NDJ3TRtA-DE10 aECO:eL TIEMERE.)

Z019-11-2n

## Cantidad de Muestras para el Ensayo

## Forma de Clasificación

Idcini,f:03dtn lo nueau  
J:actA de, ,ocopd  
f-oct\*do lndo<:O GrTH)O  
r'fitodoW-onho del HNi'Q

Z O .ioa

t,Iu,a(tll proporoler.a\$ pcur ol o.olio.lal'U

rIa1G01de vUJto plaaUc:a.c«Ntdoa ,a&>'fj,aunfldoa

SOiUIIH

2010.1t-2l

2019-11-27.

2010-,2-:1,

## Ensayo realizado en

ldtnif:ctdoC::ON

Lfbo'Morim cHo-nW.Ar.:tJb11/\,a:>cwtlodO Mlttob6ologl4 Aroq\Apa /  
L.ab...io,10 ICP-AA

HS1Nt2U2 UMA.-1O2:f..2)1')

## Valores del documento

Este documento es válido solo para la muestra descrita

---

Punto de muestreo	Condición UIM W03	O.. cr11K...do 6a btiónd•	Observaciones
EeTE	MOO't	••••	

---

T02AA-3

# INFORME DE ENSAYO N° 2-032S4119

P6gino.2.0

## R.EOULTADOS

Fl.1•re1r.,	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
P1t1fnct00 Fl lioo r! ITdoot Sollec' Ton npp, 04kt 5	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
(l pH	0.00>	•••••	•••••	•••••	•••••
P111mttt10t 1P0'9,11QJ1'0 lico, F0#0'0 r01w	0.00>	•••••	•••••	•••••	•••••
ffOtgill'l!)A.ffIO	0,IJ2!)	•••••	•••••	•••••	•••••
\$111vr	0,001	•••••	•••••	•••••	•••••
l'((Qll'l.)Tot,i	0,000	•••••	•••••	•••••	•••••
Pt1knllt Oil•il&:hl •••••,Of...	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
0.00•rtJ•	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
IHdt'AnUOUinllidCW f.bc	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
6l:iq.,In\i\di 0./ijt...	2.00	•••••	•••••	•••••	•••••
P11111111w Cin'k'ill•imc.,1111111u	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
Mtl,Uu	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
CwJmol urwa'wre	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
r1 10-	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••

(\*) lee hltlo6oeindi , 1101W1lido acndlit,Ow po,t4l CAI-DA



# INFORME DE ENSAYO N° 2.02855/19

Página 13

SOLICITANTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANAGUSTIN
Domicilio legal	CAL. SANTA CATAUNANRO. 117 AREQUIPA-PRECIPIPA-AREQUIPA
Procedimiento	AGUARESIDUAL
Lugar, donde se realizó	RO SECO (CVR/REM/6P/EJ)
Frecuencia de muestreo	2CH/1HI)
<b>Cantidad de Muestras para el Ensayo</b>	21.001 rot Muestra proporcionada por el cliente
Objetivo del presente estudio	Enfermedad de Nitrógeno/Vicio, conocido. Roturado y Pteservado
Identificación de la muestra	Según anexo 1
FetN de recepción	2CIII-11.05
Ficha de identificación	2CIII-11-06,
Fecha de inicio de muestreo	2CIII-11-18
Escala de muestreo	L1bc1r.0110 • mblonutl Aloqupa I Lab «III, o Mltt-loJll Al" J" Jlp o I Llbcir-010 ICP*AA
Identificación con	H\$'19(12652 (EXMA,163211-2t19)
Vigencia del documento	&le document> " fflldo1010 part14nuottlt(etorb

Coord. O.D. Clat UTM  
NGS8  
Punto 1 < 10 n' UOSINTO \_\_\_\_\_ o... npc! OA dele e.i.e.o, de

ESTE NORTE

Observaciones

- 01.AR
- 02.AR
- 03,AA

# INFORME DE ENSAYO N° 2-02855/19

RESULTADOS

2/1

	U,fff• th 0.tfCUJII	(11'i'tMd f...;11,litd	7,117	,3	,U 8
Pa'lfittltO! Fls:lco • OUfittCOS					
Sbk'o!i TOC!IM Sue.pendldocs	2,6	me'-	571"! ,AS,		tO')\$
Nif,"111111'1<Ul	1),01	"1)1.	m	1191	057
Paianct1ro! lnOfJttrcm nc>MeJIVlu;a					
r6afotD Total	0,0<!	me'-			• •
Nlt't,g•"° J.monl:.e:al	0,02C	11)91-	01S'		,
SUfUrol!	0,001			4110	00.0
p._110IH)I O,gAnicic:it					
Ac•11••yGni,ea,	0,50	fff:1A)GJ...	•04	,:io	78
Oe!'MIWl8'o(iult'1Jt.1 dfl O.dgmn	2,0'1	,rot.	UIC	3520	32110
OamandoOllmb doO<QOro	l.	11)011	9034	,O 114	10(0)
Ft'O'nOVOI MICtObbio,giooo					
c.oiifolmN i1n'l'cJ1d1ni,-tt	1.11')	NMPJIOOml	TS	130	211
Oromol-1,-,ient.c	0,001	"111-	<0,001	<(0,(01	.a.cot
C')(J O...o	O..U	•VL	.!2•	662	1183

)1.Qln•tQCoa Indc.M no hain tldo " tUdoapoiol INAo,iL-OA  
l EnMy,-.....i,,, CJIleo

# INFORME DE ENSAYO N° 2--03265119

<b>Solicitante</b>	UNIYERSIDAD NACIONAL AGRARIA DEL PERU - CUSCO
<b>Domicilio legal</b>	CALLE SAN AGUSTIN 117 AREQUIPA - AREQUIPA
<b>Producto de la muestra</b>	AGUA RESIDUAL
<b>Lugar de Muestreo</b>	Finca INOUSTAL - TUCUMAN (QUINTA M8RC)
<b>Fecha de Muestreo</b>	2018-11-28
<b>Cantidad de Muestras para el Ensayo</b>	24, (Ulros Muestra 1) de 1 litro por triplicado,
<b>Forma de Presentación</b>	En botella de plástico, con tapa, en un bote de 666 ml.
<b>Identificación de la muestra</b>	U. Hlnca
<b>Fecha de emisión del informe</b>	2018-11-29
<b>Fecha de recepción de la muestra</b>	2018-11-28
<b>Fecha de término del ensayo</b>	2018-11-28
<b>Nombre del Laboratorio</b>	Laboratorio de Aguas y Saneamiento de la Universidad Agraria del Perú
<b>Identificación del Laboratorio</b>	MS 1212 (XMA-ISSH 019)
<b>Vigencia del informe</b>	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Coordenadas UTM	Descripción de la Estación de Muestreo	OMeMdanM
1180000 6600000	Estación de Muestreo	001
1180000 6600000	Estación de Muestreo	002
1180000 6600000	Estación de Muestreo	003

# INFORME DE ENSAYO N° 2-03265/19

RfSUL.TM>OS

-!!,'3

<b>&amp;f-</b> ,,9,0000					
	IOIJ.R-4	T02AA-4	IIIIAR-,4		
F-MM,' rlon,...	2(10.,11,28	!!!)*011 211	HI 11-3		
NUSIC	111JO	W	1UX'		
T,,x,II J.fllnra	I,gl,OR,II,ia)	I,g,IG,II,II,.,woi			
fom11tn,;	WtWtdt 0.N(Ir:GII	" "	■ ■ ■	/IIPC,I,t-w.i	<b>R-</b>
<b>P8fMPPI FI&amp;lco* ou,nlect</b>					
\$. "ifdti*1ollll8'1\$ut'	<b>u</b>	mo'l	S&6	610	6(1
(1pt-		i 1-,...	011pt1* II ·C	1,00	
<b>F'Wllmetm, k'ICIQO//loc' noMMMC(a</b>					
FitkwImo!	OP,,>	1'19"-	j j °	2/\$1	-1)
Nll)g"JUArt'iJ1i,cal	0.0.,0	n'!I[-	\$ti	<b>ion</b>	5'12
8.iyi(Ot	000,	mo'L	I,1111	• • •	1,311!>
M1,og lo-n	0,01	"11"-	II)		II
f'Mlmtffl OfVlr.001				■ ■	
<b>A.etitt*yGta*u</b>					
Ollln.n.:N131oq.:rl'lct4eQtda-,ro	O.IO	A.)GII	<b>u</b>	'	<b>u</b>
		"11'L	001	• • • •	<b>,eoo</b>
<b>OOrilil Oull'!li&lt;adl ;:t.UQtnO</b>					
Plt.tfl'141tmc f,t,r,	,.,S	mo'L	JOU	16151	3111)!
<b>Ootif n, .. r,rin.:IIOt.'*ft...</b>					
Wt1.al,t	j II)	NlwP.1100m&.	• j •	• • •	.. ,e
<b>OCf'N)HotlC'IVoleitt.</b>					
(1111Jtromo	0,02	mg'L	!!Ii	• •	•.O

r) lot fil:Od:n 1-.:kaUOI nc tan lleloacrodUitlOI PO' fi !!'+\ --OA  
!A) En\*)(!\* 1nallud:il .-iL1t.,ra-lofloCo-lao

# INFORME DE ENSAYO N° 2.03222/19

Solicitante:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
Domicilio legal:	CALSANICATAUMA NRO 117 AREOUPA-AREQUIPA-AAEQUIFA
<b>Producto declarado:</b>	ACUA RESIDUAL
lit. gar de MuMtn!O	RIOSECO(CLRTIEMSRE)
rooMde M.>.ouuo	<b>2019-11-18</b>
Can liwoC/oMJn!air pa-a l l l Effla)O	31.0 U*as
FormadePr&Stln!ACO'l	Mu.11ra p,opordon,da pol'el•olic:bnto
Identiflctbt1 dol:. muea o	Fras,co, ce vl:tno.OfstlXl, ce.--radot, r!!MQltild05, orl9servadcs
FeehO dt le<.,epcloll	H1fU'10 Indcia
r:!!Ohtld• lll'olo dot(tno.!)O	2019-11-18
Feeha de 16,m.-.o CftleMa')()	::.-010 11 10,
E.rayo1e:U111do en	<b>2019-11-26</b>
<b>Identificado con:</b>	LobO"Of.oliOAmblerC Arcq11f,-/ Labonllcrto Mli0rot>of09Co <b>Are</b> /
/(11001 CIOI<100Um1rto	LGtdOiltollO ICP-AA
	MS1to125S2 ID'MA 11.m ..101t)
	EHt occumont.Oti VAI001410 f1 JDIT\JWJI CINca11

## Prvyouo

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Muestreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
01 AF< 2				
02AA2				
03AR,2				

# INFORME DE ENSAYO N° 2-03222119

## RESULTADOS

		<i>&amp;r. 1</i>      OJ	nt A.R,	<b>MAR,</b>	na M,
		<i>j,l-40."lid.</i>	111.11.18	2<11•-ll-1&	:X.10..11-1.8
		WlaS'lf<>	<b>lit</b>	1/XI	11:-:ll
		,-,:;sn'f,tM ir..	A<Jr;1 d1AI	Aa•A Ril:!!rl l	Ag,ui R-.Ail:11
,,,,,.,.,.,.m	l./68ite at	0""1.1<)	# dt),.ff.	Ra\$,111'Mt'z\$	_.,,,d>,
<b>Dot</b>					
P11rtrH'.ro• c'ICC-Qohtco•					
SOL.dee ro1.alecS,usp•n:Sldoc	2.6	,,,-	2<	315	301
r;p11		UridaIndll fH••e.	7.01		
Pirt'lle'JOS ll"IO!Uanc:o1 r» Metillt:cs					
Flfffo((ITn:lal	0.000	,,,-	0,137		O.M!6
Nlrd fl'OA/fl:rdoul	0,020	11¢	<b>041</b>	O J ;S S	MO
Sllf.,111J11	0.001	.J lll.	1 ;,r	<b>O,O'Je</b>	T,015
[•l N11'eoano TCUI	0,010	.,0,,.	84:S	<b>8315</b>	
Paril'IID'fil•C)oAl'Il«>t					
,. ,,,el yG• os	<b>OJ;O</b>	"tiAY') I.	0,80	<b>,2e</b>	10.,2
Ooni...w.io5JOq\trlllce Cit O.dgeno	●	"II'-	t	20:,0	%010
Oan,moa Outnca ooOxbeno	2.6	11\111.	O<JG2	e210	48-
Ptr-jm..tl'O•MleNxilftJagc01					
Coll'10""• 'T...molo•1on1..	,,O	N,...,10Clml	< tI	< .	.. 1.1
MfWfç					
Ooino HIXIVliitO	0.001	,ng/1.	•0,001	<0,001	0,001
r1,,C,,.,.,.	0,0,	•-	t5,I	"7	ISi

(1) Lo ,n 1ocbl lrlde•<bl noh•n•lido •G."odltndo. :>orel 1NA0At.-O.,  
 (4) Era:i:yM m•hl.adotil en lJlborallorlo ta!lao

## ANEXO 2

### REQUISITOS PARA EXPORTAR

Para hablar Exportación hay tomar en cuenta al mercado en un 80% y DEL producto en un 20%. Pues los términos de intercambio han variado significativamente, antes se producía para vender hoy se investiga el mercado, se analiza el comportamiento del consumidor, sus gustos, sus deseos y los productos se adaptan a sus requerimientos. COFOCE (2011)

Las razones por las cuales una empresa busca exportar son:

- Es aprovechar la capacidad no utilizada y mayor aprovechamiento de la instalada.
- Mayor estabilidad financiera por los flujos en otras divisas
- Reducción de costos por mayor volumen de venta
- Para mejorar la competitividad e imagen empresarial
- Para incrementar las ventas y en consecuencia las utilidades
- Diversificar los riesgos de operación en un solo mercado

Los clientes extranjeros solicitan certificados en donde se compruebe y demuestre la calidad del producto que se enviará, se realizan pruebas de Resistencia (ruptura de la flor), Químicas, acabado, encogimiento y absorción de agua.

- Pruebas de ruptura:
  - o Elongación (estiramiento de la piel).
  - o Tensión (fuerza dependiendo de la exigencia de la piel)
- Pruebas químicas
  - o %de grasa
  - o Ph
  - o Cromo
  
- Acabado:

- Flexionar (mover)
- Friccionar (tallar)
- Adherencia

En cuanto a la Normatividad cabe señalar que la piel está sujeta a diferentes tipos de Normatividad: ecológica, funcional y complementaria.

- Normatividad Ecológica: Sobre la materia prima en su fabricación no deben usarse materiales ni aditivos tóxicos o cancerígenos.

En la fabricación del cuero debe existir como máximo de emisión de cromo de 0.33 g/kg

Para obtener la acreditación de todo esto es necesario que el fabricante presente a su cliente los ensayos de laboratorio que certifique las condiciones de elaboración del producto, otras normas: Empaque, barreras no arancelarias, citas (Convention internacional trade in endangered species of wild fauna and flora)

Algunas regulaciones prohíben el uso de colorantes azoicos, y debemos recordar que esta clase de colorantes representa el 60 al 70% de colorantes pero no deben usarse en la industria curtidora.

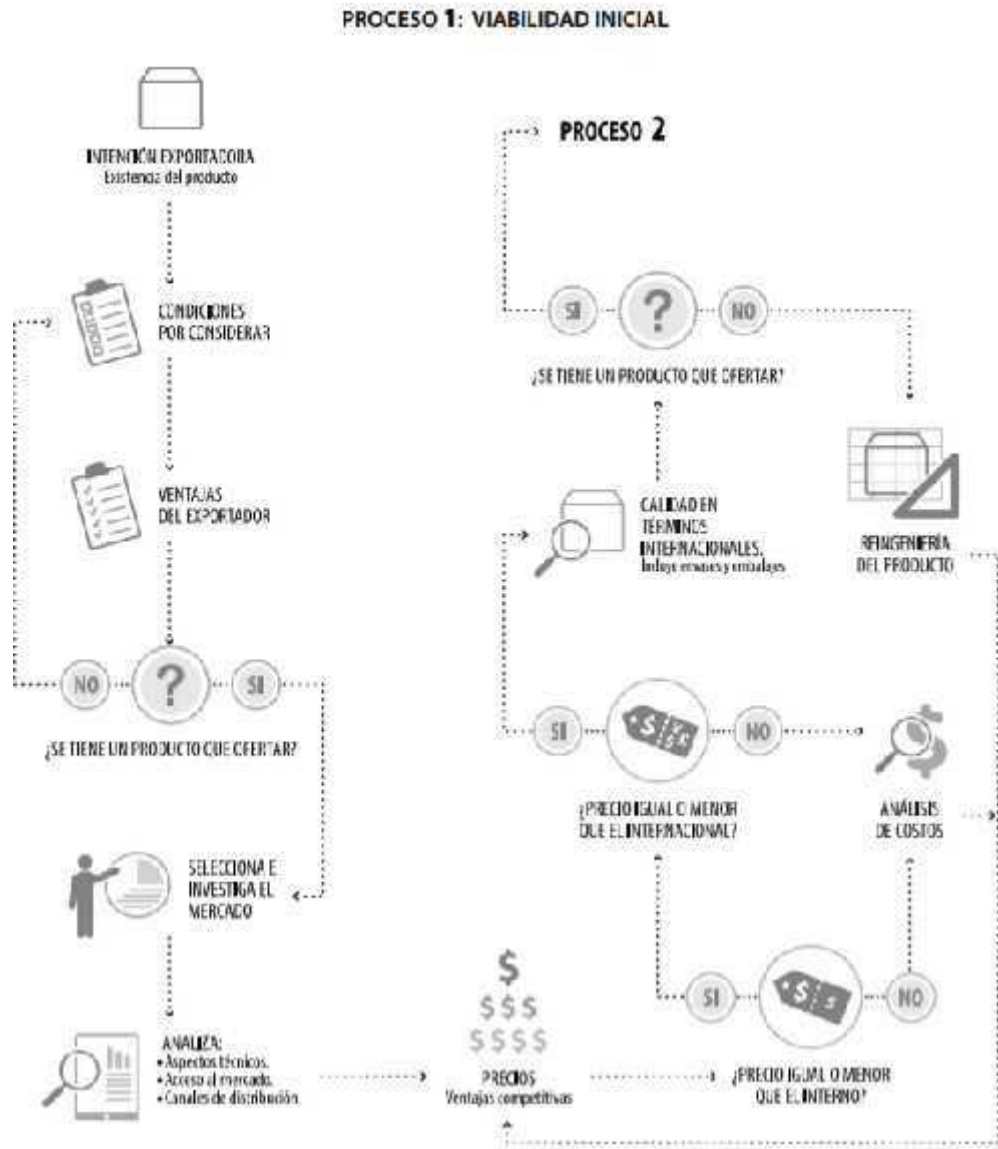
Cada vez más empresas solicitan que las empresas tengan certificados y cumplan con las Normas ISO 14001 e ISO 9001.

- Normatividad funcional: Esta se refiere a la calidad de los materiales con los que se fabrica el cuero. Para apoyar esta normatividad en un producto ya terminado se realizan una serie de ensayos sobre los artículos ya terminados.

Es común que al cuero utilizado para calzado se le realicen pruebas de resistencia al desgarre al sudor, la impermeabilidad, solidez al frote, resistencia a la flexión y permeabilidad al vapor de agua.

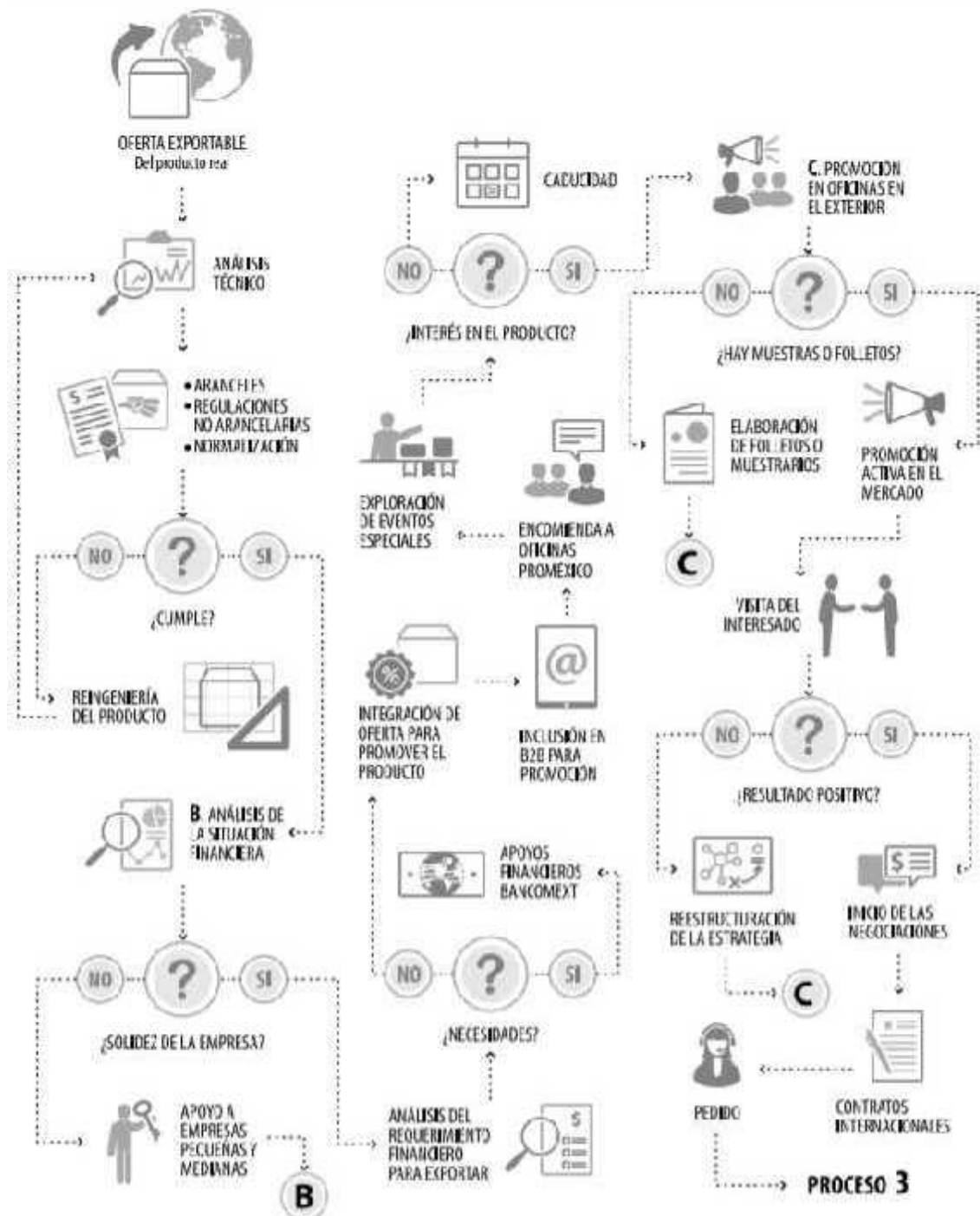


En los siguientes gráficos se muestra de manera didáctica las operaciones que involucran la exportación de un producto:



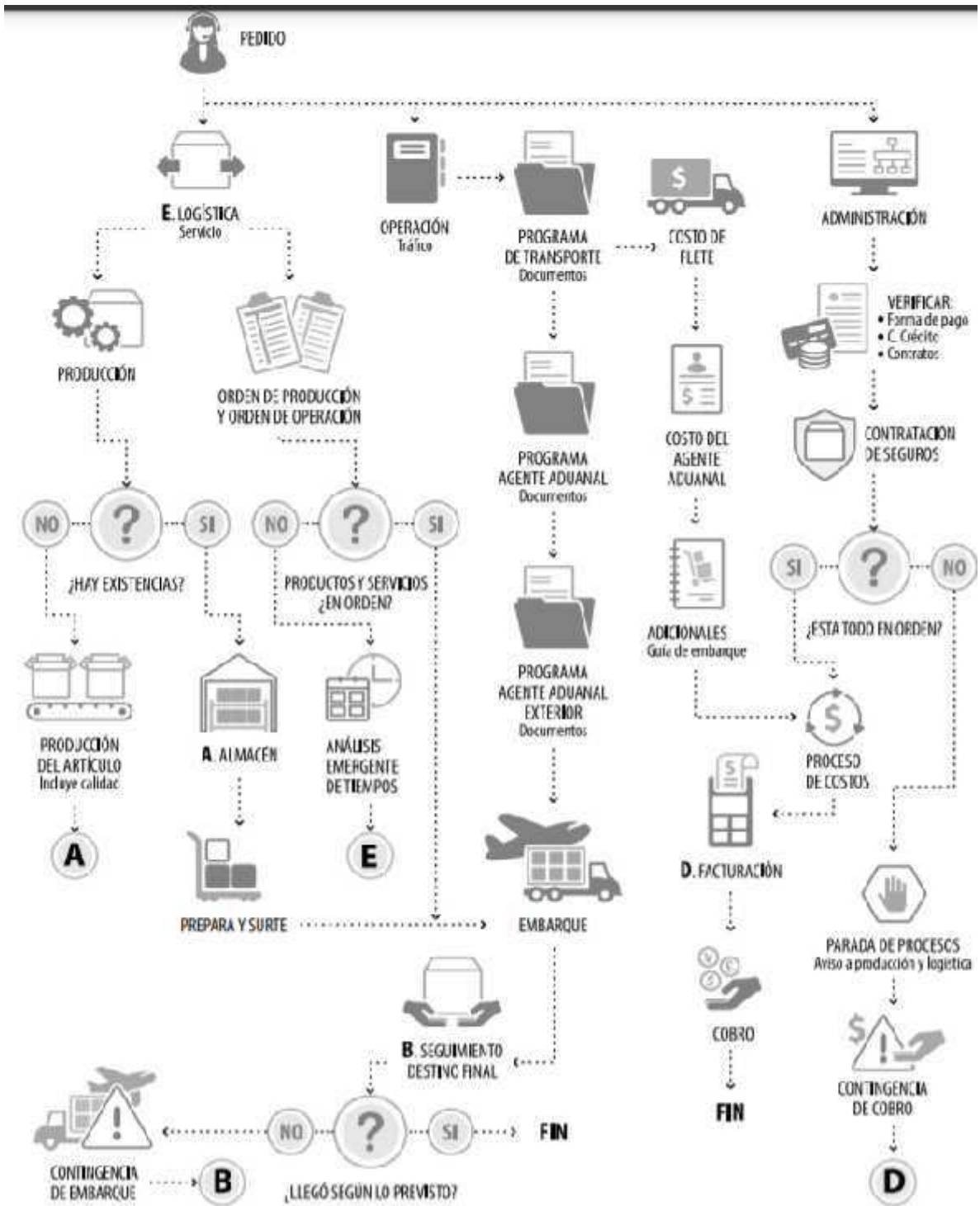
Fuente: INADEM (2015)

## Proceso 2: Viabilidad real



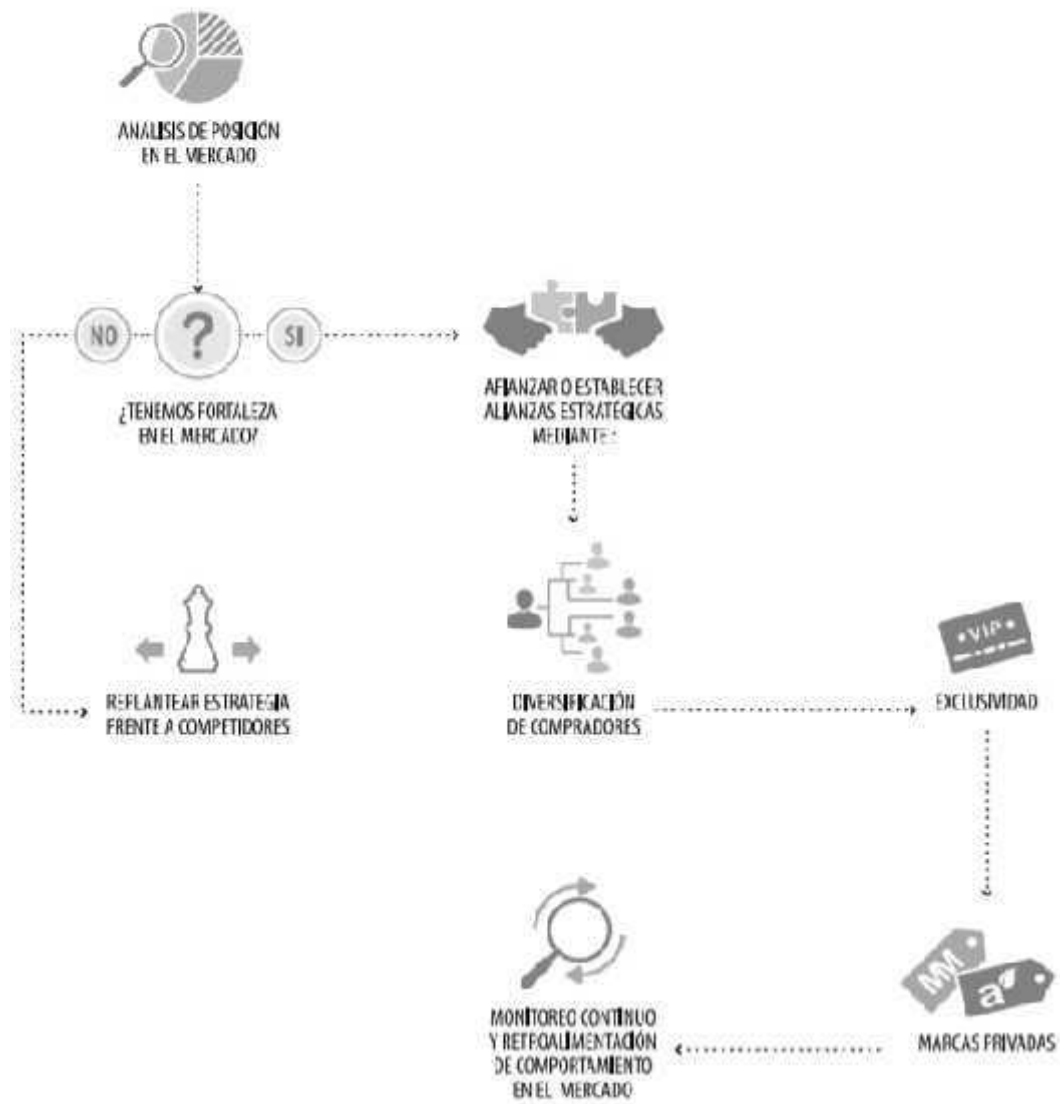
Fuente: INADEM (2015)

### Proceso 3: Exportación



Fuente: INADEM (2015)

#### PROCESO 4: CONCLUSIÓN Y PERFECCIONAMIENTO



Fuente: INADEM (2015)

## ANEXO 3

### FUNCIONES GERENCIALES EN UNA CURTIEMBRE

Para Bracho (2005) Las funciones gerenciales son: planificación, organización, dirección y control.

Así mismo para Lazzati (2016) en cuanto a las funciones que cumple un gerente tenemos que:

1. Planificar: una vez conocidos los objetivos a alcanzar por la compañía, el gerente se encarga de concretar los pasos necesarios para llegar hasta allí. Definiendo un marco de trabajo, todas las acciones y procesos que deberán ponerse en marcha quedan concretados en un plan. Este documento, no sólo sirve para aumentar la eficiencia de funciones como el abastecimiento o el reclutamiento, sino que facilita al ejecutivo la adquisición de un mayor control sobre el curso de las operaciones, al simplificar el seguimiento ofreciendo una referencia.
2. Organizar: herramientas, materiales, equipos... la organización es una de las funciones de un gerente que mayor incidencia tienen en los beneficios. Saber aprovechar los recursos disponibles, hacer una correcta distribución del trabajo y tomar buenas e, por ejemplo, en lo que respecta a la externalización de algunos servicios son medidas necesarias.
3. Controlar: una vez que todo está en marcha, una de las funciones de un gerente es la supervisión. Validar, verificar y ofrecer retroalimentación son formas de no perder ajuste y mantener la alineación con los objetivos fijados. Cuando la monitorización es proactiva, se garantiza el contar con el margen de maniobra necesario para introducir modificaciones o implementar acciones correctivas, en los casos en que se considere necesario.
4. Desarrollar: quizás se trate de una de las funciones de un gerente menos visibles, pero se trata de la que mayores efectos producirá a medio y largo plazo en la empresa. Establecer programas para contribuir a impulsar el crecimiento de los miembros de la organización equivale a potenciar el talento y sentar las bases para asegurar que, el día de mañana, el negocio

contará con los activos de conocimiento y habilidades necesarios. Además de trabajar con la colaboración del departamento de recursos humanos, el gerente debe apoyar la cultura empresarial inspirando y motivando a la plantilla.

5. Liderar: en esa misma línea, cabe destacar que un profesional en esta posición necesita hacer algo más que planear, organizar y supervisar. Las funciones de un gerente no sólo tienen que ver con sus habilidades técnicas, sino que las capacidades de comunicación y habilidades interpersonales resultan clave a la hora de lograr el compromiso del equipo para lograr una meta conjunta. Liderar implica motivar, comunicar, guiar y alentar, requiere de saber escuchar de forma activa, resolver problemas y conectar con las personas.

Teniendo en cuenta el perfil de Gerencia descrito anteriormente procedemos a describir algunas funciones que debe cumplir el Gerente de una Curtiembre que desea iniciar operaciones de exportación.

- Liderar: en función de un nuevo objetivo que consiste en entrar a un mercado internacional para lo cual debe contar con personal que se haga cargo de manera profesional de las operaciones de exportación desde la preparación del pedido. Por ejemplo, es necesario solicitar líneas de crédito internacionales, y este se utilizará para el ciclo productivo (pre-exportación) para el acopio de materias primas, insumos, pago de salarios y adquisición de otros servicios.
- Planificar: Capacidad productiva, es decir la suma de las unidades producidas en un tiempo determinado también, pero utilizando de manera óptima los recursos materiales, financieros, y sobre todo su capital humano. Habrá empresas que producen 100 pieles al día pero que podrían producir 150 pieles de manera óptima y a esa cantidad adicional se la tomará como oferta exportable no comprometida, se llama así porque pase lo que pase no se deberán vender estas pieles al mercado interno solo al exterior. Ese exceso de producción debe estar acorde a las necesidades insatisfechas de los clientes potenciales, pues estos no desearán iniciar relaciones comerciales con alguien que no pueda

satisfacer sus necesidades mínimas de pedido. Para tener idea de cantidades en un contenedor de 20 pies caben 100,000 pieles terminadas.

- Organizar: Si las cantidades de cuero producidas es pequeña lo se debe hacer es un cluster (asociación de empresas) que es una opción viable en el PIRS (Parque Industrial Rio Seco Arequipa) pues al momento de exportar se puede conseguir el primer negocio de manera relativamente sencilla pero el reto es mantenerlo a largo plazo. Es importante antes de iniciar las negociaciones, establecer con precisión las cantidades que podrá ofrecer y la frecuencia de los despachos. Ello determinará entre otras cosas el tipo de cliente a buscar en el exterior. Cosavante (2019)

También se pueden tener en cuenta los procesos gerenciales según COFOCE. (2011), como:

- Gestión de riesgos

El principal reto como exportador es mantener los contratos en el exterior, mediante el cumplimiento de los contratos adquiridos, para ello es necesario generar mecanismos que permitan enfrentar los imprevistos de manera oportuna, por tanto, la administración y gestión de riesgos es fundamental a fin de no perder los contratos ganados. Que se pierden si se incumple el contrato.

- Gestión del conocimiento

La necesidad de conocer el entorno donde se va a realizar la compra o venta requiere de un alto grado de información, pues quien tenga más información tendrá mayor poder de negociación.

El conocimiento que se tenga del mercado mundial de la piel, las estadísticas de producción, importación, exportación, inventarios, el consumo aparente y real de las materias primas y commodities de los últimos cinco años, permitirá al posible exportador o importador observar las tendencias del mercado y saber cuáles son los segmentos o nichos donde pueda tener una ventaja comparativa o diferencial y por supuesto tendrá el mapa de la forma en que tenga que atacar al mercado para penetrar o mantenerse en él. En este sentido es importante que se ahonde en cifras cuando la estrategia de la empresa curtidora es exportar a cierto país. Por lo tanto, deberá tratar de comprender los factores económicos,

políticos, sociales y culturales que rigen cada país, sin esta información se corre un alto riesgo de fracaso.

La definición de precios, condiciones de pago, condiciones de entrega, calidades, cantidades serán temas de negociación pues en el comercio internacional casi todo es negociable.

- Planeamiento y gestión de operaciones logísticas

Es una muy buena herramienta y vital para el proceso exportador, ya que va a permitir la optimización en la producción, así como en los costos de los procesos lo que trae como consecuencia poder ofrecer los cueros a precios competitivos.

La logística es una función cuya finalidad es la satisfacción de las necesidades expresadas o latentes a las mejores condiciones económicas para la empresa y para un nivel de servicio determinado (Norma AFNOR X50-600) Para establecer las responsabilidades y obligaciones del comprador y del vendedor en una operación de compra venta internacional, en cuanto tiene que ver con el suministro de mercadería, las licencias, las autorizaciones, las formalidades aduaneras en los países de origen y destino, la Cámara de Comercio Internacional ha desarrollado los INCOTERMS. En ellos se describen los contratos de compra venta más usuales del comercio internacional. La última versión se realizó el año 2000. Solo en los términos de CIF (costo, seguro y flete) y CIP el vendedor debe contratar un seguro de cobertura mínima (pérdida o daño de la mercancía) a menos que el contrato indique mayores coberturas o seguros especiales adicionales.



## **ANEXO 4**

### **PLAN DE EJECUCION DE LAS ESTRATEGIAS DE PRODUCCION MAS LIMPIA**

