



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL  
PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA TENERÍA INCA”**

**TRABAJO DE TITULACION**  
**Previa a la obtención del título de**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR**

**DANIEL ALEJANDRO GORDILLO ALTAMIRANO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

El presente trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal.

---

Ing. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera.  
**PRESIDENTE DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Dra. M.C. Georgina Ipatia Moreno Andrade.  
**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Riobamba, 9 de Agosto del 2015.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación, y más que solo un trabajo de titulación, es el esfuerzo de 6 años, los dedico a mi familia cercana.

A mi padre por ser la persona que me dirigió de una manera técnica y sentimental en la vida politécnica.

A mi madre por enseñarme lo grande que puede llegar a ser el amor maternal y apoyarme aunque a veces no haya estado en lo correcto pero valió más lo que aprendí.

A mi hermano por estar ahí cuando lo necesitaba y ser un buen amigo de aventuras.

Para finalizar mi dedicatoria, la dedico para mis hijos o hijas que aunque no los conozco aun todo el esfuerzo es para tener una mejor realidad, y como no dedicar a mi futura esposa que será mi compañera y amiga de toda la vida.

**Daniel**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de comienzo a Dios, fiel amigo y padre en momentos buenos y no tan buenos.

En segundo lugar a mi padre y madre ya que tuvieron la ilusión y deseo de tener un hijo más culto, educado, estudiado y con mejores oportunidades; yo sé que lo hicieron con todo el amor y lo voy a tener muy presente.

En último lugar pero no por eso menos importante mi agradecimiento va a cada uno de mis guías técnicos y muchos de las veces paternas, ya que han sabido proporcionar el calor y valor a este humilde estudiante que sin ofrecerles nada a cambio se esmeraron sin descanso alguno para transmitir sus conocimientos, a estos héroes sin capa, a mis queridos ingenieros e ingenieras.

**Daniel**

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Anexos	x
<u>I.INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>II.REVISIÓN DE LITERATURA</u>	6
A. ESTUDIO Y CALIDAD DE LA PIEL	3
B. PELAMBRE	5
C. CÓMO COMPENSAR LOS POSIBLES ERRORES O DEFICIENCIAS PRODUCIDAS EN ANTERIORES FASES DEL PROCESO	7
1. <u>Putrefacción</u>	7
2. <u>Pieles secas de vacuno poco remojadas</u>	8
3. <u>Pieles rancias</u>	8
4. <u>Piel hinchada del remojo</u>	9
D. COMO CONSEGUIR DETERMINADOS RESULTADOS, ELIMINANDO DEFECTOS U OBTENIENDO CALIDADES CONCRETAS QUE SE PIDAN EN EL ARTÍCULO FINAL	9
1. <u>Tacto</u>	9
2. <u>Soltura de flor</u>	10
3. <u>Resistencias</u>	10
4. <u>Finura de flor</u>	11
5. <u>Finura de felpa y ante</u>	11
6. <u>Plenitud</u>	12
7. <u>Grosor</u>	12
8. <u>Pietaje</u>	12
E. PELAMBRE O DEPILADO DE LAS PIELES OVINAS	12
1. Objetivos	13
2. <u>Tipos de pelambre</u>	13
3. <u>Factores a considerar en el pelambre</u>	14
F. PELAMBRE CLÁSICO	16

G.	PELAMBRE OXIDO REDUCTOR	17
1.	<u>Peróxido de hidrogeno</u>	19
a.	<u>Propiedades</u>	21
b.	<u>Información ecológica</u>	21
H.	PELAMBRE OXIDANTE CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	21
I.	PROBLEMÁTICA DEL DEPILADO CON SULFURO	24
1.	<u>Impacto en las aguas superficiales</u>	25
J.	PROCESO DE PELAMBRE SISTEMA THIOLIME	27
1.	<u>Reverzym GD</u>	31
2.	<u>Depilante orgánico Thiolime HS</u>	31
K.	MODERNOS SISTEMAS DE PELAMBRE DE MUY BAJA CONTAMINACIÓN	32
1.	<u>Ventajas del Sistema Thiolime</u>	32
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	35
A.	LOCALIZACION Y DURACION DE LA INVESTIGACION	35
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	35
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	36
1.	<u>Materiales</u>	36
2.	<u>Reactivos</u>	36
3.	<u>Equipos</u>	37
D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	37
1.	<u>A las aguas residuales de pelambre</u>	37
2.	<u>Al cuero</u>	38
a.	Físicas como	38
b.	Sensoriales como	38
F.	ANALISIS ESTADISTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	38
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	39
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	41
1.	<u>Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxigeno</u>	41
a.	Aparatos	41
b.	Reactivos	41
c.	Procedimiento	43

d.	Inoculación	44
e.	Pretratamiento de la muestra	46
2.	<u>Demanda química de oxígeno</u>	46
3.	<u>Determinación de la conductividad eléctrica</u>	47
a.	Equipos y materiales	48
b.	Reactivos	48
c.	Procedimiento	48
d.	Presentación de resultados	49
4.	<u>Resistencia a la tensión</u>	49
5.	<u>Porcentaje de elongación</u>	51
6.	<u>Llenura</u>	52
7.	<u>Blandura</u>	52
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIONES</u>	54
A.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA TENERÍA INCA	54
1.	<u>Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO5)</u>	54
2.	<u>Demanda Química de Oxígeno, (DQO)</u>	56
3.	<u>Conductividad eléctrica</u>	61
B.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.	64
1.	<u>Resistencia a la Tensión, N/cm<sup>2</sup></u>	64
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	68
C.	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.	71
1.	<u>Llenura</u>	71
2.	<u>Blandura</u>	75

D. EVALUACION ECONOMICA	78
V. <u>CONCLUSIONES</u>	80
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	81
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	
ANEXOS	



## RESUMEN

En las instalaciones de la tenería “Inca”, ubicada en la provincia de Tungurahua, parroquia Ambato, se realizó la evaluación del sistema de recuperación de pelo en el proceso de depilado, de cuero, por ser una investigación con muestreos combinados se consideró como tratamientos, al sistema tradicional (T1), que se lo comparó con el sistema modificado (T2), utilizando la prueba estadística t´student para determinar diferencias estadísticas. Los resultados indicaron que la evaluación del agua residual del pelambre registró una media de DBO<sub>5</sub> del 18055 mg/l, de DQO 32130 mg/l y de conductividad eléctrica 32.23 S/cm, dado que estos valores son altos se puede atribuir al proceso propio de sistema tradicional, en donde la inmunización del pelo no se realiza completamente y se llega a degradar una pequeña parte de la estructura proteica del mismo. La conductividad eléctrica demuestra que en las aguas del tratamiento T2, existe una menor reactividad con 29,55 S/m, en relación a las respuestas alcanzadas en las aguas del tratamiento T1, con 32,23 S/m, generalmente se requiere de aguas que poseen conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura. Al utilizar el sistema pelambre modificado el valor de DBO<sub>5</sub> fue de 12685 mg/l, lo que representó una elevación del 29,55% en la recuperación de pelo. El sistema de depilado modificado fue una producción más limpia por la reducción de carga contaminante en las aguas. La evaluación económica reporta el mayor beneficio/costo en los cueros del tratamiento T2 con 1,24; es decir una ganancia del 24 %.

## ABSTRACT

In The facilities of “Inca” tannery, located in Tungurahua province, Ambato parish, the evaluation of the hair recovery system on the depilation process of leather was performed. Due to it is a research with combined sampling, they were considered as treatments to the traditional system (T1), compared to the modified system (T2), by using the statistical test t’s student to determine statistical differences. The results showed that the evaluation of waste water of liming registered a BDO average of 18055mg/l, of CDO 32130 mg/l and 32.23 S/cm of electrical conductivity, since these are high values, they can be attributed to the process of the traditional system, where immunization of hair is not completely carried out and only a small part of the protein structure of it gets degraded. The electric conductivity demonstrates that in water of treatment T2 there is lower reactivity with 29.55 S/m compared to the results obtained in water from treatment T1 with 32,23 S/m. Generally water with very low electrical conductivity or similar to pure water is required. When using the modified liming system, the value of BDO<sub>5</sub> was 12685 mg/l, which represented an increase of 29,55% of hair recovery. The modified depilation system was a clean production because of the reduction of pollutant loads in water. The economical evaluation reported the highest benefit/cost in leather from treatment T2 with 1, 24; it means, a profit of 24%.

**LISTA DE CUADROS**

	Pág.
1. PROCESO DE PELAMBRE DE CUEROS.	6
2. FORMULACIÓN PARA UN PELAMBRE CLÁSICO.	17
3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PERÓXIDO DE HIDROGENO.	20
4. FORMULACIÓN DE UN PELAMBRE OXIDANTE.	23
5. FORMULACIÓN DE UN PELAMBRE REDUCTOR.	24
6. DATOS ANALÍTICOS COMPARATIVOS ENTRE DOS PROCESOS DE PELAMBRE.	30
7. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN AMBATO.	35
8. PELAMBRE TRADICIONAL DE LAS PIELES.	39
9. PELAMBRE MODIFICADO DE LAS PIELES.	40
10. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA "TENERÍA INCA".	55
11. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.	65
12. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.	72
13. EVALUACIÓN ECONÓMICA.	79

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°	Pág.
1. Estudio y calidad de la piel.	5
2. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa “Tenería Inca”.	57
3. Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa “Tenería Inca”.	59
4. Comportamiento de la Conductividad eléctrica de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa “Tenería Inca”.	62
5. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.	66
6. Comportamiento del porcentaje de elongación del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.	69
7. Comportamiento de la blandura del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.	74
8. Comportamiento de la blandura del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.	76

**LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

N°		Pág.
1.	Vista del interior del bombo al final del proceso de pelambre no destructor de pelos.	28
2.	Medición de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación del cuero.	50
3.	Determinación de las calificaciones sensoriales del cuero.	53

## LISTA DE ANEXOS

N°

1. Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
2. Evaluación de la demanda Química de Oxígeno (DQO<sub>5</sub>) de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
3. Evaluación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
4. Evaluación de la resistencia a la tensión de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
5. Evaluación del porcentaje de elongación de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
6. Evaluación de la llenura de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.
7. Evaluación de la blandura de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Dado que en la actualidad, los problemas ambientales están acentuándose cada vez más debido a varios factores a nivel mundial que afectan directa o indirectamente a los recursos no renovables que poseemos, en el mundo se está comenzando a crear una cultura de protección del medio ambiente que va desde las escuelas, colegios hasta llegar a las universidades, lo cual va a marcar una etapa en el transcurso de la estancia de los seres humanos en el planeta; ya que, tomando en cuenta que desde la revolución industrial, caracterizada por la explotación indiscriminada de los recursos no renovables, al igual que por la producción y emisión de desechos tóxicos.

En el país se produce una gran cantidad de contaminantes ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, todos estos provienen de empresas ubicadas en diferentes campos como son la metalurgia , química, alimentos y subproductos, varias de estas empresas no realizan esfuerzos por controlar sus emisiones en cada proceso, ya que representa un costo extra a la producción y no genera mayores ingresos, todo esto tomando en cuenta que la legislación y normativa ambiental del país está vigente y se ha venido incumpliendo cada una de estas obligaciones. La ribera es una de las primeras etapas en la transformación de piel en cuero y se considera el proceso que más consumo de agua tiene, además es una etapa muy contaminante, ya que se utiliza sulfuro y cal en el pelambre reductor. Según la situación medioambiental actual, se ha intentado disminuir el consumo de agua, así como también la carga contaminante.

Por otra parte, la presencia de sulfuro de sodio provoca el riesgo de presencia de ácido sulfhídrico, gas que es muy tóxico y que a su vez ha causado varias muertes en los operarios de curtidos a lo largo de los años. En contraste con toda esta problemática la empresa tenería "INCA" en el afán de poder disminuir las emisiones de contaminantes sólidos en sus efluentes, ha realizado varios cambios en la producción y manera de proceder con los residuos. Uno de estos procesos es el pelambre ya que en la transformación de pieles a cueros, es uno de los procesos que más aporta con desechos sólidos, este consiste en desnaturalizar el

pelo y sacarlo prácticamente pulverizado, la empresa invirtió en cambiar este proceso a uno nuevo y mejorado. El proceso de extracción del pelo se lo realiza con normalidad pero la empresa no tiene un estudio a profundidad de qué cantidad de contaminación es la que está evitando arrojar a la alcantarilla, esta información es requerida por el Ministerio del Medio Ambiente para permitir su funcionamiento y a largo plazo llegar a obtener la licencia ambiental.

La información que se generó en esta investigación es beneficiosa no solo para la empresa sino que beneficia a todo el sector de producción de pieles y de esta manera poder acercarse mucho más al cumplimiento de la legislación y normativa ambiental ecuatoriana, ya que de otra manera el Ministerio del Ambiente se encontró en la obligación de parar las actividades de la empresa hasta tener una producción más limpia. Razón por la cual se busca en la medida de lo que sea posible la disminución de la contaminación que se convierte en una acción de vital importancia para el desarrollo de la industria. En los procesos de ribera como es conocido la contaminación viene dada principalmente por el desecho del pelaje del animal; por lo cual, esta investigación trata de disminuir la presencia del pelaje animal en las aguas residuales para que no exista esta carga. De lo expuesto anteriormente los objetivos fueron:

- Identificar la situación actual del sistema de extracción de pelo de las aguas residuales del proceso de depilado de las pieles.
- Determinar la cantidad de pelo que se conseguirá recuperar del agua utilizada en el depilado de las pieles, e identificar la calidad del agua procedente del proceso de depilado de pieles.
- Determinar los costos del proceso de extracción de pelo en el proceso de depilado de las pieles.
- Proponer un sistema de producción más limpia para el depilado de las pieles de la Tenería Inca de la ciudad de Ambato.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. ESTUDIO Y CALIDAD DE LA PIEL

Juran, J. (2003), menciona que la piel es la estructura externa de los cuerpos de los animales. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora: pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como:

- Regular la temperatura del cuerpo.
- Eliminar sustancias de desecho.
- Albergar órganos sensoriales que nos faciliten la percepción de las sensaciones térmicas, táctiles y sensoriales.
- Almacenar sustancias grasas
- Proteger el cuerpo de la entrada de bacterias.

Lacerca, M. (2003), reporta que la piel responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud. La transformación de la piel de un animal en cuero, lo conoce el consumidor en forma de zapatos, billeteras, cinturones, bolsos, chaquetas etc. Cada uno de estos artículos tiene una finalidad y como tal, requiere también de su propio procedimiento de fabricación. Una vez se tiene elaborado el cuero, se distribuye a los compradores que son los almacenistas o los manufactureros (fabricantes de zapatos, por ejemplo).

Para <http://www.guanajuato.guamexico.com>.(2014), como es sabido, la piel está formada principalmente por proteínas, si se mantuviera en su estado de origen se estropearía, así que es necesario tratarla. Las primeras operaciones que recibe la piel se conocen entre los profesionales como “procesos húmedos o de ribera”; puesto que se requiere de la presencia continuada del líquido elemento. Estas operaciones son las de: Remojo, depilado, calcinado, descarnado, dividido,

desencalado, rendido, desgrasado y el piquelado. Esto en cuanto a las operaciones de ribera, también se realizan en húmedo las operaciones de curtido, neutralizado, recurtido, teñido y engrase. La piel que llega de los almacenes de conservación, tiene generalmente tres capas bien diferenciadas, la epidermis, la dermis y la subcutánea o endodermis; en los tratamientos posteriores de obtención del cuero la mayoría de las veces se eliminan la epidermis y la capa subcutánea, quedando solamente la dermis. La dermis está constituida fundamentalmente de fibras de una proteína llamada colágeno, pero también contiene fibras elásticas, de reticulina, vasos sanguíneos, nervios, células grasas y tejido muscular. La composición porcentual de estos componentes varía gráficamente de la capa superior llamada "flor" hasta la capa inferior llamada carne". Esta composición y porcentaje entre diferentes aminoácidos que forman el colágeno, varía también entre diferentes especies (una piel de oveja, es muy diferente a una piel de vaca) y dentro de una misma especie, con la edad, procedencia, etc, del animal; de hecho los curtidores dicen que no hay ninguna piel que se comporte exactamente igual.

Libreros, J.(2003), señala que la piel animal se compone de tres capas diferenciadas: la epidermis (capa exterior), el tejido conjuntivo (capa dermis) y el tejido subcutáneo. Durante el tratamiento de la piel la dermis debe separarse de las otras. Observando al microscopio un corte transversal de una piel fresca de bovino es: fácil diferenciar sus constituyentes: los pelos; una delgada capa externa, la epidermis, y una ancha capa media, la dermis, en esta capa que constituirá la piel pueden distinguirse a simple vista las dos capas que la forman: la capa superior, es la capa papilar, atravesada, por orificios capilares y salidas de las excreciones producidas por las glándulas sebáceas y sudoríparas. Cada piel posee un dibujo granular distinto, que le confiere su atractivo particular, esto se debe a que está limitada exteriormente por una membrana que cierra sus poros y cuyas sinuosidades constituyen la grana natural o flor del cuero.

Según <http://www2.inecc.gob.mx> (2014), bajo la capa papilar se encuentra la capa reticular, compuesta, principalmente por un gran número de filamentos cruzados responsables de la resistencia y la solidez de la piel. En la piel bovina

encontramos que la relación entre la capa papilar y reticular es de 1a 3,5; es decir, se trata de una, piel muy sólida. La dermis contiene un 90% de proteínas, en su mayor parte colágeno. Al preparar la piel se tiene en cuenta las propiedades de las moléculas de colágeno, que absorben fácilmente el agua y ligan las distintas sustancias del tratamiento, en el gráfico 1, se ilustra la histología de la piel.

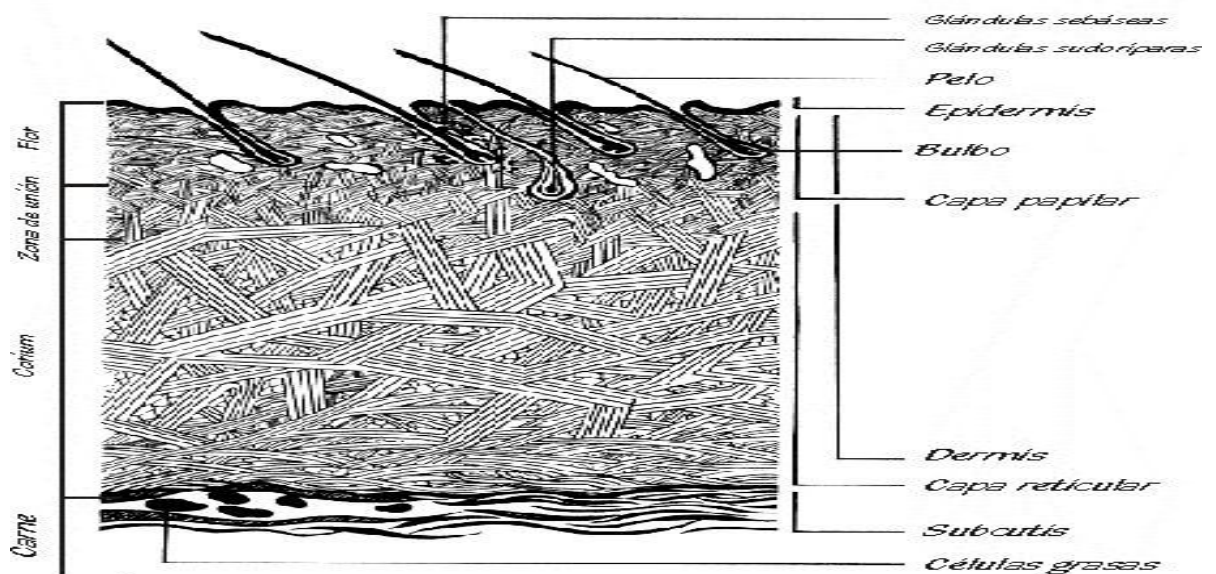


Gráfico 1. Histología de la piel.

## B. PELAMBRE

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que una vez la piel esta hidratada, limpia y con parte de sus proteínas eliminadas en el remojo el siguiente paso es el pelambre (no en todas las pieles ya que hay algunos artículos en los que se conserva la lana). El pelambre es una hidrólisis química que provoca el hinchamiento de la piel y hace que se desprenda el pelo, y se descompone. El depilado de las pieles se puede realizar de distintas maneras. Antes del pelambre se hacía únicamente con cal y duraba 15 días .Ahora se utiliza el sulfuro y sulfhidratosódico, pero al ser tan altamente contaminante se está trabajando con otras alternativas como puede ser la utilización de aminos o enzimas, el pelambre oxidativo, pelambres con recuperación de pelo, etc. También existe el pelambre manual que se utiliza para piel ovina. Se efectúa por embadurnado aplicando la pasta por el lado carne.

Se quema la raíz y se extrae fácilmente. Este método también se puede hacer en piel vacuna pero la pasta tarda mucho en penetrar. Es un procedimiento lento pero la pasta queda mejor Una formulación de un pelambre tradicional con destrucción de pelo sería la que se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. PROCESO DE PELAMBRE DE CUEROS.

Pieles remojadas y lavadas	% sobre peso salado 50- 200%
Agua 20-22 °C	2 %
Sulfuro de sodio	2%
Hidróxido de calcio	2 %
Aminas y /tensoactivos	1%
Rodar 1 hora	
Sulfuro de sodio	1 %
Hidróxido de calcio	1 %
Rodar 2 horas	
Hidróxido de calcio	1 %
Rodar 1 hora	
Rodar y parar 24-.48 horas	

Fuente: Hidalgo,L. (2004).

Adzet, J. (2005), señala que la adición de los productos se hace en tres tomas para que las pieles se hinchen despacio. Lo ideal sería que no se produjera hinchamiento, pero con la adición de álcalis es inevitable. Las aminas y los tensoactivos disminuyen la velocidad de hinchamiento y disminuyen el hinchamiento. La flor queda más fina. Con NaHS la alcalinidad sube más despacio y el hinchamiento se produce más lentamente. Si se pone la cal primero, se inmuniza el pelo y no se extrae, se utiliza para los pelambres con recuperación de pelo. Si la cal se pone después, se produce en la piel un hinchamiento osmótico debido a los grupos (OH). Se produce un hinchamiento de la fibra y un acortamiento lo que provoca rigidez en la piel, que se conoce como turgencia. El

ion  $\text{Ca}^{2+}$  produce un hinchamiento hidrotópico, es decir, disminuye el hinchamiento evitando que la fibra se acorte. Los grupos  $(\text{OH}^-)$  provocan el hinchamiento de la piel, y  $\text{Ca}^{2+}$  hidroliza las fibras atacando en donde se produce el acortamiento evitando así, las arrugas y favoreciendo la entrada de agua entre las fibras.

Artigas, M. (2007), expone que la tendencia que siguen los procesos de pelambre es reducir la cantidad de sulfuro a la mitad mediante la introducción de enzimas, la recuperación del pelo y la disminución del tiempo empleado. En la primera adición se pretende poner poca cantidad de cal y rodar poco tiempo para inmunizar el pelo. La segunda adición de  $\text{Na}_2\text{S}$  y auxiliares es para quemar la raíz. El sistema de pelambre por embadurnado consiste en ir añadiendo varias veces una solución de  $\text{Na}_2\text{S}$ , de forma manual o automática, por el lado carne durante una hora. Para que este sistema funcione bien, la piel tiene que estar bien escurrida. Como hay poca cantidad de agua la piel se hincha muy poco.

### **C. CÓMO COMPENSAR LOS POSIBLES ERRORES O DEFICIENCIAS PRODUCIDAS EN ANTERIORES FASES DEL PROCESO**

Soler, J. (2005), expone que para compensar los posibles errores o deficiencias producidas en anteriores fases del proceso se debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

#### **1. Putrefacción**

Soler, J. (2005), señala que en el caso de que se tenga pieles con putrefacción ya se ha producido una hidrólisis, por consiguiente se ha de reducir el efecto de hidrólisis química que se produce en el calero y/o la hidrólisis enzimática que se produce en el pelambre. Por eso se pueden tomar las siguientes precauciones:

- Disminuir la cantidad de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  o eliminarla.
- Disminuir la cantidad de enzimas.

- Reducir la temperatura. Intentar trabajar entre 20° y 25°C.
- Reducir el tiempo de rodaje.

## **2. Pieles secas de vacuno poco remojadas**

Juran, J. (2003), menciona que si las pieles no están bien remojadas su macroestructura está remojada pero su microestructura no lo está, entonces es conveniente que el hinchamiento que se produce en el calero sea muy progresivo, es decir, que sea parecido a un remojo. Si las pieles no son vacunas es mejor hacer el pelambre por embadurnado, si es posible. Es mejor trabajar al principio con baño corto ya que así se evita un hinchamiento muy brusco. También se puede aumentar la cantidad de aminos y tensoactivos ya que ayudan a completar el remojo. Para que el calero sea progresivo es conveniente repartir la cal y el sulfuro en varias adiciones.

## **3. Pieles rancias**

Lacerca, M. (2003), reporta que el enranciamiento es un defecto característico de las pieles secas. Este defecto consiste en que la grasa natural de la piel durante el secado o su posterior almacenamiento se oxida por acción del oxígeno del aire, proceso que está favorecido por la acción de la humedad ambiente y que es más activo a temperatura ambiente elevada. Los productos que se forman durante el enranciamiento, entre los cuales se encuentran algunos aldehídos, primero impregnan la piel y posteriormente pueden llegar a fijarse sobre las fibras de colágeno dando una curtición parecida al formol. Las fibras de colágeno que han sufrido esta transformación se remojan deficientemente y la calidad del cuero obtenido con ellas es dura y a veces quebradiza.

Para <http://www.guanajuato.guamexico.com>.(2014),el enranciamiento no se encuentra frecuentemente en pieles cabrías, vacunas. Las pieles que presentan el defecto de enranciamiento presentan un aspecto del lado carne más oscura de lo normal. Este defecto de enranciamiento donde se identifica más es en el proceso

de remojo, ya que las zonas rancias de la piel presentan una difícil humectación y menor hinchamiento. Durante el pelambre y calero los aldehídos se combinan irreversiblemente con la piel dando zonas de aspecto vítreo, características que persisten en las demás operaciones. Para solucionar el problema de enranciamiento en el pelambre y calero se tendría que aumentar el ataque químico, es decir provocar más hidrólisis, para eso se tendría que:

- Aumentar el tiempo para que las pieles sean más blandas.
- Aumentar la temperatura a 25-26°C pero sin pasarnos, ya que si no nos quedaríamos sin pieles.
- Aumentar la cantidad de Na<sub>2</sub>S y enzimas.
- Adicionar un 0,5% de tensoactivo para que ayude a emulsionar la grasa enranciada.

#### **4. Piel hinchada del remojo**

Libreros, J. (2003), señala que si las pieles nos llegan hinchadas del remojo se tendrán que lavar más y añadir si es posible algún desencalante.

### **D. COMO CONSEGUIR DETERMINADOS RESULTADOS, ELIMINANDO DEFECTOS U OBTENIENDO CALIDADES CONCRETAS QUE SE PIDAN EN EL ARTÍCULO FINAL**

Para conseguir determinados resultados, eliminando defectos u obteniendo calidades concretas que se pidan en el artículo final.

#### **1. Tacto**

Libreros, J. (2003), señala que si hacemos un pelambre más largo, las pieles quedaron más blandas. Pero también tendremos las pieles con más puntos reactivos en los cuales se podrán fijar los productos curtientes, que en el caso que

den compacidad da lugar a pieles más duras. Este fenómeno se puede ver en la fabricación de suela. El proceso de calero es fuerte y sin embargo la piel es dura. Para que el calero sea más eficaz se puede jugar con tres variables, que son el tiempo de rodaje, la temperatura y la cantidad de cal. Si se deja rodar durante más tiempo, las pieles nos quedaron más blandas. La temperatura es el factor que afecta más al tacto. Cuanta más alta sea la temperatura, más blandas quedaran las pieles, pero con el peligro que a 40°C se produce una desnaturalización de la piel, con lo cual se disuelve la sustancia piel en el baño. La cal hace que las pieles queden un poco más blandas, pero el sulfuro sódico hace que queden un poco duras. Por consiguiente, el tacto dependerá de la proporción en que se encuentren los dos productos.

- El tipo de tacto difícilmente se puede conseguir a través del pelambre únicamente.
- El tacto de tubo (elástico) va asociado a pieles no muy blandas. Es una característica apropiada para empeine de zapato.
- El tacto caído (trapo) se consigue mediante un exceso de calero.

## **2. Soltura de flor**

Artigas, M. (2007), manifiesta que aparecerá soltura de flor debido al ataque fuerte del calero, ya que las pieles quedaran vacías. También podrá aparecer si se produce un hinchamiento brusco, pero este problema se puede solucionar efectuando adiciones progresivas o embadurnando. Un exceso de efecto mecánico también perjudica.

## **3. Resistencias**

Para [http: www.cueronet.com](http://www.cueronet.com).(2014), si se quieren conseguir máximas resistencias, lo ideal es no tener que efectuar calero. Si tenemos un exceso de calero, las fibras se van acortando y se convierten cada vez más en pre gelatina debido al proceso de hidrólisis. Por eso la resistencia al desgarró se verá



perjudicada. Entonces la estructura cada vez es más reactiva, lo que favorecerá la fijación de los productos curtientes. Por esta razón las fibras se alargaran más debido a la desestructuración, y por lo tanto el alargamiento aumentó, pero al depositarse en exceso los productos curtientes, las fibras se rompen. La rotura de flor también se ve afectada, como en el caso anterior, un exceso de calero aumenta la reactividad de la piel, se deposita un exceso de curtiente en la flor, se encuentra sobrecurtida, la flor no es elástica y se rompe. Si utilizamos enzimas en el pelambre, la piel puede sufrir un ataque enzimático, con lo cual el rendido puede ser más eficaz. Pero puesto que las enzimas empiezan a actuar por la flor, un exceso de calero enzimático puede producir que la flor salte rascando, es decir, puede disminuir la resistencia a la abrasión.

#### **4. Finura de flor**

Según <http://www.inese.es>. (2014), un exceso de calero nos producirá un excesivo hinchamiento y turgencia, lo que harán que las arrugas sean más pronunciadas. Como ya hemos explicado anteriormente, un exceso de calero produce que la piel sea más reactiva y se llegue a producir una sobrecurtición, con lo cual la flor quedó más llena y más visible. En el caso contrario, un déficit de calero provocó que la piel está cerrada, porque solo ha ocurrido el fenómeno físico de hinchamiento, con lo cual se marcaron las arrugas en el cuello. Hay algún artículo de moda en que son necesarios los cuellos arrugados, entonces lo más apropiado es realizar un pelambre frío, con gran cantidad de  $\text{Na}_2\text{S}$ , ejecutar un desencalado deficiente, y disminuir el tiempo de rodaje.

#### **5. Finura de felpa y ante**

Cotance, A. (2004), indica que para conseguir una finura de felpa y ante es aconsejable que se aumente la cantidad de cal para que la piel aumente su reactividad. Además la piel no será alargada.

## **6. Plenitud**

Herfeld, H. (2004), menciona que el pelambre no llena las pieles. Para aumentar la plenitud lo mejor sería no hacer pelambre. Para intentar mejorar la plenitud se puede reducir el efecto del calero, reduciendo el tiempo de rodaje y no reducir la temperatura.

## **7. Grosor**

Para <http://www.clariant.com>.(2014), para aumentar el grosor se deberían hinchar un poco las pieles en el pelambre y no deshincharlas en el desencalado. Pero esto solo se puede hacer con cerrajes.

## **8. Pietaje**

Según <http://www.ance.com>.(2014), cuando se piensa en el pietaje, se piensa generalmente con las operaciones mecánicas y no con el pelambre. Hay que fijarse si los cuellos están cerrados, con arrugas y alargados. Aumentando el calero podríamos aumentar el pietaje porque la piel esto más blanda y la máquina de escurrir la podrán abrir mejor. Con un calero escaso no se abrirán las fibras, entonces tendremos que aumentar el tiempo de rodaje, a temperatura, adicionar enzimas y aminos.

## **E. PELAMBRE O DEPILADO DE LAS PIELES VACUNAS**

Para <http://www.monografias.com>.(2014), generalmente, al ser compatibles el pelambre y el calero se pueden realizar a la vez, hay que comentar que esta fase de la curtición es una de las más contaminantes y por ello hoy en día se buscan diferentes métodos para disminuir el grado de contaminación de las aguas residuales, es decir que cuando ya se ha dado por terminado el remojo, las pieles están debidamente hidratadas limpias y con parte de sus proteínas eliminadas y de ahí pasan al pelambre que tiene como finalidad, elimina la epidermis y lana.

## **1. Objetivos**

Bacardit, A. (2004), pone de manifiesto que por una parte el objetivo del pelambre consiste en la eliminación de la epidermis, pelo o lana, en cambio el calero tiene como objetivo la hidrólisis del colágeno, para crear puntos de reactividad química y conseguir que los productos adicionados puedan reaccionar con mayor facilidad en el cuero. Además, el pelambre y el calero pueden provocar un hinchamiento en la piel produciendo un aflojamiento de la estructura de la piel y facilitando el paso por las máquinas de descarnar y dividir. También se produce una saponificación de parte de la grasa natural de la piel.

## **2. Tipos de pelambre**

Angulo, M. (2007), declara que en éste proyecto se han podido diferenciar dos grandes tipos de pelambres, por una parte hay los pelambres reductores, los cuales son utilizados hoy en día, y por otra parte tenemos los pelambres oxidantes. A continuación se realizó una breve clasificación de todos los tipos de pelambres reductores utilizados en la actualidad.

- Pelambres enzimáticos: Es un pelambre que consiste en el ataque de enzimas que produce la misma piel o por lo contrario el ataque se realiza con unos preparados enzimáticos, estas enzimas son digeridas por la capa de Malpighi y las células basales del folículo piloso. Dentro de los pelambres enzimáticos se puede diferenciar dos grandes subtipos de pelambres como son:
- Depilado por resudado: Es un tipo de depilado que consiste básicamente en dejar crecer la flora bacteriana para poder obtener las enzimas; y de esta manera, estas puedan hidrolizar la proteína de la epidermis y crear una desunión de la dermis y la epidermis, consiguiendo que la lana se pueda arrancar con mucha facilidad. Las condiciones de trabajo de éste método pueden ser varias, por ejemplo se puede realizar la operación a una temperatura de entre 8-12°C, pero duró entre 1-2 semanas, si por lo contrario se quisiera acelerar el proceso, se tendría que trabajar a una temperatura

entre 20-25°C y puede durar entre 1-2 días. Hay que tener en cuenta que si hay demasiada temperatura puede existir riesgo de encogimiento de la piel.

- Depilado con preparados enzimáticos: Como su propio nombre indica en éste método se utilizan preparados enzimáticos que pueden proceder de animales o vegetales, pero los más utilizados, ya sea en pieles de cabra como vacunas son los preparados enzimáticos de hongos. El método de trabajo se basa en espolvorear el preparado enzimático sobre el lado carne de la piel, después se apilan las pieles un tiempo de 18-24 horas en reposo. Pasado éste tiempo se debe realizar un tratamiento a la piel con sulfuro y cal para hinchar la piel. Por último, se debe tener en cuenta que el rendimiento debe ser breve y suave para evitar que la piel quede muy vacía.
- Embadurnado: Es un método que normalmente se utiliza para recuperar la lana en pieles ovinas de una calidad alta. Antiguamente se hacía una pasta de sulfuro, cal y un espesante inerte, se mezclaba todo y se pintaba por el lado carne con una brocha y se dejaba reposar. Al tener la piel y la pasta poco agua el hinchamiento que se genera es más lento que el pelambre en bombo. En la actualidad, la pasta que se utiliza no tiene cal y se aplica a la piel mediante una ducha, siendo ésta más práctica que la brocha. Hay que tomar en cuenta, que en el embadurnado no se produce el efecto del calero, por ello hay que realizar un calero después del embadurnado.

### **3. Factores a considerar en el pelambre**

Boccone, J. (2009), reporta que los diferentes factores a considerar en la formulación de un proceso de pelambre realizado en fulón son:

- Tanto por ciento de baño: Cuanto menor sea el baño más concentrada será la solución y menos agua existirá para entrar en las fibras hinchándolas, con ello, se hincharán menos las capas superficiales y más fácilmente atacarán las soluciones la raíz de la lana; además de atacar asimismo más rápidamente la lana en sí. No obstante los productos depilantes por ser alcalinos hidrolizan al

colágeno y no pueden sobrepasarse ciertas concentraciones sin peligro para la integridad de la piel.

- Cantidad de productos depilantes: Valen las mismas consideraciones que sobre el porcentaje de baño pero en sentido inverso, es decir: más cantidad de producto generó una mayor seguridad y cinética del proceso, pero será más peligroso para la piel en sí. En general se tiende a usar la mínima cantidad que asegure un buen depilado, con el baño más corto posible, consiguiéndose así los mejores resultados con el mismo costo y menor contaminación del agua.
- Temperatura: Cuanto más alta sea ésta, menos turgencia y hasta cierto punto hinchamiento sufre la piel, y más fácil es el acceso de los productos depilantes a la raíz de la lana (poro menos cerrado), así mismo son más rápidas las reacciones químicas, menos sensible la piel al efecto mecánico, pero desafortunadamente el ataque químico, también es mayor, lo que limita el uso de temperaturas altas. En general es conveniente no sobrepasar los 30°C, o bien reducir el tiempo del proceso de pelambre.
- Efecto de remojo en la piel: Cuanto mejor se haya efectuado el remojo, menos drástico deberán ser las condiciones del depilado y más facilidad de acceso de los productos depilantes hasta la raíz de la lana.
- Presencia de sales neutras: Facilitan el proceso de penetración al frenar en parte el hinchamiento, las sales sin efecto liotrópico son mejores, puesto que las liotrópicas, usadas en pequeñas cantidades, pueden aumentarlo, no facilitando así, sino entorpeciendo el pelambre. Por existir pocas sales asequibles no liotrópicas, y producirse fenómenos secundarios no muy conocidos y poco beneficiosos para la piel, no se usan en general en el pelambre.
- Efecto mecánico: Ayuda al proceso de penetración y difusión de los productos depilantes, y por el rozamiento entre las pieles, el desprendimiento de la lana y de la epidermis semi-disueltos, así como un cierto labrado de flor. Hay que tener cuidado; sin embargo, ante la posible rotura de fibras que se obligan a moverse en estado hinchado y por tanto con mucha tensión. Todo esto puede

generar un aumento de temperatura, que debe controlarse, máximo si consideramos las reacciones químicas del depilado son exotérmicas. También deben evitarse los fenómenos de abrasión provocados en la flor de las pieles por las paredes mal pulidas del reactor (fulón, batán, mixer u otros).

- Productos auxiliares: Analicemos los más comúnmente utilizados que son los tensoactivos no iónicos, emulsionantes o detergentes. Evidentemente son útiles, por facilitar tanto la difusión de los productos depilantes, al hacer más mojante la solución, como por facilitar el contacto con las zonas grasas de la piel con los productos depilantes, y facilitar el ataque a la raíz de la lana.

## **F. PELAMBRE CLÁSICO**

Bello, M. (2008), afirma que en el pelambre clásico se utilizan productos químicos depilantes en contacto con las pieles remojadas en un baño (disolución-suspensión en agua), en fulones (bombos), batanes (molinetas) y/o mezcladores, etc. A través del efecto mecánico se ayuda a la eliminación de la lana y la epidermis al rozar unas pieles con otras, o con las paredes del recipiente. Con este método no se logra generalmente (hay excepciones), recuperar la lana que se destruye y pasan a los líquidos (lo que genera serios problemas en el tratamiento de efluentes). En el cuadro 2, se reporta la fórmula para un pelambre clásico.

Según <http://www.hewit.com.download.pdf>.(2014), el depilado químico en solución se efectúa principalmente con productos que suministran iones OH<sup>-</sup>, por ejemplo hidróxido de calcio, y otros hidróxidos como el de amonio, bario o estroncio o mediante sulfuros, por ejemplo sulfuro sódico, sulfuro cálcico, sulfuro de arsénico, sulfhidrato sódico, sulfhidrato cálcico y otros sulfuros alcalinos o alcalinotérreos.

Cuadro 2. FORMULACIÓN PARA UN PELAMBRE CLÁSICO.

Operación	Producto	%	T°	Tiempo Minutos
Baño	Agua	100	Ambiente	10
	Sulfuro de Sodio	0.4		10
	Sulfuro de Sodio	0.4		10
	Agua	50		
	Sal	0.5		10
	Sulfuro de Sodio	0.5		30
	Cal	1		30
	Cal	1		30
	Cal	1	3 horas	
Reposar el bombo por 20 horas				
Rodar por 30 minutos				
Botar el baño				
Baño	Agua	200	Ambiente	20
Botar el baño	Agua	100	Ambiente	30
	CaL			

Baño

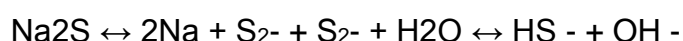
Botar baño mezclas de los mismos con hidróxidos. Menos interés tienen los otros tipos de apelmbrado químico en solución, en los que se emplean aminas, productos liotrópicos, agentes reductores, etc.

Fuente: <http://www.cueronet.pelambre.com>.(2014).

## G. PELAMBRE OXIDO REDUCTOR

Según <http://www.asebio.com>.(2014), es una de las operaciones de ribera que se lleva a cabo en la curtición del cuero intentando preparar la piel para el curtido. En esta fase, las pieles con lana deben de quedar completamente limpias. Así pues, en el proceso de pelambre se debe eliminar el material hecho de queratina como

son las raíces capilares, la epidermis y la lana y dejar limpio el lado flor para las siguientes etapas. En la actualidad éste tipo de pelambre es el más utilizado en las tenerías, en el método de trabajo se emplea sulfuro sódico, el cual es muy soluble y se debe de conservar en sacos bien cerrados, ya que puede reaccionar con el aire y oxidarlo. El sulfuro sódico al reaccionar con el agua genera las siguientes reacciones:



En el mismo sitio electrónico <http://www.asebio.com>.(2012), se asegura que al observar las reacciones se podría decir que la presencia reductora de los sulfuros ( $\text{HS}^-$  y  $\text{OH}^-$ ), genera la ruptura de los puentes de disulfuro de la cistina y la hidrólisis de la queratina. En muchas ocasiones se suele combinar sulfuro sódico y el sulfhidrato sódico en el baño, porque el sulfhidrato es menos reductor que el sulfuro y además se añade primero el  $\text{NaHS}$  para llegar a obtener valores de  $\text{pH} = 12-13$  antes de añadir la cal. Hidalgo, L. (2004), reporta que otro producto empleado en éste tipo de pelambre reductor es el hidróxido cálcico, que tiene dos importantes efectos físicos: el hinchamiento osmótico e hinchamiento liotrópico. El resultado es que la piel se hincha y se empapa de agua, se abren las fibras y permite que los productos curtientes puedan penetrar fácilmente en la piel. No obstante, es un producto muy poco soluble y los baños se preparan con un exceso de cal, ya que así la cal disuelta se puede fijar en la piel. Hay que tener cuidado porque el hidróxido cálcico que se encuentra fijado en la piel puede reaccionar con el aire y generar una serie de manchas en la piel, las cuales son difíciles de eliminar.

Agudelo, S. (2007), reporta que normalmente la cal deja la piel un poco vacía, por el mencionado efecto liotrópico que tiene sobre la piel, rompiendo los puentes de hidrógeno, formando enlaces más fuertes y haciendo que las proteínas se vuelvan solubles. En el calero también se produce una hidrólisis de grupos peptídicos ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ ), forman grupos y hacen que los curtientes reaccionen posteriormente mejor con la piel. Se debe de tener ciertas precauciones a la hora de utilizar el hidróxido cálcico, porque puede precipitar en contacto con el aire y afectar en el



proceso del rendido, ya que las fibras no quedarían rendidas. Uno de los efectos que más se tiene en cuenta hoy en día es la inmunización de la lana, esto se puede conseguir añadiendo en el bombo solo cal, además se crean compuestos que son difíciles de disolver. A menudo, las empresas de curtición suelen utilizar este efecto en los procesos de recuperación de la lana. Por otra parte, en el pelambre reductor también se suele utilizar hidróxido sódico en lugar del hidróxido cálcico, ya que sube ligeramente la alcalinidad hasta llegar a un pH igual a 13 y así obtener la inmunización de la lana.

Según <http://www.tilz.tearfund.org>.(2014), otro producto que también se utiliza son las aminas, las cuales son las causantes de mejorar el efecto de ataque al pelo o la lana, minimizando la cantidad de sulfuro en el baño y disminuyendo así la cantidad de contaminación en el baño. En este método hay que tener en cuenta, que la piel absorbe mucha agua para equilibrar la concentración de iones dentro y fuera de la piel. Si la piel queda muy rígida, quiere decir que al absorber el agua las fibras no se han roto y por ello la piel queda dura, si por lo contrario hubiera habido un desdoblamiento de las fibras la piel quedaría blanda. La temperatura del baño es otro de los factores que influyen en la turgencia de la piel, ya que las bajas temperaturas la favorecen y las altas la inhiben. En este tipo de pelambre se debe de tener en cuenta, que según el artículo que se desee, la oferta entre el sulfuro y cal será diferente. Por ejemplo, para un artículo como un empeine la cantidad de sulfuro utilizada en el proceso será más alta que la cantidad de cal, por otra parte si en la piel se realiza el proceso de curtición vegetal, la cantidad de sulfuro será baja, ya que se pretende crear puntos reactivos que fijen más los taninos vegetales.

### **1. Peróxido de hidrogeno**

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que el peróxido de hidrogeno es un compuesto químico con características de un líquido altamente polar, fuertemente enlazado con el hidrógeno tal como el agua, que por lo general se presenta como un líquido ligeramente más viscoso que ésta, es un poderoso oxidante. A temperatura ambiente es un líquido incoloro con sabor amargo, pequeñas cantidades de

peróxido de hidrógeno gaseoso se encuentran naturalmente en el aire, es inestable y se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de calor. Su velocidad de descomposición puede aumentar mucho en presencia de catalizadores. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica o algunos metales, como el cobre, la plata o el bronce.

Según [http: www.peroxidohidrogeno.com](http://www.peroxidohidrogeno.com).(2014), el peróxido de hidrógeno se encuentra en bajas concentraciones (3 a 9%), en muchos productos domésticos para usos medicinales y como blanqueador de vestimentas y el cabello. En la industria, el peróxido de hidrógeno se usa en concentraciones más altas para blanquear telas y pasta de papel, y al 90% como componente de combustibles para cohetes y para fabricar espuma de caucho y sustancias químicas orgánicas. En otras áreas, como en la investigación, se utiliza para medir la actividad de algunas enzimas, como la catalasa. Las características de este producto son

- Fórmula molecular  $H_2O_2$
- Peso molecular 34.016 g/mol
- Sinónimos Dióxido de hidrógeno Agua oxigenada

El peróxido de hidrógeno o agua oxigenada como se conoce comúnmente es un agente oxidante fuerte, relativamente fácil de manejar, como se reporta en el cuadro 3.

Cuadro 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PERÓXIDO DE HIDROGENO.

Producto	Porcentaje en peso	
Concentración	49.9 - 50.5%	
Hierro	Máx.	10 ppm
Estaño	Máx.	10 ppm

Fuente: <http://www.tilz.tearfund.org>.(2014).

### **a. Propiedades**

Soler, J. (2008), manifiesta que las propiedades del producto son:

- Presentación: líquido cristalino.
- Color: max. 15° APHA
- Olor: inoloro.
- Densidad (20°C, g/cm<sup>3</sup>), 1.2 máx.
- Punto de Ebullición (°C), 114
- Punto de Fusión (°C), -52
- Ph: 2.5 máx.
- Acidez, ml NaOH/25g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2.5 máx.
- Estabilidad 10% máx.
- Descomposición a 96°C, por 16 horas.
- Acidez en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 29-32°C.

### **b. Información ecológica**

Shreve, R. (2004), manifiesta que además de sus conocidas propiedades en el blanqueo de celulosa de madera y blanqueo de textiles, este producto contribuye a la conservación ambiental, tan importante hoy en día, ya que puede sustituir productos tóxicos para el ambiente, como el hipoclorito en los procesos de blanqueo, y ayudar a eliminar compuestos como los cianuros, sulfuros, fenoles, entre otros, encontrados en aguas residuales.

## **H. PELAMBRE OXIDANTE CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO**

En el sitio web <http://www.companiadecueros.com>.(2014), se reporta que es una de las alternativas que en la actualidad tiene más repercusión para poder sustituir al pelambre reductor con sulfuro. Es un proceso que consiste en añadir hidróxido sódico y peróxido de hidrógeno en el baño, después de un tiempo de rodaje se

tiene que acidificar para deshinchar la piel y eliminar mejor la lana de dentro de la piel. Se han realizado ensayos a escala experimental e industrial que han permitido determinar la viabilidad del método. Por lo general, una piel apelmbrada con peróxido de hidrógeno absorbe más cantidad de cromo que una piel apelmbrada con sulfuro y cal, por esta razón, las características finales de los cueros pueden ser diferentes.

Cuervo, N. (2008), manifiesta que básicamente se opta por éste tipo de pelambre oxidante porque se puede considerar un método eficaz para poder reducir el consumo de agua y la carga contaminante que pueda llevar un pelambre reductor. Hoy en día, se está intentando modificar el proceso de depilado añadiendo aminas al baño, para evitar la formación de grasa en la superficie de la piel, y que así pueda pasar mejor la piel por las máquinas de descarnar y dividir. Según estudios realizados se han encontrado ventajas e inconvenientes a la hora de realizar el pelambre oxidante, a continuación se nombran algunas de estas ventajas e inconvenientes, las ventajas son:

- Al no haber sulfuro en el pelambre oxidante se disminuye el mal olor que provoca el pelambre reductor.
- Los productos de descomposición de las reacciones químicas usados producen efluentes más limpios. No se deben eliminar sulfuros y otras sustancias sulfurosas presentes en las aguas residuales. Se puede reducir el consumo de agua mediante la recirculación de los baños.

Para <http://www.cueronetpelabreredcutor.com>.(2012), los inconvenientes de un pelambre reductor son:

- Hay que controlar que la temperatura durante el depilado no suba, ya que el peróxido de hidrógeno y el hidróxido sódico crean una reacción exotérmica.
- Para obtener una piel lo bastante homogénea se debe descarnar antes de realizar el depilado de la piel, porque la grasa de la piel puede dificultar la reacción del peróxido con la piel.

- Los bombos de madera no son recomendables para realizar un pelambre oxidante.
- Las pieles depiladas con peróxido de hidrógeno resbalan más que las pieles depiladas con sulfuro, por ello hay que tener cuidado al pasarlas por las máquinas de descarnar y dividir.

En el cuadro 4, se describe la formulación de un pelambre oxidante aplicado a pieles vacunas.

Cuadro 4. FORMULACIÓN DE UN PELAMBRE OXIDANTE.

Producto	Porcentaje	Proceso
Agua	150%	Vaciar el baño y lavar
Agua (25°C).	30%	
NaOH (50%).	0,5	Rodar 15 min Control -- pH=13
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%).	1.5%	Rodar 15 min
NaOH(50%).	2%	Rodar 15 min
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%).	1.5%	Rodar 2 horas
HCOOH (1:10).	2.5%	Rodar 20min pH 6
Agua	200%	Rodar hasta pH=8-9 y noche Reposo. Lavar y vaciar el baño

Fuente: <http://www.cueronetpela.breredcutor.com>.(2014).

En el cuadro 5, se describe la formulación de un pelambre reductor que será aplicado a pieles vacunas.

Cuadro 5. FORMULACIÓN DE UN PELAMBRE REDUCTOR.

Producto	Porcentaje	Proceso
Agua	80%	
Amina	0.3%	
Enzima	0.1%	
Ca(OH) <sub>2</sub>	1.2%	Rodar 60 min.
NaHS	1%	
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.5%	
Defat-50	0.1%	Rodar 45 min
Cuando la lana	no sale en su totalidad se añadirá	
NaHS	0.5%	Rodar 30 min
NaHS	0.5%	Rodar 30 min
Na <sub>2</sub> S	0.5%	Rodar 4 horas y noche reposo
Na <sub>2</sub> S	0.5%	Rodar 1 hora
Na <sub>2</sub> S	0.5%	Rodar 7 horas y noche reposo

Fuente: <http://www.cueronetpela.breredcutor.com>.(2014).

## I. PROBLEMÁTICA DEL DEPILADO CON SULFURO

Buxade, C. (2004), expone que se debe tener en cuenta que uno de los efluentes más contaminados de las tenerías es el que proviene del pelambre, porque presenta un alto contenido de sulfuro, el cual es un producto generalmente muy contaminante para el medio ambiente, y por ello hoy en día se realizan pelambres y caleros con recuperación de pelo, para disminuir los parámetros contaminantes. Por otra parte, el proceso de ribera es la primera fase en la cual se trata a la piel para obtener el artículo deseado, además esta etapa precisa de una cantidad de agua considerable, por esta razón a veces en algunas fábricas se recirculan los baños agotados de otros procesos obteniendo así un importante ahorro en el consumo de agua y en la utilización de productos químicos. Aún, hoy en día donde la contaminación ambiental causada por las tenerías ha sido y

es un tema muy importante, ya que las iniciativas medioambientales que están relacionadas con las actividades de la industria del cuero, tienen que cumplir una normativa para afrontar los problemas de contaminación que el sector del cuero pueda crear al medioambiente. Por esta razón, en la actualidad se está investigando sobre cómo reducir la cantidad de sulfuro en los baños del pelambre, y sobre cómo poder recuperar el sulfuro para tratarlo antes de mezclarlo con las aguas residuales.

### **1. Impacto en las aguas superficiales**

Para <http://www.cueronetaguasresiduales.com>.(2014), a menudo, los problemas de la degradación ambiental están relacionados con el incremento de productos químicos sintéticos como disolventes, tintes, agentes para el acabado de los productos, etc. Si las aguas residuales se vierten en los ríos o canales, y acaban llegando al mar, los efluentes pueden deteriorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua de los ríos. Una gran cantidad de materia orgánica se descompondría en el agua, generando malos olores, y reduciendo el oxígeno disuelto en el agua, su reducción afectaría a las especies acuáticas. Asimismo, los sólidos en suspensión y productos químicos utilizados en la tenería afectarían a la biodiversidad.

En <http://www.monografias.com>.(2012), se afirma que biodiversidad es la variedad completa de la vida que hay en la tierra, no solo se refleja a todas las distintas especies, sino que también se refiere a la variedad que hay de cada una de las especies. En consecuencia, cuanto mayor sea la carga contaminante, mayor tendrá que ser la capacidad de la depuradora y más aumentó los costes, tanto en energía como en el tratamiento de las aguas residuales. Como ya se ha comentado, en la industria del cuero se generan grandes cantidades de aguas residuales que presentan un alto contenido de materia orgánica, sólidos, salinidad, grasas y contaminantes específicos como el sulfuro, cromo, amoníaco, carbonatos y cal. Hay que resaltar que la cantidad y las características de las aguas residuales dependen del método que se realice y de las sustancias químicas utilizadas en las diferentes fases del proceso de curtición.

Buxade, C. (2004), afirma que uno de los diferentes métodos que se pueden encontrar para una gestión adecuada de los sólidos y para el tratamiento de las aguas residuales, consiste en mezclar los efluentes de todos los procesos, después se separan los sólidos por medio de la técnica de sedimentación simple, acabando con un tratamiento biológico y de desinfección. Como desventaja este tipo de tratamiento genera una cantidad considerable de lodos. Otro de los métodos y el más utilizado en la actualidad es la oxidación catalítica con el oxígeno del aire como agente oxidante, utilizando como catalizador sulfato o cloruro de manganeso. Después de la oxidación de los sulfuros se separan las proteínas presentes en el agua por medio de la acidificación del agua.

Cuervo, N. (2008), asegura que en la técnica de recuperación de los sulfuros mediante la absorción del  $H_2S$  en  $NaOH$  al 20%, se obtiene una solución concentrada de  $Na_2S$  que se puede utilizar en el pelambre, pudiendo obtener así un ahorro importante del producto y disminuir la contaminación medioambiental que pudiera haber generado el sulfuro si no se hubiera recuperado. Para reducir el problema medioambiental en el depilado con sulfuro, se realiza la eliminación de la lana en forma sólida, ya que reduce sustancialmente el nivel de contaminación causado por la lana como por ejemplo sólidos en suspensión y DBO en las aguas residuales. Normalmente cuando se realiza una recuperación de lana primeramente se debe de inmunizar a la lana, para ello tiene que haber un buen efecto mecánico y un baño corto, se añade hidróxido sódico hasta llegar a obtener un pH de 13 y después se adiciona la cal como agente inmunizante.

Palomas, J. (2005), afirma que seguidamente, se adiciona sulfhidrato para atacar la raíz de la lana y un poco de cal para evitar la formación de  $H_2S$  que es un gas tóxico. A continuación se filtra la lana y se añade agua y sulfuro para terminar el ataque a la raíz y la correspondiente cantidad de cal para obtener los efectos del calero en la piel. En un estudio de un pelambre reductor-oxidante es importante que la temperatura del pelambre no supere los  $22^{\circ}C$ , para así evitar una excesiva hidrólisis de la piel. En la sociedad actual, las industrias intentan tener planes para la prevención de la contaminación y a la vez adoptar medidas que protejan al



medioambiente y a su vez que puedan generar unos beneficios tanto a nivel económico, como en calidad del artículo que desee adquirir.

## **J. PROCESO DE PELAMBRE SISTEMA THIOLIME**

Yuste, N. (2002), indica que pelambre sin destrucción de pelos es un proceso en continua expansión en la industria curtidora de todo el mundo. El motivo de este creciente suceso es atribuible a la notable ventaja ecológica alcanzada y la excelente calidad de las pieles que se obtiene. La incorporación en forma creciente, de estos nuevos procesos, por parte de la industria curtidora está produciendo un cambio importante en la sección ribera. Los resultados obtenidos con el sistema Thiolime son muy superiores y ventajosos en referencia al proceso de cal y sulfuro de sodio tradicional. El sistema de pelambre Thiolime a pelos conservados que proponemos es sencillo, fácil de desarrollar y aplicable a cualquier tipo de instalaciones como bateas con molinetas, fulones o bombos. También tiene aplicación en el proceso de una gran variedad de pieles, secas, saladas o frescas como:

- Pieles vacunas.
- Pieles ovinas.
- Pieles equinas.
- Pieles caprinas.
- Pieles porcinas.

Delgado, J. (2005), indica que sobre pieles adecuadamente remojadas, se realiza una protección del pelo mediante el fenómeno de inmunización, que evita que el mismo se disuelva por acción del sulfuro de sodio. Una vez conseguida la inmunización el pelo queda protegido y los depilantes actúan sobre las proteínas que lo sostienen permitiendo que el pelo se desprenda de raíz, lográndose una efectiva depilación y excepcional limpieza de la flor del cuero, mientras los pelos desprendidos flotan en el los líquidos depilantes, pueden ser filtrados y apartados del fulón. Con las pieles totalmente depiladas, sin pelos dentro del bombo, debe

aún completarse el apelmbrado o maduración de la piel. El completo atravesado aproximadamente 8 horas, en todos los productos de la fórmula. Finalmente la piel es lavada, descargada, descarnada, dividida y curtida, los beneficios del pelambre Thiolime son:

- Aplicable universalmente (a todo tipo de cuero o maquinaria).
- Grano más fino, suave y menos arrugas.
- Ahorro de agua, tiempo, energía eléctrica hasta un 50%.
- Mayor rendimiento de superficie final del cuero.
- Mejoramiento de la calidad por lote hasta un 10%.
- Menor contaminación.

En la ilustración de la fotografía 1, se muestra el interior del bombo al final del proceso de pelambre no destructor de pelos, en el cual se observa pieles en tripa depiladas, limpias y sin restos epidérmicos, los pelos enteros flotan en los líquidos depilantes. Los pelos son extraídos del bombo mediante el filtrado de los baños.



Fotografía 1. Vista del interior del bombo al final del proceso de pelambre no destructor de pelos.

En <http://www.pelambrethiolime.com>.(2014), denomina que los depilantes orgánicos son valiosos auxiliares para producir procesos de pelambre de excelente calidad, en reemplazo de parte de sulfuro de sodio en la industrialización de todo tipo de pieles. Los procesos de pelambre no destructores de pelo Sistema THIOLIME aparecen como una opción moderna y también muy útil para la obtención de pieles de calidad, de aplicación muy sencilla y adaptable a cualquier tipo de instalaciones existentes, usando Thiolime HS como depilante principal y Thiolime open DC para mejorar la apertura de la piel, conjuntamente con cal y sulfuro de sodio. Los procesos destructores de pelo, hasta la mitad de su desarrollo, se parecen a los procesos no destructores de pelo, pero a partir de ahí se diferencian en una dosificación de mayores cantidades de sulfuro de sodio, necesarias para lograr la disolución del pelo. Sin embargo, estos procesos son muy diferentes a los procesos tradicionales, porque producen pieles de gran calidad, con dosis menores de sulfuro de sodio, debido al poder depilante y bajo efecto hinchante que aportan los depilantes orgánicos son: El Thiolime open DC, se utiliza cuando no se desea preservar el pelo, porque no se dispone de los equipos e instalaciones de filtrado de sólidos, o por alguna razón es necesario disolverlo, sugerimos la alternativa de usar también como único depilante, es utilizado con garantía de excelentes resultados, medidos en la óptima calidad de la piel en tripa, mayor superficie final y superior calidad del cuero terminado en el cuadro 6, se describe los datos analíticos comparativos entre dos procesos de pelambre.

### **1. Reverzym GD**

En <http://www.pellital.com.ar>.(2014), señala que el Reverzym GD, es auxiliar biológico para la asistencia enzimática en procesos de remojo y pelambre de todo tipo de pieles. Las especificaciones son.

- Aspecto polvo granulado color blanco.
- pH (1:10 en agua) 11.0 +/- 1.

Cuadro 6. DATOS ANALÍTICOS COMPARATIVOS ENTRE DOS PROCESOS DE PELAMBRE.

TIPO DE PROCESO				
Proceso Tradicional	Proceso no destructor de pelos			
	D.Q.O (mgO <sub>2</sub> /l)	Sulfuro (mg / l) %	Pelo separado pelo secos / peso bruto	Sólidos depositable (l / ton.)
Filtración durante el proceso	23.000	850 - 950	3,0 %	34
Filtración al final del proceso	25.000	700 - 800	2,7 %	70
Proceso con destrucción del pelo	41.000	3000-400	0,5 %	700

Fuente: <http://www.pelambrethiolime.com>. (2014).

Para <http://www.hewit.com.download.com>.(2014), las propiedades más importantes de este depilante orgánico son:

- Rango de pH óptimo para su aplicación: 7 – 11, se agrega al fulón sin disolver.
- Mediante la alcalinización suave inicial, se consigue una estabilización de la fibra, permitiendo el agregado de sulfuro de sodio sin provocar una violenta contracción de la piel.
- Actúa degradando y digiriendo proteínas interfibrilares permitiendo así una más rápida y efectiva absorción de agua por parte de la piel, acortando la operación de rehidratación.
- Se obtienen cueros de gran blandura y ductilidad, totalmente relajados, suaves al tacto, con un toque similar al fresco. Esta asistencia enzimática complementa la acción del depilante orgánico.

Según <http://www.asebio.com>.(2012), practicando un adecuado remojo inicial sobre los cueros salados, luego de un cambio de baño se inicia el tratamiento de la piel con dosificación de 0.10 - 0.15% de Reverzym GD en pH alcalino cercano a 10, conjuntamente con 0.12 % de Paradene 2A durante 4 a 6 horas, se consigue una intensiva, eficiente y uniforme rehidratación. El aflojamiento de toda la estructura fibrosa produce remojos eficientes y rápidos. Se recomienda efectuar un remojo alcalino con Reverzym GD y Paradene 2A, para conseguir las condiciones adecuadas de hidratación y uniformidad de la piel, tanto fresca como salada. Se consigue un aflojamiento suave de la estructura de colágeno, evitando el fuerte hinchamiento alcalino y modera el marcado de arrugas en cuellos y flancos. Se aprecian cueros en tripa limpios, abiertos, relajados, blandos y una notable mejora final de superficie. Indicado para procesos de pelambre sin destrucción de pelos con reciclado y reutilización de baños residuales, manteniendo todas las cualidades durante su almacenaje.

## **2. Depilante orgánico Thiolime HS**

Según <http://www.depilacionorganica.com>. (2014), el Thiolime HS, sulfuro de sodio y cal hidratada para conformar procesos de pelambre de moderna concepción, baños de alcalinidad controlada y buen efecto depilante. Aporta su acción específica durante el remojo. De acción controlada sobre las células basales del folículo piloso, gracias a su especificidad de romper cadenas proteínicas cortas. Al conseguir un aflojamiento estructural acompañado de un hinchamiento controlado, se evitan fuertes contracciones de la piel, con lo que se modera el marcado de arrugas en el cuello, flancos y se mejora el vaciado de venas. Es un compuesto orgánico, auxiliar de depilado y apelmbrado en procesos sin destrucción de pelos, de baja contaminación. Las características del depilante son:

- Aspecto líquido transparente, color amarillento.
- Solubilidad totalmente soluble en agua.
- pH (tal cual) 8.5-9.5.

Para <http://www.pellital.thiolime.com>.(2014), las propiedades más importantes de este compuesto orgánico son:

- Evita la inmunización de la raíz del pelo, atacando las proteínas del bulbo piloso que fijan el pelo a la epidermis con lo que se consiguen depilados más eficientes de efecto profundo, destacándose la limpieza de flor y pieles en tripa de color claro y uniforme.
- Excelente auxiliar para disminuir la contaminación en procesos de pelambres sencillos y rápidos.

Bacardit, A. (2004), en procesos en fulón (bombo), con baños de 100 % de agua serán necesarias dosis de 0.6 - 0.8% sobre el peso de la piel salada, conjuntamente con 1% de sulfuro de sodio y 3 % de cal hidratada. Para procesos en bateas con molineta (aspa), con baños cercanos al 300 % de agua será necesaria una dosis de 0.6 - 0.7 % sobre el peso de la piel salada. No almacenar en envases metálicos. Mantener los envases bien cerrados. No exponer a temperaturas menores de 5°C y mayores de 45°C.

## **K. MODERNOS SISTEMAS DE PELAMBRE DE MUY BAJA CONTAMINACIÓN**

Según <http://www.monografias.com>.(2014), para formular un pelambre con eficiente poder depilante y apalambrante, con hinchamiento regulado de la piel, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Realizar un eficiente remojo de las pieles saladas, para rehidratar y devolver el agua perdida durante el proceso de almacenamiento y preservación.
- Con el uso de Paradene– 2A, Reverzym– GDyBAC DT-200se asegura un ventajoso y rápido proceso de rehidratación y remojo de la piel, remoción de impurezas, sal, sangre y proteínas solubles.

- Trabajar con bajos volúmenes de baño en la primera parte del proceso de pelambre, ya que con mayor concentración de productos en el baño se tiene mayor presión osmótica, lo que impide el hinchamiento pronunciado e inconveniente.
- Trabajar con temperaturas más altas en los baños (entre 28°C y 30°C), ya que en general las bajas temperaturas (por debajo de 24°C), favorecen la turgencia de la piel, y las temperaturas elevadas la inhiben.
- El uso de nuestros depilantes orgánicos Thiolime SHy Thiolime open DC, permite disminuir la dosis de sulfuro de sodio, ya que excesos del mismo producen entumecimiento, excesivo hinchamiento y arrugas pronunciadas en la piel.

### **1. Ventajas del Sistema Thiolime**

Libreros, J. (2003), reporta que las ventajas del sistema Thiolime se describen a continuación:

- Reducción del sulfuro de sodio empleado, con la consiguiente disminución de la contaminación y del impacto ambiental.
- Mayor apertura de la estructura fibrilar y mayor capacidad para reaccionar con los curtientes.
- Disminución de arrugas en la flor, con el aumento de la superficie final y mejor calidad de la superficie del cuero, flor más limpia y fácil eliminación de la raíz del pelo.
- Favorece el proceso de depilado y separación del pelo entero, para ser extraído del fulón tan pronto como se ha separado de la piel, con el sistema de recirculación y filtrado.

- Disminución de la carga orgánica. Reducción de la D.Q.O. hasta un 50% en los baños residuales, respecto del proceso tradicional de cal y sulfuro de sodio, además se produce mejor blandura, uniformidad y tacto final del cuero.

Según <http://www.procesos.blogcindario.com>. (2012), indica que la fórmula empleada para el depilado con el método Thiolime, en el que se utiliza un curtido al cromo, en cueros ovinos en tripa descarnados, el equipo empleado es un fulón de 14 rpm.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en la "Tenería Inca.", ubicada en la provincia de Tungurahua, parroquia Ambato, sector La Victoria, en el Km 2,5 de la Panamericana Sur Vía a Quito. Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de Control de calidad de la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador que se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, sector parque industrial y en CESSTA , perteneciente a la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, las condiciones meteorológicas del cantón Ambato se describen en el cuadro 7 .

Cuadro 7. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN AMBATO.

INDICADORES	2014
Temperatura (°C)	14,5
Precipitación relativa (mm/año)	40,8
Humedad relativa (%)	67,4
Viento / velocidad (m/S)	2,35
Heliofania (horas sol)	1357,4

Fuente: Ilustre Municipalidad del Cantón Ambato (2014).

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para la presente investigación se utilizó 4 pieles para cada uno de los 2 sistemas de depilado es decir 8 pieles, para lo cual se trabajó con 2 pieles por cada 30 días durante 4 meses, obteniendo un total de 8 muestras de pieles. En lo referente a las muestras de aguas, se tomó al inicio del depilado como también al final del mismo, para poder determinar la carga contaminante adicional que aportó el proceso, dando un total de 16 muestras de agua.

## C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron en la presente investigación fueron los siguientes:

### 1. Materiales

- Agua residual.
- Mascarillas.
- Botas.
- Tinas.
- Pieles apelmbradas.
- Baldes.
- Rótulos.
- Recipientes para toma de muestras.
- Copa de papel.

### 2. Reactivos

- Solución tampón de fosfato.
- Cloruro de sodio.
- Sulfuro de sodio.
- Aminas.
- Hidróxido de calcio.
- Solución de sulfato de magnesio.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de cloruro férrico.
- Soluciones ácida y alcalina.
- Solución de sulfito de sodio.
- Solución de glucosa-ácido glutámico.
- Solución de cloruro de amonio.

### 3. Equipos

- Bombos.
- Lastómetro.
- Flexómetro.
- Botellas de incubación.
- Termómetro.

#### D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Por ser una investigación en la que se trabajó con muestreos combinados se consideró como tratamientos al sistema tradicional (T1), que se lo comparó con el sistema modificado (T2), utilizando la prueba estadística t student para determinar las diferencias estadísticas, el análisis de las muestras fueron del agua residual producto de los procesos y del cuero una vez depilado, tomando 1 muestra de agua quincenal al inicio y 1 muestra de agua quincenal al final; es decir, 4 muestras de agua a la entrada y 4 a la salida del proceso tradicional así como también 4 muestras de agua a la entrada y 4 a la salida del proceso modificado.

Además se valoró tanto las resistencias físicas como las propiedades sensoriales de 8 muestras de cuero, en el laboratorio de ANCE.

#### E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

##### 1. De las aguas residuales de pelambre

- Demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub>. mg/l.
- Demanda química de oxígeno. mg/l.
- Conductividad eléctrica S/m.

## 2. Del cuero

### a. Físicas como

- Resistencia a la tensión, N/cm<sup>2</sup>.
- Porcentaje de elongación, %.

### b. Sensoriales como

- Llenura, puntos.
- Blandura, puntos.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Del muestreo tanto de las aguas residuales, como de los análisis de las resistencias físicas, como sensoriales se los valoró a través de una estadística descriptiva que contempla el cálculo de:

- Media.
- Mediana.
- Moda.
- Rango.
- Desviación estándar.
- Varianza.

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La presente investigación comprendió un análisis del sistema de pelambre o depilado que se utiliza cotidianamente en la Tenería "INCA" de la ciudad de Ambato, en la que se contempló el análisis de las aguas residuales para

determinar la eficiencia del proceso y corregir posibles errores, que puedan mejorar la calidad del agua residual para ser reutilizada en procesos posteriores; así como también, verificar si el sistema de pelambre utilizado está produciendo efectos positivos en el cuero, una vez determinados todos estos aspectos se procedió a la corrección del sistema de pelambre antiguo y se evaluó aplicando las pruebas que se realizaron al principio del trabajo de campo; es decir, el análisis del DBO, DQO y conductividad a la entrada y salida del proceso y los análisis de las resistencias físicas y las calificaciones sensoriales del cuero. Para realizar el procedimiento tradicional se utilizó la fórmula que se describe en el cuadro 8.

Cuadro 8. PELAMBRE TRADICIONAL DE LAS PIELES.

OPERACIÓN	PRODUCTO	%	Kg/Lt	T°	Rodar/tiempo
	Agua	150	132	25	60 min
Ecurrir					
	Agua	150	132	25	60 min
Ecurrir					
Remojo	Agua	150	132	25	
	Sulfuro	0.4	0.352		
	Tensoactivo	0.3	0.264		60 min
Ecurrir					
Pelambre	Agua	90	79.2		30 min
	Sulfuro	1.4	1.232		
	Sulfuro	1.4	1.232		30 min
	Sulfhidrato	1	0.88		
	Cal	1.4	1.232		
Se realizó el filtrado del baño de pelambre					
Calero	Agua	60	52.8		120 min y automático toda la noche
	Cal	1.4	1.232		
Ecurrir las pieles					

En el cuadro 9, se describe el pelambre modificado que se aplicó a las pieles bobinas

Cuadro 9. PELAMBRE MODIFICADO DE LAS PIELES.

OPERACION	PRODUCTO	%	Kg/Lt	T°	Rodar/tiempo
Pre-remojo	Agua	200	176		12 h
	Tensoactivo	0.2	0.176		
	Bactericida	0.1	0.088		
Colocar las pieles perchadas bien abiertas y en un pozo sin nada de movimiento.					
Ecurrir					
Pesaje	132 Kg				
Remojo	Agua	200	264	25	30 min
	Detergente	0.02	0.0264		
Ecurrir					
	Agua	400	528	25	3 h
	HR (Hidroxido de sodio)	0.02	0.0264		
	Tensoactivo	0.2	0.264		
	HR (Penzimatico)	0.01	0.0132		
					18 h ( 5 min c/hora)
Ecurrir					
Pesaje	144 Kg				
Pelambre	Agua	100	144	25	30 min
	Cal	1	1.44		
	Enzimas	0.01	0.0144		
	Sulfhidrato de sodio	0.5	0.72		
	Sulfuro de sodio	0.7	1.008		
Filtrar					
Ecurrir					
	Agua	100	144	25	30 min
	Sulfuro de sodio	0.5	0.72		30 min
	Sulfuro de sodio	0.5	0.72		30 min
	Cal	1	1.44		30 min
	Cal	1	1.44		30 min
	Cal	1	1.44		3 h
Reposo 20 horas (rueda 5 min c/h)					
	Agua	100	144		20 min
Ecurrir					
	Agua	150	216	25	20 min
Ecurrir					
	Agua	100	216	25	
Ecurrir					

## H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 1. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizaron en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. La prueba de la DBO es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales.

#### a. Aparatos

Botellas de incubación para la DBO de 250 a 300 ml de capacidad. Lavadas con detergente, enjuagadas varias veces, y escurridas antes de su uso. Para evitar la entrada de aire en la botella de dilución durante la incubación, se utilizó un sello de agua, que se logró satisfactoriamente invirtiendo las botellas en un baño de agua o adicionando agua en el reborde cóncavo de la boca de las botellas especiales para la DBO. Se colocó una copa de papel o plástica o un capuchón metálico sobre la boca de la botella para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación. Incubadora de aire o baño de agua, controlada termostáticamente a 20 o 21°C; se excluyó cualquier fuente luminosa para eliminar el proceso de producción fotosintética del oxígeno disuelto.

#### b. Reactivos

- Solución tampón de fosfato: Se disolvió 8,5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 21,75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 33,4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 1,7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en aproximadamente 500 ml de

agua destilada y se diluyó a 1 L. El pH fue de 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presentó alguna señal de crecimiento biológico, se descartó cualquiera de los reactivos.

- Solución de sulfato de magnesio: Se disolvió 22,5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada diluido a 1 L.
- Solución de cloruro de calcio: Se disolvió 27,5 g de  $\text{CaCl}_2$  en agua destilada diluido a 1L.
- Solución de cloruro férrico: Se disolvió 0,25g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, diluido a 1L.
- Soluciones ácida y alcalina, 1 N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas.
- Acido. A un volumen apropiado de agua destilada, se agregó muy lentamente y mientras se agito, 28 ml de ácido sulfúrico concentrado; diluido a 1 L.
- Alkali. Se disolvió 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada diluido a 1 L.
- Solución de sulfito de sodio: Se disolvió 1,575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  en 1000 ml de agua destilada. Esta solución no es estable y se debió preparar diariamente.
- Inhibidor de nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina.
- Solución de glucosa-ácido glutámico: Se secó a  $103^\circ\text{C}$  por 1 hora glucosa y ácido glutámico grado reactivo. Se disolvió 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluido a 1 L. Preparado inmediatamente antes de su uso.
- Solución de cloruro de amonio: Se disolvió 1,15 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en 500 mL de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de  $\text{NaOH}$ , y diluido a 1 L. La solución reportó 0,3 mg de N/ml.



### c. Procedimiento

- Preparación del agua de dilución. Se colocó la cantidad de agua necesaria en una botella y se agregó por cada litro, 1 ml de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato,  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$ , y  $FeCl_3$ . El agua de dilución se procedió a inocular, chequear y guardar, de tal manera que siempre se mantuvo disponible.
- Se llevó el agua de dilución a una temperatura de  $20^{\circ}C$  antes de su uso; se saturó con oxígeno disuelto por agitación en una botella parcialmente llena, por burbujeo de aire filtrado libre de materia orgánica, o guardarla en botellas lo suficientemente grandes con tapón de algodón, para permitir su saturación. Se empleó material de vidrio bien limpio para proteger la calidad del agua.
- Verificación del agua de dilución. Se aplicó este procedimiento como una forma de verificación básica de la calidad del agua de dilución.
- Si el agua consume más de 0,2 mg de oxígeno/L se mejoró su purificación o se empleó agua de otra fuente; se usó el procedimiento de inhibición de la nitrificación, el agua de dilución inoculada, se guardó en un sitio oscuro a temperatura ambiente hasta que el consumo de oxígeno se redujo lo suficiente para cumplir el criterio de verificación. Se confirmó la calidad del agua de dilución almacenada que se usó, sin agregar semilla para mejorar su calidad. El almacenamiento no fue recomendable cuando se va a determinar la DBO sin inhibición de nitrificación, ya que los organismos nitrificantes se pueden desarrollar en este período. Se revisó el agua de dilución para determinar la concentración de amonio, y si fue suficiente después del almacenamiento; de lo contrario, se agregó solución de cloruro de amonio para asegurar un total de 0,45 mg de amonio como nitrógeno/L. El agua de dilución no fue almacenada para mejorar su calidad, se agregó la cantidad suficiente de semilla para producir un consumo de oxígeno disuelto de 0,05 a 0,1 mg/L en cinco días a  $20^{\circ}C$ . Se llenó una botella de DBO con agua de dilución, se determinó el oxígeno disuelto inicial, se incubó a  $20^{\circ}C$  por 5 días y se determinó el oxígeno

disuelto final. El oxígeno consumido en este lapso no debió ser mayor de 0,2 mg/L y preferiblemente menor de 0,1 mg/L.

- Chequeo con glucosa-ácido glutámico. Debido a que la prueba de la DBO<sub>5</sub> es un bioensayo, sus resultados pueden estar muy influenciados por la presencia de sustancias tóxicas. Muchas veces el agua destilada puede estar contaminada con cobre, o algunos inóculos de aguas residuales pueden ser relativamente inactivos, y si se emplean tales aguas o inóculos siempre se van a obtener bajos resultados. Fue necesario controlar periódicamente la calidad del agua de dilución, la efectividad de los cultivos y la técnica analítica, por mediciones de la DBO para compuestos orgánicos puros y muestras con adiciones conocidas. En general, para determinaciones de la DBO se usó como solución estándar de chequeo una mezcla de 150 mg de glucosa/L y 150 mg de ácido glutámico/L.
- La glucosa tiene una velocidad de oxidación excepcionalmente alta y variable, pero cuando fue empleada con ácido glutámico se estabilizó, y fue similar a la obtenida con aguas residuales municipales. Si un agua residual contenía un constituyente mayoritario identificable, que contribuye a la DBO, se usó este compuesto en remplazo de la mezcla de glucosa-ácido glutámico.

#### **d. Inoculación**

Origen de las semillas o inóculo. Fue necesario que en la muestra esté presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable. Las aguas residuales domésticas no cloradas, los efluentes no desinfectados de plantas de tratamiento biológico, y las aguas superficiales que reciben descargas residuales contenían poblaciones satisfactorias de microorganismos. Algunas muestras no contenían una población microbiana suficiente (por ejemplo, efluentes industriales sin tratamiento, aguas desinfectadas, efluentes con elevada temperatura o con valores extremos de pH), por tanto se inoculó por adición de una población adecuada de microorganismos. La semilla o inóculo preferible fue el efluente de un sistema de tratamiento biológico, en su defecto, el sobrenadante de aguas residuales domésticas

después de dejarlas decantar a temperatura ambiente por lo menos 1 h, pero no más de 36 h. Cuando se empleó el efluente de un proceso de tratamiento biológico, se recomendó aplicar el procedimiento de inhibición de la nitrificación.

Algunas muestras podían contener materiales no degradables a las tasas normales de trabajo de los microorganismos; por lo tanto se inoculó tales muestras con una población microbiana adaptada, obtenida a partir de efluentes sin desinfectar de un proceso de tratamiento biológico de aguas residuales. También se pudo obtener la semilla en el cuerpo de agua receptor del vertimiento, preferiblemente de 3 a 8 Km después del punto de descarga. Cuando no se disponía de ninguna de dichas fuentes del inóculo, se desarrolló en el laboratorio una semilla adaptada, por aireamiento continuo de una muestra clarificada de agua residual doméstica y adición de pequeños incrementos diarios de aguas residuales. Para obtener la población microbiana inicial, se utilizó una suspensión de suelo, un lodo activado, o una preparación a partir de semilla comercial. Se debió ensayar el rendimiento de la semilla haciendo pruebas de la DBO en las muestras hasta obtener una población satisfactoria. Si los valores de la DBO aumentaron con el tiempo hasta un valor constante, se consideró como un indicio de la adaptación sucesiva de la semilla o inóculo.

- Control de inóculos. Se determinó la DBO del material inoculante como si se tratara de una muestra. De este valor y del conocimiento del dato del agua de dilución determinar el OD consumido. Se realizó las diluciones necesarias hasta obtener una disminución de por lo menos el 50% del OD. Con el objeto de corregir el valor de OD consumido por una muestra, se debió restar a éste el consumido por el inóculo. El consumo de OD del agua de dilución más el inóculo pudo estar en el intervalo de 0,6 a 1,0 mg/L.
- Blanco de agua de dilución. Con el objeto de verificar la calidad del agua de dilución sin inóculo y la limpieza de los materiales, se utilizó una porción de la misma y se llevó junto con las muestras a través de todo el procedimiento. El OD consumido por el agua de dilución debía ser menor de 0,2 mg/L y preferiblemente no mayor de 0,1 mg/L.

### e. Pre tratamiento de la muestra

- Muestras con alcalinidad cáustica o acidez. Se neutralizó las muestras a pH entre 6,5 y 7,5 con una solución de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) o hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) de concentración tal que la cantidad de reactivo no diluyó la muestra en más de 0,5%. La menor dilución de muestra no debía afectar el pH dado por el agua de dilución inoculada.
- Muestras con compuestos residuales de cloro. Se evitó las muestras que contengan cloro residual; por eso se tomó antes del proceso de cloración; si la muestra fue clorada pero no presenta cloro residual detectable, inocular el agua de dilución; si hay cloro residual, declorar la muestra e inocular el agua de dilución. No se ensayó las muestras que han sido decloradas, sin inocular el agua de dilución. En algunas muestras, el cloro se eliminó si se dejan 1 o 2 horas a la luz, lo cual puede suceder durante el transporte y manejo de la muestra. Para muestras en las cuales el cloro residual no se disipó en un tiempo razonablemente corto, eliminar el cloro residual por adición de solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . El volumen de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  requerido se determinó en una porción de 100 a 1 000 mL de la muestra, previamente neutralizada, por la adición de 10 mL de ácido acético 1 + 1 o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 + 50, 10 mL de solución de yoduro de potasio (10 g KI/100 mL), por cada 1000 mL de muestra; el volumen resultante se tituló con solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  hasta su punto final, determinado por el indicador almidón-yodo. Se agregó a la muestra neutralizada, el volumen relativo de solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  determinado, se mezcla bien y se deja en reposo cerca de 10 a 20 minutos. Se Ensayó la muestra para determinar el cloro residual, (un exceso de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  en la muestra, consume oxígeno y reacciona con ciertas cloraminas orgánicas que pueden estar presentes en muestras tratadas).

## 2. Demanda química de oxígeno

El procedimiento se basó en la oxidación de la materia utilizando dicromato potásico como oxidante en presencia de ácido e iones de plata como catalizador.

La disolución acuosa se calentó a bajo reflujo durante 2 h a 150 °C. Luego se evaluó la cantidad del dicromato sin reaccionar titulando con una disolución de hierro (II). La demanda química de oxígeno se calculó a partir de la diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato encontrado tras la oxidación. Basándose en el mismo principio se puede utilizar la espectroscopia ultravioleta-visible, mediante mediciones fotométricas del color producido por la reducción del dicromato a ion cromo (III) ( $\text{Cr}^{+3}$ ) posterior a la digestión.

- Se introdujo 50 ml de agua a analizar en un matraz de 500 ml.
- Se Añadió 1 g de sulfato de mercurio cristalizado y 5 ml de solución sulfúrica de sulfato de plata.
- Se calentó hasta disolución perfecta.
- Se adiciono 25 ml de disolución de dicromato potásico 0,25 N y después 70 ml de solución sulfúrica de sulfato de plata.
- Se llevó a ebullición durante 2 horas bajo refrigerante a reflujo adaptado al matraz.
- Se dejó que se enfríe.
- Se Diluyo a 350 ml con agua destilada.
- Se añadió algunas gotas de solución de ferroína.
- Se determinó la cantidad necesaria de solución de sulfato de hierro y amonio para obtener el viraje al rojo violáceo.
- Se realizó las mismas operaciones con 50 ml de agua destilada.

### **3. Determinación de la conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad (o de la aptitud) de un material para dejar pasar (o dejar circular) libremente la corriente eléctrica. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material. Los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles, y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material, y de la temperatura. Para realizar la determinación de la conductividad eléctrica se procedió de la siguiente manera.

### **a. Equipos y materiales**

Conductímetros o sondas multiparamétricas (de mesa o portátil), aunque no todos permiten leer salinidad.

### **b. Reactivos**

- Solución estándar de Cloruro de Potasio 0.01 M: a 25°C posee una conductividad de 1412 mS/cm. Puede adquirirse comercialmente o prepararse mediante disolución de 745.6 mg de KCl en agua desionizada y enrase a 1 L en matraz aforado y guardar en frasco plástico o de vidrio.
- En los equipos que sea posible y con el fin de obtener mayor exactitud, se recomienda calibrarlos con soluciones cuya conductividad se encuentre en el mismo intervalo que el esperado para las muestras.
- Soluciones de trabajo de concentración conocida: se estandarizan con el equipo previamente calibrado respecto a KCl 0.01 M y sirven para verificar su correcto funcionamiento.

### **c. Procedimiento**

Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo.

- Para mediciones in situ, éstas deben realizarse directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde), debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier variación.
- Al analizar muestras en el laboratorio (como las de la red de agua potable), debe dejarse que previamente adquieran la temperatura ambiental.

- Para aguas residuales, donde la probabilidad de contaminar el electrodo puede ser importante, debe verificarse el funcionamiento del equipo mediante lectura frecuente de la solución de KCl.

#### **d. Presentación de resultados**

Con la compensación automática de temperatura, la lectura se corrige automáticamente, por lo que debe informarse el resultado que aparece en la pantalla del equipo.

#### **4. Resistencia a la tensión (N/cm<sup>2</sup>)**

El ensayo de la resistencia a la tensión, se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La resistencia a la tensión es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos de resistencia a la tensión. La característica esencial del ensayo del desgarró, es que a diferencia del ensayo de tracción la fuerza aplicada a la probeta se reparte por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comporta como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones.

Por ello el ensayo de la tensión es más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. Existen varios procedimientos para medir la resistencia a la tensión del cuero. El método IUP 8 es el llamado tensión de doble filo, conocido también como método Baumann. Se corta una ranura en la probeta. Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introducen en la ranura practicada en la probeta. Estas piezas estuvieron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción. Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la

probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarro del cuero hasta su rotura total. El procedimiento a seguir fue:

- Se ajustó el dinamómetro de forma tal que los extremos doblados de los accesorios para tensión estén en ligero contacto el uno con el otro. Se colocó la probeta sobre los extremos doblados de manera que estos sobresalgan a través de la ranura de la probeta y con el ancho de los extremos doblados dispuestos paralelamente a los lados de la ranura de la probeta. Se apretara la probeta firmemente a los accesorios.
- Poner la máquina en marcha hasta que la probeta se desgarre y se considerara como fuerza de tensión la máxima carga alcanzada. En la fotografía 2, se indica el medidor del calibre del cuero y el equipo para medir la tensión.



Fotografía 2. Medición de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación del cuero.



## 5. Porcentaje de elongación

El equipo que realizó esta prueba fue una abrazadera para sujetar firmemente el borde del disco plano circular del cuero, que dejó libre la porción central del disco, la abrazadera debía mantenerse fija el área sujeta del disco estacionario cuando esté siendo aplicado a su centro una carga mayor a 80 Kg. El límite entre el área sujeta y libre fue claramente definido. El diámetro del área libre fue de 25 mm. El dispositivo para medir la elongación del disco de cuero fue calibrado directamente en décimas de milímetro y los errores en ninguna parte de la escala debieron exceder de 0.05 mm. La elongación fue tomada como la distancia entre la mordaza y la esfera, en una dirección normal al plano ocupado por el cuero, cuando el disco fue sujeta y está bajo carga cero; no fue tomada en cuenta la compresión del cuero y su decremento en espesor debido a la aplicación de la carga de la esfera, el siguiente fue el procedimiento:

- Se sujetó la probeta acondicionada en el instrumento con su lado carne adyacente a la esfera y su flor en posición plana.
- Se incrementó la distensión a una velocidad de aproximadamente un quinto de milímetro por segundo y se observó la superficie de la flor por si ocurría el rompimiento de la misma.
- Cuando la ruptura de la flor ocurrió se anotó la carga y la distensión y se continuo aplicando la carga tan lentamente como sea posible. Si el disco se rompía antes de que la carga máxima del instrumento sea alcanzada, se anotara la carga de distensión al estallamiento.
- El reporte de cualquier prueba debía indicar la carga y distensión a la ruptura de flor, y los valores correspondientes al estallamiento, si el disco del cuero se rompe antes de que la carga máxima sea alcanzada.
- Si son realizadas varias pruebas, se reportara los resultados de cada una y no solamente su promedio. Si se conocerá que la muestra es flor entera, se indicara en el reporte. Si hay una pausa durante la distensión de una probeta,

ocurrirá un relajamiento de la tensión y las lecturas de carga tienden a caer.

- Es por esta razón que la carga y la distensión a la ruptura y estallamiento de flor debía ser medido con el mismo retraso. El instrumento debía tener un medidor de aguja de máxima lectura para minimizar errores de esta clase y esto debía ser utilizado para las lecturas de carga. Aun así, la pausa para las lecturas debía ser tan breve como sea posible.

## **6. Llenura**

Para la evaluación de la llenura del cuero apelmbrado en la Tenería Inca antes y después de la aplicación de un sistema de pelambre se recogió muestras al azar de diferentes partidas de cuero y se palpo entre las yemas de los dedos con movimientos continuos y ondulantes para percibir como se encuentran los espacios interfibrilares, es decir, si están totalmente llenos o muy vacíos, con el fin de proyectarse sobre el efecto que presento el cuero el momento de la deformación del paso de la persona que lo usó y si le resulta cómodo o simplemente provoca molestias, ya que una calificación baja es sinónimo de cueros con efecto traposos, muy vacío o cuando están demasiado llenos y presenten un tacto robusto, y cuando serán calificados con puntuaciones altas son indicativo de que se ha colocado la cantidad exacta de productos en el entretejido fibrilar.

## **7. Blandura**

Para detectar la blandura se palpó el cuero con las yemas de los dedos y se observó la delicadeza y caída, ya que es una cualidad que debían tener los cueros para la confección de artículos, en los que por el roce con la piel necesitaran ser muy delicados para no producir molestias en el usuario, debido a que las horas de uso son elevadas. Dentro de esta característica sensorial se tomó en cuenta que el cuero presentó un tacto muy cálido, liso, suave, y muy similar al de la seda, y que la superficie no presentó demasiadas imperfecciones,

que afecten la plenitud y blandura. En la fotografía 3, se ilustra la valoración de las calificaciones sensoriales del cuero vacuno, por el juez calificado.



Fotografía 3. Determinación de las calificaciones sensoriales del cuero.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **A. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA TENERÍA INCA**

###### **1. Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO<sub>5</sub>)**

Los resultados obtenidos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), de las aguas residuales del proceso de pelambre de la tenería "INCA" en donde se aplicaron dos sistemas de pelambre el uno fue el tradicional y el segundo el proceso modificado; establecen que las respuestas de las aguas residuales promedio en el primer tratamiento fue de 18055,0 mg/l O<sub>2</sub>, y que descendieron a 12685,0 mg/l O<sub>2</sub>, como se indica en el cuadro 10, lo cual presenta una disminución considerable en cuanto a su valor numérico, y que es un indicativo que las aguas que se obtuvieron en el tratamiento modificado tienen un menor efecto contaminante sobre las vertientes; es necesario considerar según [\(2015\)](http://www.drcalderonlabs.com), que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), determina el poder contaminante del agua, mide la cantidad de oxígeno que se necesita para lograr desdoblar la materia orgánica por medio de las bacterias anaerobias y aerobias facultativas y mientras el agua residual presenta mayor contenido de materia orgánica se requerirá mayor contenido de bacterias para lograr el desdoblamiento de las sustancias.

Además al desdoblar las sustancias se tendrá un mayor número de materia inorgánica en el residuo del agua la cual aparecerá como sólidos totales disueltos, lo que aumentó la contaminación por cualquier tipo de sustancias que se esté aplicando al libre flujo del agua en las vertientes; una de estas sustancias son las fibras de pelo, que en su gran mayoría están compuestas por materia orgánica ya que el principal constituyente de estas son proteínas en donde existe enlaces peptídicos y compuestos orgánicos que al ser arrojados al agua

Cuadro 10. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA “TENERÍA INCA”.

ESTADÍSTICOS	DBO5		DQO		Conductividad	
	Tradicional	Modificado	Tradicional	Modificado	Tradicional	Modificado
Media	18055	12685	32130	23702,5	32,23	29,55
Error típico	4226,94	2207,09	4517,95	956,79	1,43	0,26
Mediana	18350	12300	33540	24040	30,95	29,70
Moda						
Desviación estándar	8453,88	4414,17	9035,89	1913,57	2,86	0,53
Varianza de la muestra	71468100	19484900	81647333,33	3661758,33	8,17	0,28
Curtosis	-5,79	-4,41	-0,75	-0,61	3,89	2,23
Coefficiente de asimetría	-0,03	0,22	-0,71	-0,79	1,97	-1,44
Rango	15680	9060	20560	4330	6,00	1,20
Mínimo	9920	8540	20440	21200	30,50	28,80
Máximo	25600	17600	41000	25530	36,50	30,00
Suma	72220	50740	128520	94810	128,9	118,20
Cuenta	4	4	4	4	4	4
tstudent	0,02	*	0,006	**	0,06	ns

no logran disolverse en su totalidad, ya que el agua y las proteínas son sustancias apolares, por lo tanto se repelen sin logra una buena disolución y se quedan suspendidos como coloides, esto ocasiona que al poner en contacto la piel con el agua se necesitó al ser vertida una gran cantidad de microorganismos para lograr desdoblarlas por lo que se va a producir una contaminación muy notable del agua; pero al lograr recuperar el pelo en este procesos se elimina un gran agente contaminante. En los tiempos actuales se busca mediante estudios que el impacto de una curtiembre disminuya utilizando tecnologías más limpias que las ocupadas tradicionalmente con lo cual esta práctica de recuperación de pelo puede ser una tecnología ocupada a futuro para lograr bajar los índices de contaminación del agua en cuanto a demanda bioquímica de oxígeno se refiere.

El error típico de las medias infiere en el tratamiento tradicional (T1), un valor de 4226,94 el mismo que desciende a 2207,09, en la evaluación de las aguas residuales del proceso modificado (T2), y que es un indicativo de que los resultados se dispersan en menor grado en relación a la media es decir existe mayor homogeneidad, además la mediana que fue en el tratamiento T1 de 18350 desciende a 12300 en el tratamiento T2, es decir el valor central es menor para el segundo caso en estudio demostrando un descenso en la carga contaminante. Finalmente La desviación estándar en el tratamiento T1 fue de 8453,88 la misma que se ve disminuida a 4414,17 en el tratamiento T1, es decir que los valores de demanda bioquímica de oxígeno decrecen considerablemente en relación a la media de las observaciones, como se ilustra en el (gráfico 2).

## **2. Demanda Química de Oxígeno, (DQO)**

En el análisis de la demanda química de oxígeno (DQO), de las aguas residuales provenientes del proceso de pelambre de las pieles vacunas de la tenería "INCA", donde se compararon dos tratamientos (pelambrado tradicional versus modificado); se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0,006$ ), según la prueba tstudent, estableciéndose sin embargo que en las respuestas numéricas se registró al evaluar las aguas residuales de la industria aplicando el tratamiento tradicional (T1), el resultado del DQO, fue de 4517,95 mg/l O (disuelto), y que

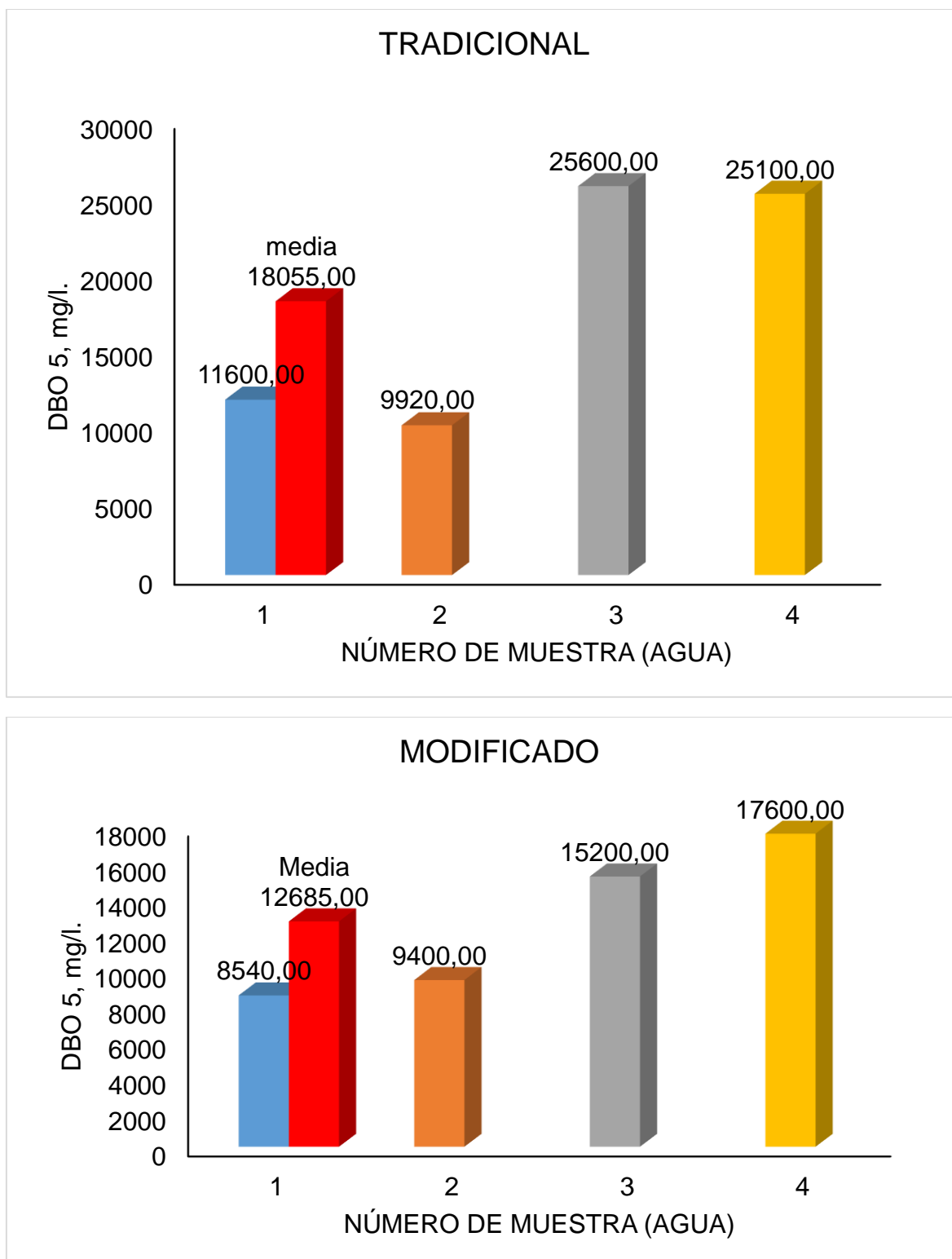


Gráfico2. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa “Tenería Inca”.

descendió al realizar el pelambre modificado (T2), en un 21.7%; ya que las medias fueron de 956,79 mg/l O (disuelto), como se ilustra en el gráfico 3, lo que se considera una disminución considerable es decir que en el pelambre modificado el agua residual sale con menor índice de contaminación, considerándose que esta tecnología es útil en cuanto a la disminución de contaminación para la industria curtidora.

Según <http://www.tilz.tearfund.org>.(2014), el DQO de las aguas residuales mide la cantidad de oxígeno que se necesitó para lograr desdoblar la materia orgánica y transformarla en sustancias que sean asimilables para el ambiente y es uno de los índices que más se toma en cuenta para determinar el grado de contaminación que tiene el agua, ya que una mínima variación en los índices normales de la medición de DQO afecta el nicho ecológico de las especies que se desarrollan en donde se toma la muestra, ya que el oxígeno que esta deficiente en el agua por el aumento considerable de este, es tomado del ambiente del suelo, o de otros compuestos que tengan presencia de oxígeno para lograr transformar las sustancias y con lo cual encarecen el oxígeno en el ambiente del mismo con esto ocasiona que los animales y las plantas que necesitan oxígeno para sus diversos procesos biológicos se sientan carentes de este y tengan deficiencias lo cual puede considerarse que afecta en el libre desarrollo de las especies naturales y crea una deficiencia que es considera como contaminación ya que afecta el libre desenvolvimiento del hábitat natural por agentes extraños depositados en el agua entre ellos productos químicos, residuos de cueros, sólidos sin disolver entre otros.

La industria curtidora como se ha conocido por diversos estudios realizados presenta mucha contaminación, ya que el agua que es vertida luego de los procesos de curtición presenta agentes químicos extraños y que no se descomponen fácilmente, uno de los procesos que genera una contaminación apreciable es el del pelambre, ya que en este se usa diversos químicos para lograr retirar el pelo de la piel y que debido al fuerte enlace que existe entre estos debe darse procesos de acidificación y que luego de esto es vertida al agua el pelo y alícuotas de ácidos que están en exceso por efectos de la formulación, al depositar el pelo y los químicos presentes en el, se está depositando una gran



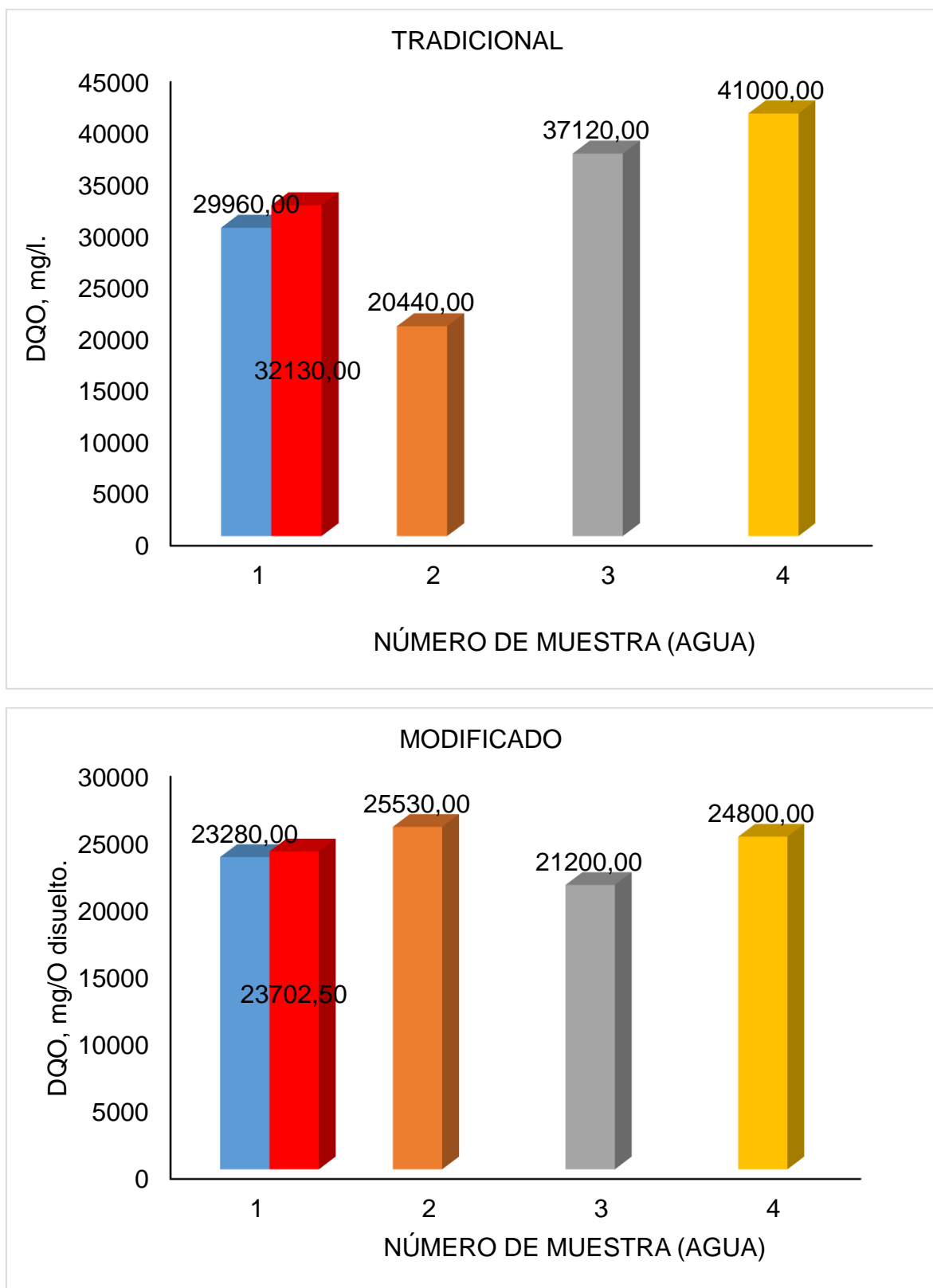


Gráfico3. Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa “Tenería Inca”.

cantidad de materia orgánica al agua y necesitó producirse mucho oxígeno en el ambiente para el desdoblamiento de estos agentes extraños; pero al lograr instaurar un procesos de pelambre con recuperación de pelo se dan dos ventajas en cuanto al proceso tradicional, una de ellas es que para recuperar el pelo se utiliza agentes químicos básicos lo cual logra una neutralización del medio ácido que se emplea para la eliminación del pelo en la piel y estos agentes químicos logran una reacción de neutralización en la cual se deposita en el agua sales minerales que no son dañinas para el ambiente como si son los ácidos y otra ventaja del uso del sistema de pelambre modificado es que no se deposita el pelo en el agua con lo cual no aumenta el contenido de materia orgánica en el agua y con esto no se necesita producir mayor contenido de oxígeno con lo cual el DQO no aumenta y este pelo recuperado puede ser usado en la fabricación de otros productos como fertilizantes o abonos después de un tratamiento adicional con lo cual se aumenta el valor de la curtición.

Los resultados de la mediana de la variable demanda química de oxígeno de las aguas residuales provenientes de los efluentes del proceso de pelambre de las pieles vacunas fueron de 33540 mg/O, en las aguas del tratamiento T1, y de 24040, para el tratamiento T2, observándose por lo tanto que el valor central de las muestras demuestra un menor contenido contaminante. En relación a la moda se aprecia que no existen resultados que se repiten en ninguno de los dos residuos líquidos evaluados, pero si existe una desviación de 9035.89mg/O, para el tratamiento T1, y de 1913,57mg/O, para el tratamiento T2, es decir que en pelambre modificado existe mayor homogeneidad en la dispersión de los resultados en relación a la media que es una condición buscada a nivel industrial.

Finalmente el resultado el error típico fue de 4517.95 mg/O, y en el tratamiento T2, las respuestas descendieron a 956.79 mg/O, con lo cual se puede afirmar que los datos se encuentran más agrupados en relación a la media. De acuerdo a los reportes estadísticos se observa que en el agua residual existe un cambio en su poder contaminante en forma favorable ya que disminuye la demanda química de oxígeno, en el análisis de las aguas residuales del proceso modificado.

### 3. Conductividad eléctrica

En el análisis de los resultados de conductividad eléctrica de las aguas residuales que se vierten después del proceso de pelambre de las pieles vacunas en la Tenería "INCA", se establecieron respuestas promedio en el primer tratamiento (T1), de 32,23 S/m y los cuales presentaron una disminución del 6,83% ya que las medias reportadas para el tratamiento de apelambrado modificado (T2), presentaron valores de 29,55 S/m, como se ilustra en el gráfico 4. De acuerdo a los resultados de la demanda química de oxígeno, se afirma que el poder contaminante del agua residual de la Tenería "INCA" redujo en cuanto se aplicó un proceso de apelambrado con una receta modificada en relación al tradicional, y que sería un factor importante para tomar en cuenta para aplicar esta tecnología en la industria ya que puede ayudar para que el agua cumpla con los requisitos planteados para la deposición del agua en las vertientes y cumpla con las normas específicas impuestas por los organismos competentes.

Dentro del análisis de lo que presenta la muestra de conductividad para medir los parámetros de contaminación en el agua es una técnica nueva que se emplea y que tiene como fundamentación teórica el uso de un conductímetro para medir la conductancia del agua cuando presenta iones disueltos en su composición, dentro del funcionamiento del equipo que presenta dos cátodos el uno que es positivo y el otro que es negativo y cuando se deposita en una muestra de agua las sustancias minerales están disueltas en ella y por efecto de un fenómeno de atracción electrónica las sustancias viajan al cátodo positivo o al cátodo negativo de acuerdo a la carga iónica presente, este fenómeno ha sido muy utilizado para la determinación de sustancias disueltas en el agua que presenten cargas y que estén disueltas en dicha sustancia y mediante este se puede evaluar el contenido de materia inorgánica del agua y se han establecido normas que determinan cuanto es tolerable para muestras de aguas que van a ser depositadas o que van a ser usadas para el consumo, potabilización o aguas residuales de la industria y que el agua debe cumplir esas normas para evitar que se dé una contaminación ambiental.

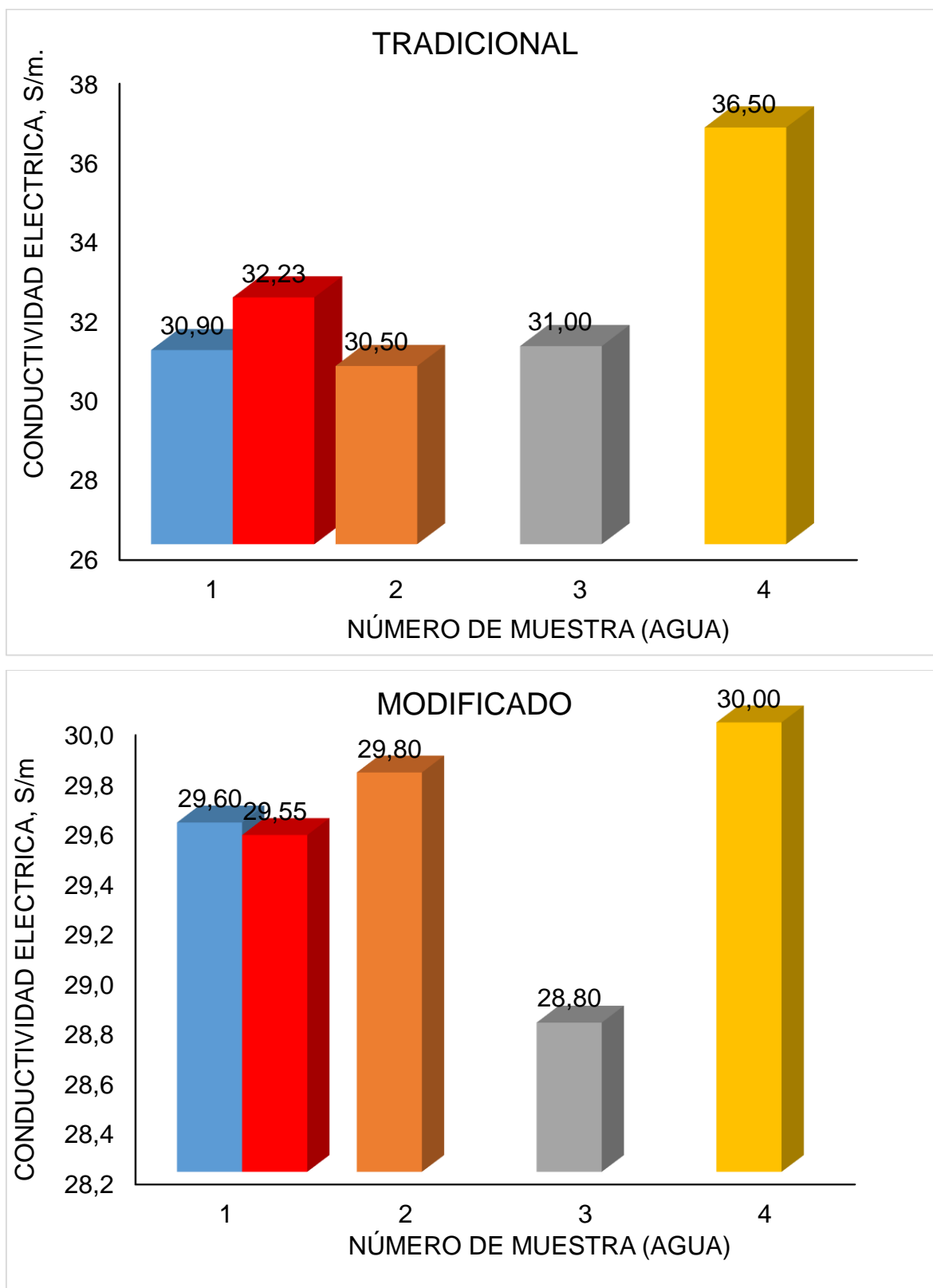


Gráfico4. Comportamiento de la conductividad eléctrica de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa "Tenería Inca".

Los resultados provenientes del agua residual de los procesos de pelambre de la Tenería "INCA" tiene mucha relación con lo expresado por Hidalgo, L (2004), quien señala que al recuperar el pelo y permitir las reacciones de neutralización entre los ácidos que se utilizan el producto básico que se utiliza para la recuperación de pelo disminuye el grado de iones libres en la solución, esto se debe que cuando se deposita las aguas residuales del proceso de pelambre sin recuperación de pelo existen hidrogeniones libres en la solución madre lo cual hace que el conductímetro los hidrogeniones que son átomos desnudos de hidrogeno tienen carga positiva y son fuertemente atraídos por el cátodo y con esto se da una fluctuación de electrones así el cátodo con lo cual las lecturas se dan con picos muy altos y se obtienen valores altísimos de conductividad eléctrica, pero en la neutralización se anula el fenómeno de los hidrogeniones libres y se forman aniones y cationes mucho más estables que son menormente atraídos por los cátodos del conductímetro.

Con lo cual los picos de lecturas en el conductímetro no se elevan con mucha facilidad por lo cual la lectura de estos será mucho menor, esto nos da un parámetro para afirmar que el agua es mucho más limpia y el poder contaminante de este es menor ya que existe menor cantidad de sólidos disueltos en el agua por lo cual no afecta en gran medida al medio ambiente en el que se desarrolla.

Para <http://www.pelambrethiolime.com>.(2014), Al existir minerales disueltos en el agua esto nos da una impresión de que estas sustancias afectan el libre desarrollo del nicho ecológico, ya que estos sólidos en el paso del agua por distintos lugares van sedimentando lo que hace que estas sustancias extrañas sedimenten en el suelo y sean absorbidas por plantas y animales, como son sustancias extrañas en el ambiente estas interfieren en el libre desarrollo del medio ecológico y esto ya es un sinónimo de contaminación ambiental, dentro del marco de tolerancia que ha sido hecho por estudios para aguas residuales de la industria los requerimientos de conductividad eléctrica son altos ya que estos deben presentar medidas bajas para poder considerar que el agua es tolerable a la deposición por lo cual es aceptable la tecnología que implica una reformulación de pelambre tradicional.

## **B. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO**

### **1. Resistencia a la Tensión, N/cm<sup>2</sup>**

En la evaluación de la resistencia a la tensión de un lote de cueros vacunos procesados en la tenería Inca, por efecto de la comparación entre dos sistemas de pelambre; tradicional versus pelambre modificado, se registraron diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de t student, registrándose que para el tratamiento T1, las medias tuvieron valores iguales a 1647,72 N/cm<sup>2</sup>; las cuales disminuyeron a 1616,73 N/cm<sup>2</sup> en el tratamiento T2, como se reporta en el cuadro 11, y se ilustra en el gráfico 5. Resultados que al ser comparados con las exigencias de calidad de la Asociación Española del Cuero que infieren según la norma Técnica IUP 6 (2002), que menciona un límite permisible de 1500, se cumplen con estas exigencias, en los dos sistemas de pelambre utilizados, in embargo al modificar el sistema los resultados son más altos pudiendo utilizar este tipo de cueros para la confección de calzado donde se requiere mayores resistencias a las fuerzas multidireccionales a las que se encuentran sometidos el momento de la confección del artículo final.

Además, se aprecia que la desviación estándar fue de 163.73 N/cm<sup>2</sup>, para el tratamiento T1 y de 253.64 N/cm<sup>2</sup> para los reportes de las pieles vacunas de tratamiento T2, es necesario considerar que cuanto más pequeña es la desviación estándar mayor será la concentración de datos alrededor de la media, por lo tanto en las pieles que se utilizó un pelambre tradicional se cumple con esta premisa, así como también se observa en la dispersión de los datos que el valor central que corresponde a la mediana fue de 1671.55 N/cm<sup>2</sup>, para el tratamiento T1 y de 1601.75 N/cm<sup>2</sup>, para el tratamiento T2, sin existir una respuesta de resistencia a la tensión que se repita ya que no existió moda, al respecto según <http://www.ditutor.estadistica.com>.(2015), la estadística descriptiva es una disciplina que proporciona principios y herramientas para emitir juicios sobre colectivos basados en datos obtenidos para propósitos específicos.

Cuadro 11. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.

ESTADÍSTICOS	Resistencia a la Tensión		Porcentaje de Elongación	
	Tradicional	Modificado	Tradicional	Modificado
Media	1647,72	1616,73	58,35	66,83
Error típico	81,86	126,82	3,24	3,66
Mediana	1671,55	1601,75	57,50	66,20
Moda				
Desviación estándar	163,73	253,64	6,49	7,33
Varianza de la muestra	26805,91	64333,32	42,06	53,70
Curtosis	1,57	0,68	1,46	1,12
Coefficiente de asimetría	-0,83	0,33	0,75	0,49
Rango	392,94	610,19	15,60	17,70
Mínimo	1427,41	1326,62	51,40	58,60
Máximo	1820,35	1936,81	67,00	76,30
Suma	6590,86	6466,93	233,40	267,30
Cuenta	4,00	4,00	4,00	4,00
T student	0,042	**	0,07	ns

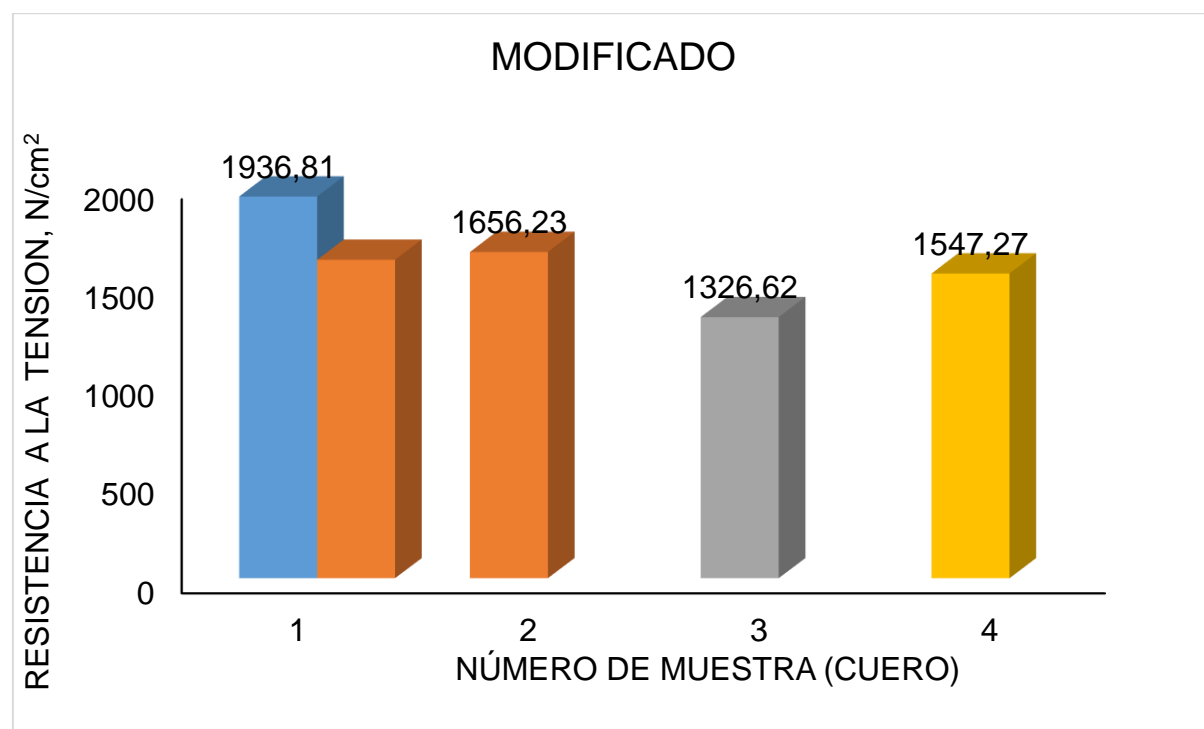
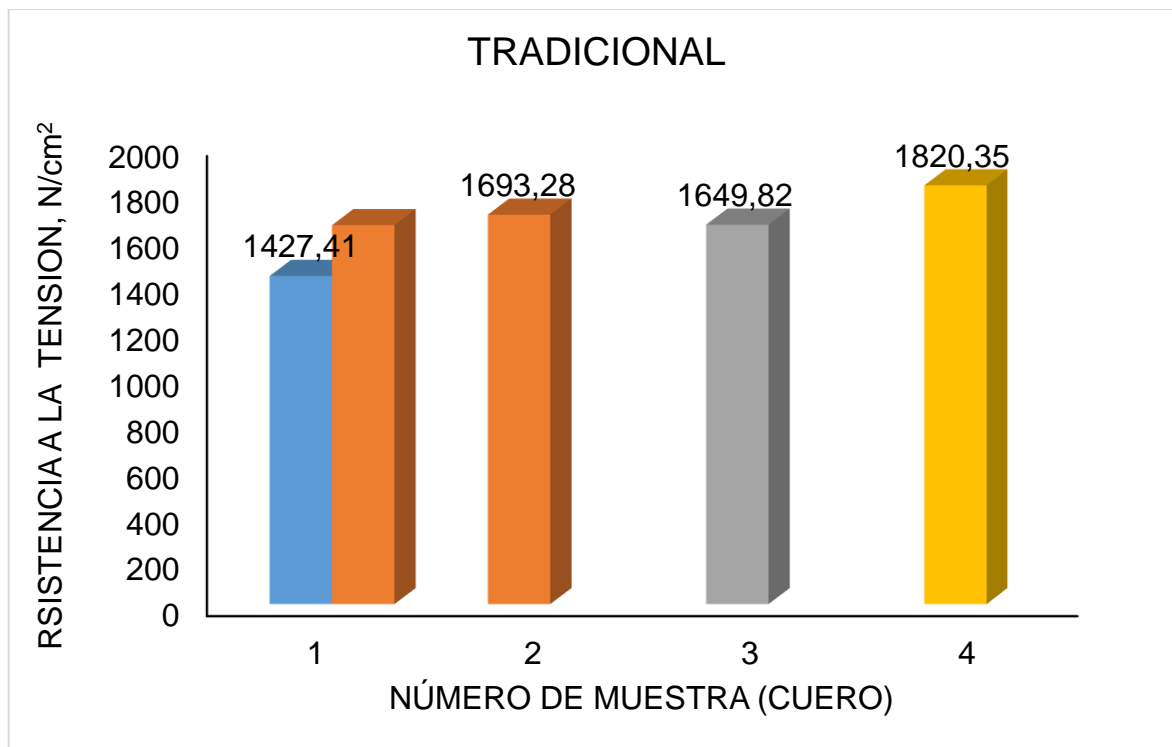


Gráfico5. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.



Es decir, brinda el soporte para saber que datos obtener, como, cuando, y una vez obtenidos proporciona métodos y procedimientos para organizarlos con diferentes propósitos, es decir que al comparar resultados entre sí, lo que se obtiene son juicios sobre la precisión de los métodos analizados.

De acuerdo a los reportes antes mencionados que para obtener cueros que requieran respuestas mayores a la resistencia a la tensión se deberá utilizar un pelambre tradicional en los procesos de ribera y que para muestras con una menor calidad pero que cumplan con los requerimiento ambientales se deberá utilizar un pelambre modificado, estas respuestas no son tan lejanas al tratamiento tradicional por lo cual se afirmara que no se baja en un índice considerable a la calidad del cuero sin embargo tiene mayor viabilidad ya que presenta mayor calidad ambiental.

Según lo que nos indica Bacardit, A. (2004), si se quieren conseguir máximas resistencias, lo ideal es no tener que efectuar calero, al tener un exceso de calero, las fibras se van acortando y se convierten cada vez más en pre gelatina debido al proceso de hidrólisis, por eso la resistencia a la tensión se verá perjudicada. Entonces la estructura del colágeno se vuelve cada vez es más reactiva, lo que favorecerá la fijación de los productos curtientes. Por esta razón las fibras se alargaran más debido a la desestructuración, y por lo tanto el alargamiento aumentó, pero al depositarse en exceso los productos del pelambre, las fibras se rompen fácilmente.

La variación de la respuestas en la prueba de resistencia a la tensión de los dos tratamientos de pelambre que se efectuaron a las pieles vacunas muchas veces tienen que ver con los procesos fisiológicos que se dan en el proceso de pelambre cuando se efectúa el proceso tradicional y otro cuando se efectúa el proceso modificado, para este proceso se usa hidróxido de calcio el cual es un neutralizante que no permite que el ácido ataca de manera muy agresiva a las fibras de colágeno produciendo su desnaturalización pero el hidróxido evita este fenómeno, un problema que suscita en este uso de bases para evitar el depilado total de las pieles es que produce un puente de calcio y el colágeno con lo cual

las fibras se acortan y quedan más cercanas entre sí lo cual produce que al estar las fibras más en contacto se produce una fricción entre ellas con lo cual se da el debilitamiento del tejido interfibrilar, que no es recomendable para cueros que necesiten ser sometidos a fuerzas externas como es la confección de guantes para trabajo ya que estos necesitan ser fuerte y muy rígidos para evitar que se dé su rompimiento y no puedan servir para la causa de la cual fueron diseñados, pero también se debe tomar en cuenta otros factores especialmente el tema ambiental que está ocasionando en los tiempos actuales muchos problemas en las curtiembres llegando inclusive a ocasionar multas gubernamentales por causa de las legislaciones ambientales vigentes, y mucho más allá ocasionarían el cierre de la empresa.

## **2. Porcentaje de elongación**

En la evaluación estadística del porcentaje de elongación de las pieles vacunas procesadas en la “Tenería INCA” de la ciudad de Ambato, y que fueron sometidas a dos tratamientos de pelambre para ser comparados el tradicional versus el modificado, no se reportaron diferencia estadísticas según el criterio t student, estableciéndose de cóctel numérico el porcentaje de elongación en el tratamiento T1 que consistió en un proceso tradicional de apelambrado una respuestas promedio de 58,35%, como se ilustra en el gráfico 6. Las mismas que se elevaron a 66,83%, al aplicar el apelambrado de las pieles con un tratamiento modificado (T2), por lo cual se puede afirmar que para obtener cueros que requieran mejores respuestas a la prueba física de porcentaje de elongación en la industria curtidora es recomendable modificar los tiempo, pH, y productos utilizados en un proceso tradicional.

La finalidad de la presente investigación fue la comparación de los dos modelos de pelambre que se proponen para la industria del cuero, el modelo tradicional fue descubierto hace muchas décadas atrás debido a que era importante el eliminar de las pieles el pelo ya que interfería con el proceso natural de curtición y por eso fue utilizado en gran medida y es utilizado en el tiempo actual para todas las industrias curtiembres en el Ecuador pero por resientes estudios se denota que

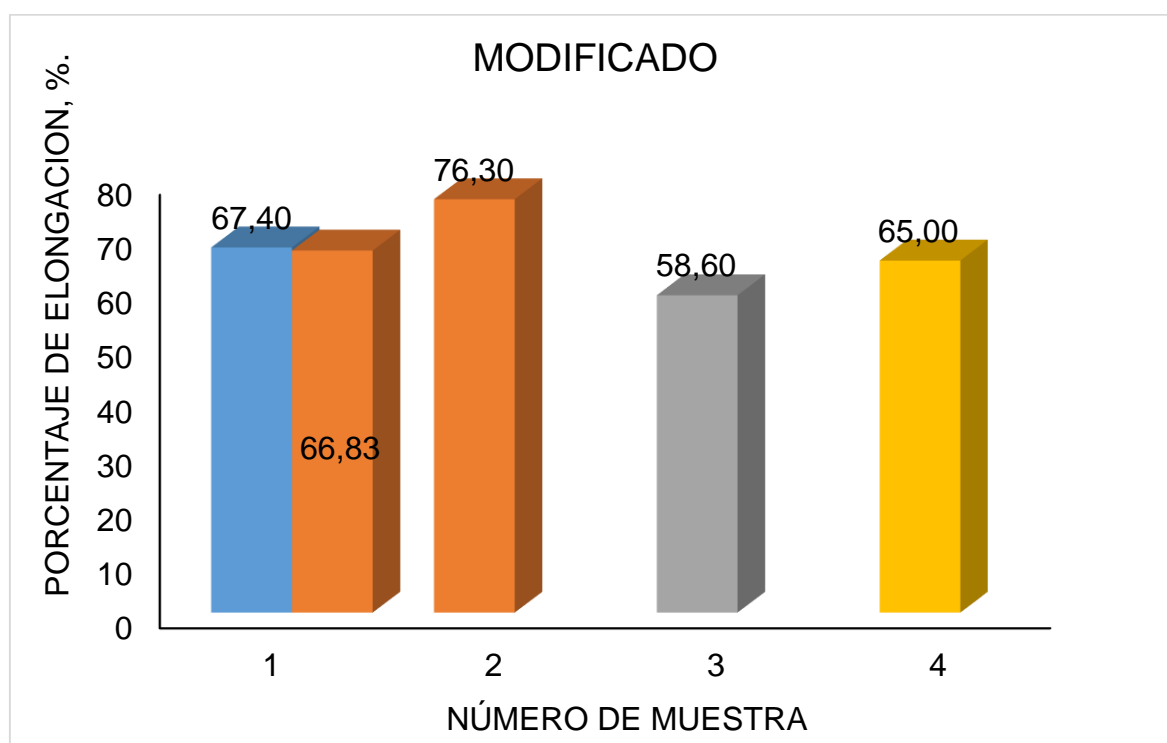
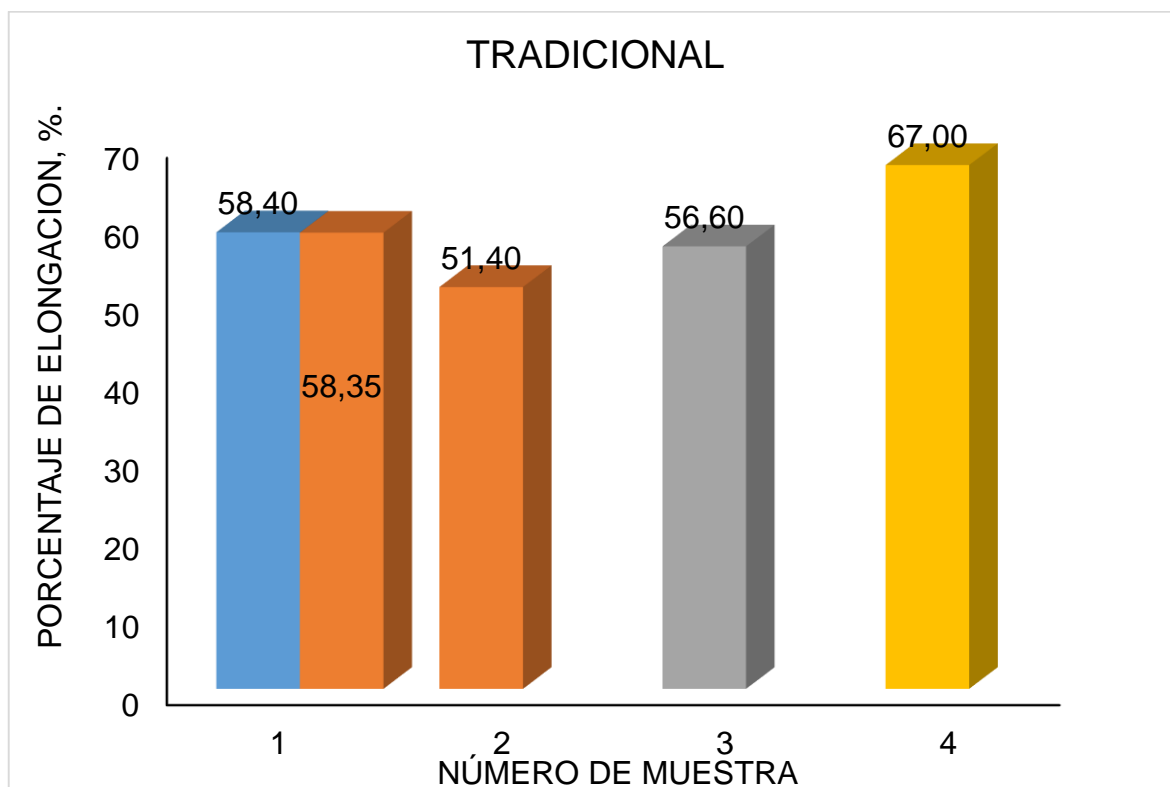


Gráfico 6. Comportamiento del porcentaje de elongación del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería INCA”.

este proceso de ribera tiene una gran deficiencia y es el poder contaminante que genera al utilizar este proceso de pelambre, por lo cual se busca una nueva tecnología que no genere tanta carga contaminante al verter las aguas residuales pero que tenga iguales resultados al eliminar el pelo y darle características iguales al cuero para que no repercuta en procesos posteriores de curtición por lo cual es efectivo evaluar varias características del cuero y valorar cómo se pueden mejorar los procesos para llegar a obtener respuestas iguales o incluso mejores para que los industriales acepten la propuesta de un cambio de pelambre que resulte mucho más amigable con el ambiente.

Según lo que nos indica [http: wwwdepilacionorganica.com](http://wwwdepilacionorganica.com).(2014), la rotura de flor también se ve afectada, por , un exceso de calero ya que se aumenta la reactividad de la piel, y se provoca un deposito excesivo de curtiente en la flor, por lo tanto se encuentra sobrecurtida, y no es elástica y se rompe al mínimo esfuerzo.

Si utilizamos enzimas en el pelambre, la piel puede sufrir un ataque enzimático, con lo cual el rendido puede ser más eficaz. Pero puesto que las enzimas empiezan a actuar por la flor, un exceso de calero enzimático puede producir que la flor salte rascando, es decir, puede disminuir el alargamiento de la fibra del colágeno. Una de las principales características que debe cumplir el cuero es el porcentaje de elongación, ya que sea cualquier el fin para el que este destinado el cuero tendrá que presentar flexibilidad ya que con esto evita que se rompa el cuero, y con esto desmejore la calidad y su clasificación; uno de los principales problemas por el cual el pelambre a tenido que ser corregido con nuevas tecnologías es el hinchamiento que le confiere a la piel al reaccionar las fibras de colágeno con el acido, ya que estos presentan dos extremos libres un grupo amino y un grupo hidroxilo libre por eso se puede afirmar que las proteínas son anfóteras esto quiere decir que pueden recibir cargas positivas o negativas actuando como ácidos o como bases; al proceso de pelambre en donde se utiliza ácidos en disolución se tienen un anión que es el hidrogenión y un catión que puede llegar hacer el sulfuro o el sulfhidrato, el hidrogenión se une con el grupo carboxilo libre generando un hinchamiento en la estructura y con esto se da un

acercamiento de las moléculas y al experimentar una fuerza elástica no se va a separar porque el espacio es muy corto y se generó un rompimiento de las fibras de colágeno por lo cual se bajara el porcentaje de elongación, pero al aplicar un neutralizante como es el hidróxido de calcio que es el químico que se utiliza para la recuperación de pelo este evita que se dé una reacción muy fuerte entre el grupo carboxilo y el hidrogenión del ácido ya que este forma un compuesto antes de que el hidrogenión ataque a la fibra de colágeno este complejo es muy estable aunque es muy grande el tamaño de esta célula no se presenta una unión entre las fibras de colágeno con lo cual se permite que el cuero se puede estirar con facilidad, y sobre todo que retorne a su longitud inicial sin producirse deformación o cambios en la estructura del cuero.

### **C. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO**

#### **1. Llenura**

En la evaluación estadística de los resultados obtenidos de la prueba sensorial de llenura de los cueros bovinos procesados en la “Tenería INCA” se reportaron diferencias estadísticas entre medias, ( $P < 0,02$ ), al comparar un pelambre tradicional versus el modificado, estableciéndose las mejores respuestas en los cueros del tratamiento T2 (pelambre modificado), ya que las medias fueron de 4,50 puntos sobre 5 puntos de referencia y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015); en comparación de los resultados alcanzados al utilizar el pelambre tradicional (T2); que reportaron una calificación media de 3,50 puntos, como se reporta en el cuadro 12. El sistema modificado de pelambre debería en la actualidad ser usado en la mayoría de industrias curtientes por no especular diciendo en todas en el Ecuador, con lo cual se puede afirmar que en el proceso de recuperación de pelo en el apelmbrado de cueros de la curtiembre “INCA” se obtienen cueros con mayor calidad y con mejores prestaciones a la prueba sensorial de llenura en comparación con los cueros curtidos con un procesos de rivera tradicional en el apelmbrado, con lo

Cuadro 12. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO VACUNO COMPARANDO EL SISTEMA DE DEPILADO TRADICIONAL VERSUS EL MODIFICADO.

ESTADÍSTICOS	VARIABLE SENSORIAL			
	Llenura		Blandura	
	Tradicional	Modificado	Tradicional	Modificado
Media	3,50	4,50	3,25	4,00
Error típico	0,29	0,29	0,25	0,41
Mediana	3,50	4,50	3,00	4,00
Moda	3,00	4,00	3,00	4,00
Desviación estándar	0,58	0,58	0,50	0,82
Varianza de la muestra	0,33	0,33	0,25	0,67
Curtosis	-6,00	-6,00	4,00	1,50
Coefficiente de asimetría	0,00	0,00	2,00	0,00
Rango	1,00	1,00	1,00	2,00
Mínimo	3,00	4,00	3,00	3,00
Máximo	4,00	5,00	4,00	5,00
Suma	14,00	18,00	13,00	16,00
Cuenta	4,00	4,00	4,00	4,00
tstudent	0,02	*	0,008	**

cual representaría que esta tecnología pudiera ser viable en el remplazo de la curtición tradicional ya que en las diversas pruebas que se le ha realizado en comparación de estos dos procesos el pelambre con recuperación de pelo a sido superior y con esto la presente investigación tiene características que pueden generar el cambio del proceso de transformación de piel en cuero que actualmente utilizan las industrias curtiembres generando así conciencia ambiental en los productores de cueros para lograr mitigar en algo la carga contaminante que se da en todos los procesos que experimenta el cuero en su transformación a piel curtida.

Además como se ilustra en el gráfico 7, se aprecia una mediana de 4,5 puntos para el tratamiento T2 y de 3,5 puntos en las respuestas del tratamiento T1, en relación a la media que numéricamente registraron valores similares; es decir las calificaciones de llenura se enmarcan dentro del rango de excelente, ya que se le compara con 5 puntos que es la ideal; la desviación estándar fue de 0,58 para los dos casos en mención indicando una desviación muy baja de las respuestas en relación a la media, así como un error típico de 0,29 que demuestra que los datos se asemejan unos con otros, reportándose además datos que van de 3 puntos a 4 puntos en el tratamiento T1 y de 4 puntos a 5 puntos, en el tratamiento T2.

Según lo que reporta Hidalgo, L. (2004), un exceso de calero nos producirá un excesivo hinchamiento y turgencia, lo que hará que las arrugas sean más pronunciadas. Como ya hemos explicado anteriormente, un exceso de calero produce que la piel sea más reactiva y se llegue a producir una sobrecurtición, con lo cual la flor quedó más llena más visible y sobre todo muy armada que causara problemas al usuario. En el caso contrario, un déficit de calero provocó que la piel está cerrada, porque solo ha ocurrido el fenómeno físico de hinchamiento, con lo cual se marcan las arrugas en el cuello. Hay algún artículo de moda en que son necesarios los cuellos arrugados, entonces lo más apropiado es realizar un pelambre frío, con gran cantidad de  $\text{Na}_2\text{S}$ , ejecutar un desencalado deficiente, y disminuir el tiempo de rodaje. Todos los procesos en el cuero son importantes ya que cada uno de ellos son realizados para modificar las características ya sean físicas químicas o sensoriales de la piel y poder dar su

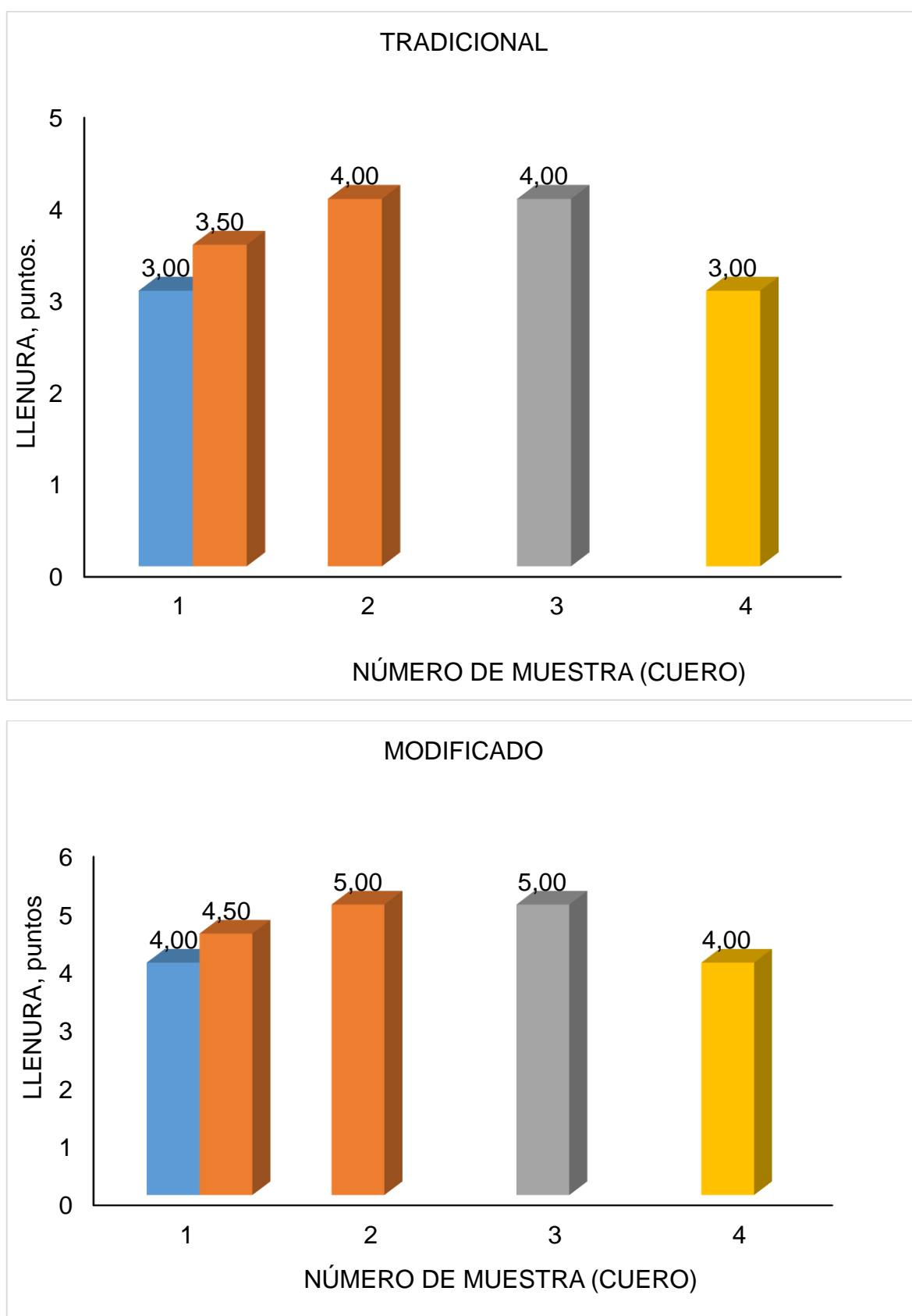


Gráfico 7. Comportamiento de la blandura del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la "Tenería Inca".



transformación, uno de los primeros procesos que sufre la piel son los de ribera entre ellos entra el proceso de pelambre que consiste en aplicar químicos para desestabilizar la unión que existe entre las fibras de colágeno y las fibras de pelo o lana de los diversos animales que se quieran curtir.

El pelo de las especies animales se encuentra en gran abundancia y es un factor importante en su composición ya que este provee protección al animal tanto de cambios climáticos bruscos como de factores extraños del medio y por eso es que el espesor de este componente es abundante y también actúa como una fibra osmótica esto quiere decir que regula el paso de agua entre el exterior y el interior del animal ya que si dejara pasar mucha agua el animal puede morir así como que si dejara pasar muy poca agua y también mediante este se elimina el exceso de este químico, por eso que es fundamental en los procesos de curtición el de eliminar el pelo ya que del contrario este no permitirá el paso de químicos así el interior de la piel.

## **2. Blandura**

La blandura es la característica que determina el grado de suavidad y caída del cuero, por lo que al realizar la evaluación descriptiva se observa que no existieron diferencias (0,30), según la prueba estadística de t student que compara varias muestras entre sí, reportándose una media de 4,0 puntos ; una mediana de 4,0 puntos; es decir las calificaciones se enmarcan dentro del rango de una blandura muy buena , ya que se le compara con 5 puntos que es la ideal según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), esto en el caso de la aplicación de un pelambre modificado (T2), mientras tanto que para el caso del pelambre tradicional los resultados fueron de una media de 3,25 puntos y una mediana de 3 puntos y considerando como una calificación buena según al escala antes mencionada, como se ilustra en el gráfico 8. La desviación estándar fue de 0,50 y 0,82 para el caso del tratamiento T1 y T2 respectivamente indicando una desviación notoria de las respuestas en relación a la media, así como un error típico de 0,25 para el tratamiento T1 (convencional) y de 0,41 para el tratamiento T2, que demuestra que los datos se asemejan unos con otros, reportándose

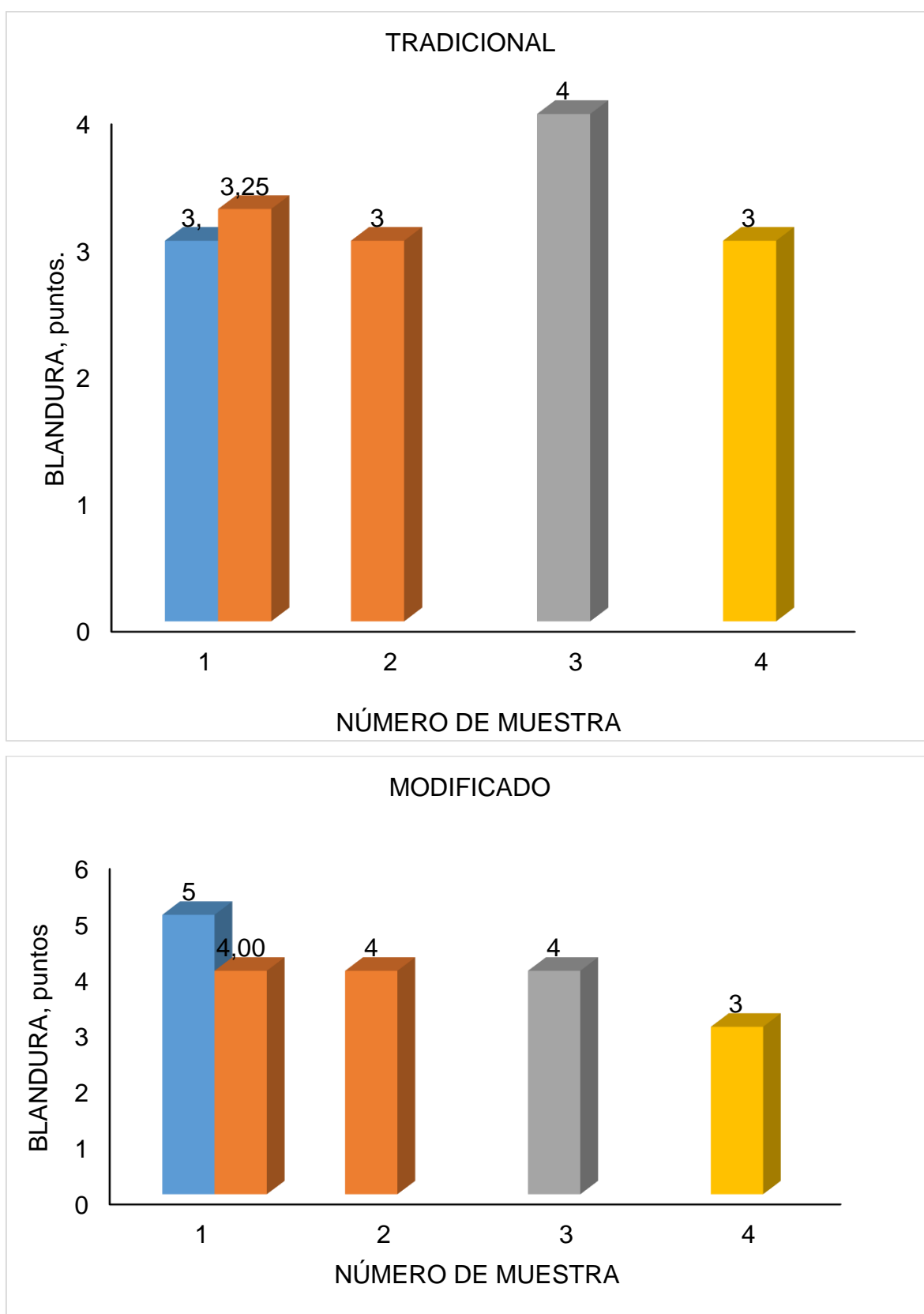


Gráfico 8. Comportamiento de la blandura del cuero bovino depilado con un sistema de recuperación de pelo tradicional versus un modificado en la “Tenería Inca”.

además datos que van de 3 a 4 puntos, en el tratamiento T1 y de 3 a 5 puntos en el tratamiento T2.

La escala de calificación de Hidalgo, L.(2015), establece una puntuación de muy buena para los cueros a los que se apelambro con un sistema de eliminación del pelo modificado, es decir cueros cuya suavidad y caída son adecuadas para la elaboración especialmente de artículos de fina confección, facilitando el trabo de manufactura tanto al artesano especialmente en los cocidos y piezas sobrepuestas, así como también al usuario que muchas veces los usa por tiempos prolongados y en condiciones climáticas adversas o en contacto directo con la piel, produciendo comodidad, y que se traduce en una elevación en la clasificación del cuero.

La blandura de los cueros es una característica sensorial muy difícil de conseguir ya que depende de muchos factores especialmente por los productos químicos empleados o la calidad de la materia prima por lo que es sumamente necesario tomar muy en cuenta lo que señala <http://www.cueronet.com>.(2015), donde se indica que luego de la operación de remojo, las pieles suficientemente hidratadas, limpias, con algunas proteínas eliminadas de su estructura, pasan a las operaciones de pelado, donde fundamentalmente se pretende, por un lado eliminar del corium, la epidermis junto con el pelo o la lana, y por otro aflojar las fibras de colágeno con el fin de prepararlas apropiadamente para los procesos de curtido. En general, la concentración de los productos químicos involucrados así como el tiempo y tipo de proceso serán determinantes del tipo de curtido, y particularmente de la blandura y resistencia físico-mecánica de los artículos finales.(capellada, tapicería, marroquinería, vestimenta).

La aplicación de un pelambre adecuado favorecerá un correcto hinchamiento de la piel que promueva un aflojamiento de la estructura reticular, quedando la piel libre de raíces de pelo que pueden ocasionar molestias para la correcta penetración de los productos curtientes.

#### D. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Al realizar la evaluación económica de la producción de cuero vacuno utilizando dos diferentes tipos de pelambre (tradicional vs modificado); se aprecia que los egresos totales provenientes de la compra de pieles, productos químicos para cada uno de los procesos, alquiler de maquinaria y confección de artículos finales las respuestas fueron de \$ 123,96 para el caso del pelambre tradicional (T1), y de \$ 123.24 para el pelambre modificado (T2). Además se realizó la venta del excedente de cuero y de los artículos confeccionados determinándose como ingresos cuyas respuestas fueron de 133, 26 dólares para el tratamiento T1 y de 159, 39 para el tratamiento T2, como se reporta en el cuadro 13.

Una vez obtenidos los ingresos y los egresos se procedió a la determinación de la rentabilidad, reportándose los mejores resultados en el lote de cueros en los que se utilizó un pelambre modificado ya que los resultados fueron de 1,24 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 24% en comparación de los resultados alcanzados en los cueros vacunos del pelambre tradicional que reporto un índice económico de 1,05; es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad el 5 %

Las ganancias reportadas en los dos tratamientos resultan alentadoras ya que superar los márgenes determinados por otras actividades similares, y sobre todo la recuperación del capital es más rápida ya que se habla de procesos que no duran más de 4 meses, pero el mayor beneficio es el aspecto ambiental ya que como se ha dicho a lo largo de la investigación el pelambre dentro de una tenería es un proceso muy contaminante ya que el residuo generado como es el pelo es muy difícil degradar y sobre todo a muy largo plazo, además de los productos que para ello se emplean son muy fuertes que elevan el grado contaminante de los residuos líquidos industriales.

Cuadro 13. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

CONCEPTO	Unid.	TIPOS DE PELAMBRE	
		Tradicional	Modificado
		T1	T2
<b>EGRESOS</b>			
Compra de pieles bovinas		4	4
Costo por banda bovina	\$	21	21
Valor de pieles bovinas	\$	84	84
Productos de remojo y pelambre	\$	4.4	3.68
Productos de curtido	\$	4.24	4.24
Alquiler maquinaria	\$	8.08	8.08
Productos para engrase	\$	19.24	19.24
Productos de acabado	\$	4	4
Total de costos de cueros	\$	123.96	123.24
<b>Confección de artículos</b>			
Billetera	\$	2,25	--
Bolso	\$	--	5
Total de egresos		126.21	128.24
<b>INGRESOS</b>			
Total de cuero producido	pies <sup>2</sup>	96	100
Costo de cuero producido		1,29	1,23
Cuero utilizado en confección	pies <sup>2</sup>	2	7
Excedente de cuero	pies <sup>2</sup>	94	93
Venta de excedente de cuero		121.26	114.39
Venta de artículos confeccionados	\$	12	45
Total de ingreso de dólares	\$	133.26	159.39
Relación beneficio/costo		1,05	1,24

## V. CONCLUSIONES

- La evaluación del agua residual del pelambre de pieles vacunas en la “Tenería Inca” registró una media de DBO<sub>5</sub> del 18055 mg/l, de DQO 32130 mg/l y de conductividad eléctrica 32.23 S/m, dado que estos valores son altos en un proceso de depilado se puede atribuir al proceso propio de sistema tradicional, en donde la inmunización del pelo no se realiza de la mejor manera y se llega a degradar una pequeña parte de la estructura proteica del mismo.
- El parámetro de conductividad eléctrica demuestra que en las aguas del tratamiento T2, existió una menor reactividad con 29,55 S/m, en relación a las respuestas alcanzadas en las aguas del tratamiento T1, con 32,23 S/m, generalmente se requiere de aguas que poseen conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura, para ser vertidas a cuerpos de agua dulce sin mayores problemas de contaminación.
- Al utilizar el sistema pelambre modificado el valor de DBO<sub>5</sub> fue de 12685 mg/l lo que representó una elevación del 29,55% en la recuperación de pelo y una disminución del DBO<sub>5</sub> de 5370 mg/l en el agua residual, comportamiento que se replicó en el DQO, puesto que de 32130 mg/l, en el agua de tratamiento T1 descendió a 23702,50 mg/l, en el tratamiento T2.
- El sistema de depilado modificado es claramente un sistema de producción más limpio por la reducción de carga contaminante en las aguas, esto debido a la formulación que se aplicó, que en contraste con el sistema tradicional en donde no se inmunizó correctamente al pelo, por lo tanto el sistema de filtrado no pudo hacer su trabajo con eficiencia.
- La evaluación económica reporta el mayor beneficio/costo en los cueros del tratamiento T2 con 1,24; es decir una ganancia del 24%, que es superior a la de otras actividades similares.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados expuestos se recomienda:

- Se utilizar un pelambre modificado para disminuir la carga contaminante de las aguas residuales, ya que en los parámetros de DBO, DQO y conductividad eléctrica, demuestran un cambio en la calidad del agua para beneficio de la tenería, debido a que logra solucionar en parte los problemas ambientales, ocasionados por procesos muy contaminantes como es el pelambre.
- Realizar el cambio en la formulación del pelambre, siempre cuidando de no decrecer sobre todo las resistencias físicas del cuero, puesto que para realizar la comercialización del mismo se exige en la actualidad que cumplan con normativas del cuero.
- Preservar la calidad sensorial del cuero al realizar el pelambre ya que de este proceso depende la calidad final del producto y sobre todo su aceptación por parte de los confeccionistas y artesanos.
- Utilizar un pelambre modificado que permite elevar los ingresos económicos de la producción de cuero vacuno con la premisa de cuidar el medio ambiente que circunda a “Tenería Inca”, y cumplir con el principio del buen vivir para evitar sanciones gubernamentales que podrían llevar al cierre de la empresa.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ADZET, J. 2005. Química Técnica de Tenerife. 1a ed. Igualada, España. Edit Romanya-Valls. pp 105,199, 215.
2. ARTIGAS, M.2007. Manual de Curtiembre. Avances en la Curtición de pieles. 2a ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp. 12, 24, 87,96.
3. ÁNGULO, A. 2007. Guía Empresarial del Medio Ambiente, ComisiónRelocalización y Reconversión de la Pequeña y Mediana Empresa. 1a ed. Barcelona, España. sl. pp 30 – 43.
4. AGUDELO, S. 2007. Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas. 1a ed. Barcelona, España. Edit CIPRO. pp. 45 – 49.
5. BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.
6. BELLO, M. 1980. El desengrase de cueros ovinos. Recirculación de baños en la curtición de cueros ovinos con lana. 2a ed. Madrid, España. pp. 11 – 16.
7. BOCCONE, .J. 2009. Modificaciones en el curtido de cueros ovinos para vestimenta que mejoran la resistencia al desgarró. 2a ed. Igualada, España. Edit. Lujano. pp 45 – 69.
8. BUXADÉ, C. 2004. Tomo VIII. Producción Ovina. En Zootecnia: bases de producción animal. Madrid-España. Edit Mundi Prensa. pp 12 – 25.



9. COTANCE, A. 2004. Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. Curtidores Europeos. pp. 23 - 32.
10. CUERVO, N. 2008. Estudio del proceso de compostaje de los lodos producidos en la operación de pelambre en la industria del curtido de pieles. 1a ed. Barcelona, España. EditCIPRO. pp. 45 – 49.
11. ESPAÑA. ESPAÑA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN DEL CUERO. 2002. Norma técnica IUP 6. Resistencia a la tensión.
12. ESPAÑA. ESPAÑA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN DEL CUERO. 2002. Norma técnica IUP 9. Porcentaje de elongación.
13. ECUADOR. AMBATO. Ilustre Municipalidad del Cantón Ambato. 2014. registros metereológicos.
14. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de Pieles. 2a ed. Riobamba, Ecuador. Edit ESPOCH. pp. 15 -58.
15. HIDALGO, L. 2015. Escala de calificación para variables sensoriales del cuero vacuno. Riobamba, Ecuador. ESPOCH.
16. <http://www.guanajuato.guamexico.com>. 2014. Gracminar, P. Factores que influyen en la operación del pelambre.
17. <http://www2.inecc.gob.mx> (2014), Gähr, F. Como conseguir determinados resultados, eliminando defectos u obteniendo calidades concretas que se pidan en el artículo final.
18. <http://www.cueronet.com>.(2014), Hernández, F. finura y soltura de flor provocada por un mal pelambre.

19. <http://www.inese.es>. 2014. Olle, M. Finura de felpa, grosor, pietaje y plenitud, de las pieles caprinas durante el piquelado.
20. <http://www.clariant.com>. 2014. Saavedra, A. Problemática del depilado de pieles bovinas con sulfuro.
21. <http://www.ance.com>. 2014. Díaz, T. Determinación de las resistencias físicas del cuero.
22. <http://www.monografias.com>. 2014. Jaramillo, A. Pelambre o depilado de pieles vacunas.
23. <http://www.hewit.com/download.pdf>. 2014. Junkeira, K. Métodos de pelambre y Control de los productos.
24. <http://www.cueronet.pelambre.com>. 2014. Soler, M. La calidad de las aguas residuales producidas en una curtiembre.
25. <http://www.asebio.com>. 2014. Argemto, D. Proceso de ribera en las pieles vacunas para la transformación de piel en cuero.
26. <http://wwwdepilacionorganica.com>. 2014. Características y estructura de los productos empleados en pelambre.
27. <http://www.ditutor.estadistica.com>. 2015. Moreno, J. Principios de estadísticas descriptivas.
28. <http://wwwtilz.tearfund.org>. 2014. Impregnación, absorción de agua e hidrofugación de las pieles vacunas.
29. <http://wwwperoxidohidrogeno.com>. 2014. Bacardit, J. Las calificaciones sensoriales del cuero vacuno apelmbrado.

30. <http://www.tilz.tearfund.org>. 2014. Frankel, J. Tipos de pelambres más utilizados de pieles vacunas.
31. <http://www.companiadecueros.com>. 2014. Jácome, M. Como conseguir determinados resultados, eliminando posibles defectos u obteniendo calidades concretas que se pidan en el artículo final.
32. <http://www.cueronetpela.br/redcutor.com>. 2012. Mendoza, A. Factores a considerar en el pelambre.
33. <http://www.cueronetpela.br/redcutor.com>. 2014. Maruri, A. Que es un pelambre oxidante reductor.
34. <http://www.cueronetaguasresiduales.com>. 2014. Defectos de las pieles en el piquelado de las pieles vacunas.
35. <http://www.monografias.com>. 2012. Zaporta, G. Como se utiliza el peróxido de hidrogeno.
36. <http://www.cueronet.com>. 2015. Adzet, J. Determinación de las resistencias físicas del cuero.
37. <http://www.pelambrethiolime.com>. 2014. Pérez, J. Como realizar el pelambre o depilado de las pieles vacunas.
38. <http://www.pellital.com.ar>. 2014. Gómez, P. Factores a considerarse en el pelambre de pieles vacunas.
39. <http://www.pelambrethiolime.com>. 2014. Armendáriz, P. Las especificaciones técnicas del peróxido de hidrogeno.
40. <http://www.hewit.com/download.com>. 2014. Hernández, P. Propiedades e información ecológica de los productos utilizados en el pelambre.

41. <http://www.asebio.com>.2012. Dávila, M. Como realizar un pelambre oxidante con peróxido de hidrógeno.
42. <http://www.depilacionorganica.com>.2014. Mirando, L. Impacto en las aguas superficiales, por el depilado de las pieles.
43. <http://www.pellital.thiolime.com>. 2014. Yuste, N. Datos analíticos comparativos entre dos procesos de pelambre.
44. <http://www.monografias.com>. 2014. Libreros, J. Como utilizar el Depilante orgánico Thiolime HS
45. <http://www.procesos.blogcindario.com>. 2012. Delgado, J. Modernos sistemas de pelambre de muy baja contaminación.
46. JURAN, J. 2003. Los ligantes y su utilización. s.n. Barcelona, España. Edit. ALBATROS. pp. 56-96.
47. LACERCA, M. 2003. Curtición de Cueros y Pieles. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp 1, 5, 6, 8, 9,10.
48. LIBREROS, J. 2003. Manual de Tecnología del cuero. 1a ed. Edit. EUETII. Igualada, España. pp. 13 – 24, 56, 72.
49. PALOMAS, S. 2005. Química técnica de la tenería. 1a ed. Igualada, España. Edit . CETI. pp. 52 - 78.
50. SHREVE, R. 2004. Industrias de proceso químico. 2a ed. Madrid, España. Edit. Dossat, S.A. pp. 45 -63.

51. SOLER, J. 2005. Procesos de Curtido. sn. Barcelona, España. Edit CETI. pp. 12, 45, 97,98.
  
52. YUSTE, N. 2002. Utilización de ligantes de partícula fina en el acabado de pieles finas. Barcelona, España. Edit Albatros. pp. 52 – 69.

**ANEXOS**

Anexo 1. Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

#### A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	11600,00	18055,00	-6455,00	41667025
2	9920,00	18055,00	-8135,00	66178225
3	25600,00	18055,00	7545,00	56927025
4	25100,00	18055,00	7045,00	49632025

#### B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	18055	12685
Error típico	4226,94038	2207,08518
Mediana	18350	12300
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	8453,88077	4414,17036
Varianza de la muestra	71468100	19484900
Curtosis	-5,78632115	-4,41103859
Coficiente de asimetría	-0,03105957	0,21684523
Rango	15680	9060
Mínimo	9920	8540
Máximo	25600	17600
Suma	72220	50740
Cuenta	4	4

#### C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	18055	12685
Varianza	71468100	19484900
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	45476500	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,13	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,30	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo 2. Evaluación de la demanda Química de Oxígeno (DQO<sub>5</sub>) de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

#### A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	29960,00	32130,00	-2170,00	4708900
2	20440,00	32130,00	-11690,00	136656100
3	37120,00	32130,00	4990,00	24900100
4	41000,00	32130,00	8870,00	78676900

#### B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	32130	23702,5
Error típico	4517,945698	956,7860698
Mediana	33540	24040
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	9035,891397	1913,57214
Varianza de la muestra	81647333,33	3661758,333
Curtosis	-0,74570723	-0,608735423
Coficiente de asimetría	-0,709911366	-0,791774381
Rango	20560	4330
Mínimo	20440	21200
Máximo	41000	25530
Suma	128520	94810
Cuenta	4	4

#### C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	32130	23702,5
Varianza	81647333,3	3661758,33
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	42654545,8	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,8248665	
P(T<=t) una cola	0,05891161	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	0,11782323	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	



Anexo 3. Evaluación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

#### A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	30,90	32,23	-1,33	1,755625
2	30,50	32,23	-1,73	2,975625
3	31,00	32,23	-1,23	1,500625
4	36,50	32,23	4,28	18,275625

#### B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	32,23	29,55
Error típico	1,43	0,26
Mediana	30,95	29,70
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	2,86	0,53
Varianza de la muestra	8,17	0,28
Curtosis	3,89	2,23
Coficiente de asimetría	1,97	-1,44
Rango	6,00	1,20
Mínimo	30,50	28,80
Máximo	36,50	30,00
Suma	128,90	118,20
Cuenta	4,00	4,00

#### C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	32,225	29,55
Varianza	8,16916667	0,27666667
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	4,22291667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,84090988	
P(T<=t) una cola	0,05761638	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	0,11523276	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

Anexo 4. Evaluación de la resistencia a la tensión de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	1427,41	1647,72	-220,31	48534,293
2	1693,28	1647,72	45,56	2076,16922
3	1649,82	1647,72	2,10	4,431025
4	1820,35	1647,72	172,64	29802,8432

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	1647,72	1616,7325
Error típico	81,86	126,820069
Mediana	1671,55	1601,75
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	163,73	253,640139
Varianza de la muestra	26805,91	64333,32
Curtosis	1,57	0,67925468
Coefficiente de asimetría	-0,83	0,33096867
Rango	392,94	610,19
Mínimo	1427,41	1326,62
Máximo	1820,35	1936,81
Suma	6590,86	6466,93
Cuenta	4,00	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	1647,72	1616,73
Varianza	26805,91	64333,32
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	45569,62	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	0,21	
P(T<=t) una cola	0,42	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,84	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo 5. Evaluación del porcentaje de elongación de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	58,35	0,05	0,0025	58,35
2	58,35	-6,95	48,3025	58,35
3	58,35	-1,75	3,0625	58,35
4	58,35	8,65	74,8225	58,35

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	58,35	66,83
Error típico	3,24	3,66
Mediana	57,50	66,20
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	6,49	7,33
Varianza de la muestra	42,06	53,70
Curtosis	1,46	1,12
Coefficiente de asimetría	0,75	0,49
Rango	15,60	17,70
Mínimo	51,40	58,60
Máximo	67,00	76,30
Suma	233,40	267,30
Cuenta	4,00	4,00

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	58,35	66,83
Varianza	42,06	53,70
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	47,88	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-1,73	
P(T<=t) una cola	0,07	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,13	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo 6. Evaluación de lalladura de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	3,00	3,50	-0,50	0,25
2	4,00	3,50	0,50	0,25
3	4,00	3,50	0,50	0,25
4	3,00	3,50	-0,50	0,25

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	3,50	4,50
Error típico	0,29	0,29
Mediana	3,50	4,50
Moda	3,00	4,00
Desviación estándar	0,58	0,58
Varianza de la muestra	0,33	0,33
Curtosis	-6,00	-6,00
Coefficiente de asimetría	0,00	0,00
Rango	1,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00
Máximo	4,00	5,00
Suma	14,00	18,00
Cuenta	4,00	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	3,50	4,50
Varianza	0,33	0,33
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,33	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-2,45	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo 7. Evaluación de lablandura de los cueros comparando el sistema de tradicional versus un modificado de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa tenería Inca.

#### A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	3,00	3,25	-0,25	0,0625
2	3,00	3,25	-0,25	0,0625
3	4,00	3,25	0,75	0,5625
4	3,00	3,25	-0,25	0,0625

#### B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	3,25	4,00
Error típico	0,25	0,41
Mediana	3,00	4,00
Moda	3,00	4,00
Desviación estándar	0,50	0,82
Varianza de la muestra	0,25	0,67
Curtosis	4,00	1,50
Coefficiente de asimetría	2,00	0,00
Rango	1,00	2,00
Mínimo	3,00	3,00
Máximo	4,00	5,00
Suma	13,00	16,00
Cuenta	4,00	4,00

#### C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	3,25	4,00
Varianza	0,25	0,67
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,46	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-1,57	
P(T<=t) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,17	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

