



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

**“RECICLAJE Y REUTILIZACION DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES  
PORCENTAJES EN LA CURTICIÓN DE PIELES OVINAS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del título de  
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIA**

**AUTOR:  
MARÍA JOSÉ LOGROÑO GARCIA**

**Riobamba – Ecuador  
2014**

Esta tesis fue aprobada por el siguiente tribunal

---

Ing. M. C. José María Pazmiño Guadalupe.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Dra. M. C. Georgina Hipatia Moreno Andrade.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. M. C. Manuel Euclides Zurita León.

**ASESOR DE TESIS**

Riobamba, 30 de Enero del 2014.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida y porque me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.

De igual forma, agradezco a mis padres quien me ha enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento inculcándome siempre buenos hábitos y valores.

A mis profesores quienes con sus conocimientos y dedicación me han llenado de sabiduría para alcanzar una meta más.

A mi familia y amigos porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.

María José.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mí padres José y Sonia, a mis hermanos Geoconda, Mónica y José que han sido el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis ideales.

A mi prima Lucia, tíos, amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma supieron brindarme su apoyo para poder realizarme como profesional.

María José.

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
A. LOS OVINOS	3
B. LA PIEL	4
1. <u>Estructura de la piel</u>	4
C. PIEL OVINA	6
1. <u>Características de las pieles ovinas</u>	6
D. PROCESOS DE RIBERA PARA PIELES OVINAS	7
1. <u>Remojo</u>	8
2. <u>Pelambre y calero</u>	8
3. <u>Desencalado y descarnado</u>	8
4. <u>Purga enzimática</u>	8
E. PIQUELADO	9
1. <u>Fundamento teórico del piquelado</u>	10
2. <u>Productos empleados y su efecto</u>	11
a. Sales	11
b. Ácidos	14
3. <u>Preparación del baño de piquelado</u>	15
4. <u>Factores que influyen en esta operación</u>	16
a. Grado de desencalado	16
b. Grosor de la piel, Tipo de sal y cantidad	16
c. Tipo de ácido y cantidad	17
d. Temperatura y tiempo	18
5. <u>Control de los productos</u>	18
a. Control de ácidos y sales	19
b. Aspecto y tacto de las pieles al finalizar	19

F.	DESPIQUELADO	20
1.	<u>Método de despiqueado</u>	20
2.	<u>pH del baño</u>	20
3.	<u>pH en el interior de la piel</u>	21
G.	CURTIDO	22
1.	<u>Curtición al cromo</u>	22
2.	<u>Mecanismo de la curtición al cromo</u>	23
H.	GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES	23
1.	<u>Identificación de fuentes y características de los residuos</u>	23
I.	TRATAMIENTO DE AGUAS EFLUENTES DE CURTIEMBRES	24
1.	<u>Impacto ambiental</u>	24
J.	<u>TÉCNICAS DE REUTILIZACIÓN DE LOS BAÑOS</u>	25
	<u>DESCARTADOS</u>	
1.	<u>Reutilización de los efluentes del piqueado</u>	26
K.	SITUACIÓN AMBIENTAL DEL SECTOR DEL CURTIDO	28
1.	<u>Residuos líquidos</u>	29
a.	Impacto al ambiente	29
2.	<u>Residuos sólidos</u>	29
a.	Impacto al ambiente	30
3.	<u>Emisiones atmosféricas</u>	30
a.	Impacto al ambiente	31
L.	OPCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	31
1.	<u>Oportunidades para prevenir la contaminación</u>	32
2.	<u>Reducción en la fuente (tecnologías limpias)</u>	32
3.	<u>Reúso de agua de proceso</u>	33
4.	<u>Recuperación de residuos sólidos</u>	34
M.	TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS	34
1.	<u>Tratamiento de residuos líquidos</u>	34
2.	<u>Tratamiento del baño de pelambre</u>	35
3.	<u>Tratamiento del baño de curtido al cromo</u>	35
N.	ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES	36
1.	<u>Disminución del cromo en el proceso de curtición</u>	36
2.	<u>Planta para tratamiento de contaminantes</u>	37

<b>III.</b>	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	<b>38</b>
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	38
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	38
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	39
1.	<u>Materiales</u>	39
2.	<u>Equipos</u>	39
3.	<u>Productos químicos</u>	40
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	40
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	43
1.	<u>Físicas</u>	43
2.	<u>Sensoriales</u>	43
3.	<u>Económicas</u>	43
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	43
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	44
1.	<u>Para los procesos de ribera</u>	44
a.	Pelambre por embadurnado	44
b.	Procesos para el curtido	45
c.	Para la compensación del cromo	46
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	47
1.	<u>Análisis Sensoriales del cuero ovino</u>	47
2.	<u>Resistencias físicas del cuero ovino</u>	48
a.	Resistencia a la flexión (ciclos)	48
b.	Resistencia a la tensión (N/cm <sup>2</sup> )	49
c.	Porcentaje de elongación	49
<b>IV.</b>	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b>51</b>
A.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES	51
1.	<u>Resistencia a la flexión</u>	51
a.	Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado	51
b.	Por efecto de los ensayos	54
c.	Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos	57

2.	<u>Resistencia a la tensión</u>	59
a.	Por efecto de los ensayos	61
b.	Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos	64
3.	<u>Porcentaje de elongación</u>	66
a.	Por efecto de los ensayos	70
4.	<u>Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos</u>	72
B.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES	75
1.	<u>Llenura</u>	75
a.	Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado	75
b.	por efecto de los ensayos	78
c.	Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos	81
2.	<u>Blandura</u>	83
a.	Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado	83
b.	Por efecto de los ensayos	87
c.	Por efecto de la interacción entre el nivel de reutilización del baño de piquelado y los ensayos	87
3.	<u>Turgencia de flor</u>	89
a.	Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado	89
b.	Por efecto de los ensayos	93
c.	Por efecto de la interacción entre el nivel de reutilización del baño de piquelado y los ensayos	96
C.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES	99
D.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	101
V.	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>104</b>
VI.	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>105</b>
VII.	<b><u>LITERATURA CITADA</u></b>	<b>106</b>



## RESUMEN

En el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se evaluó la utilización de tres diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado (60, 80 y 100%), en comparación de un tratamiento testigo (0%), con 4 repeticiones en 2 ensayos consecutivos, bajo un diseño Completamente al Azar, en arreglo bifactorial,. Los resultados infieren que el mejor porcentaje fue del 100%, ya que representa un mayor enmascaramiento superficial de la piel, mejora la resistencia a la flexión (22,74 ciclos), resistencia a la tensión (251,64 N/cm<sup>2</sup>), y porcentaje de elongación (75,79%). La evaluación sensorial establece los mejores resultados al aplicar el 100% de baño de piquelado reutilizado, específicamente de llenura (4,75 puntos), Blandura (4,50 puntos) y redondez (4,75 puntos). Al emplear un nuevo baño (tratamiento testigo), en el proceso de piquelado se forma un enmascaramiento pobre de la estructura de la flor del cuero, lo que impide una buena distribución del producto curtiente, provocando un cuero con menores resistencias físicas y menores calificaciones sensoriales. La evaluación económica registra los mejores resultados con la reutilización del 100% del baño de piquelado, ya que la relación beneficio costo fue de 1,37; es decir, que por cada dólar invertido se espera una ganancia del 37%, que es superior a la de otras actividades industriales similares. Por lo que se recomienda reciclar los baños de piquelado, para disminuir el impacto ambiental generado por la presencia de los ácidos y sales, que no ingresan al entretejido fibrilar.

## ABSTRACT

In the fur tanning laboratory of the animal science faculty at ESPOCH, was assessed the use of three different percentages of reuse pickling bath (60, 80 and 100%), compared with a control treatment (0%), with 4 repetitions in 2 consecutive trials under a completely random design, in accordance bifactorial. The results inferred that best percentage was 100%, because it represents a higher surface masking skin, improves flexural resistance (22,74 cycles), tensile strength (251,64/cm<sup>2</sup>), and stretching percent (75,79%). The sensory evaluation provides the best results when applying the 100% of pickling bath reused, specifically of fullness (4.75 points), softness (4.50 points), and roundness (4.75 points). When it starts a new bath (control treatment), in the process of pickling shaped a poor masking structure of the leather flower, so this preclude a good tanning product distribution, causing a leather with less physical resistance and lower sensorial scores. The economic evaluation records the best results of the recycling with the 100% of the pickling bath, as the cost benefit was 1.37, it means that for each dollar invested it expects a gain of 37% which is higher than the other similar industrial activities. It is recommended to recycle the pickling baths in order to reduce the environmental impact caused by the presence of acids and salts, which do not enter in the interwoven fibrillar.

## LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	SISTEMÁTICA DE LOS OVINOS DENTRO DEL REINO ANIMAL.	3
2.	CANTIDADES RECIRCULADAS EN EL PIQUELADO (% POR TONELADA DE PIEL)	26
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICA DEL CANTÓN RIOBAMBA.	38
4.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	42
5.	ESQUEMA DEL ADEVA.	42
6.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%).	52
7.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%), POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	62
8.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES (0, 60,80 y 100%), DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, Y LOS ENSAYOS.	73
9.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60, 80 y 100%).	76
10.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%), POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	90
11.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%), POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	96

12.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES (0, 60,80 y 100%), DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, Y LOS ENSAYOS. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEL	100
13.	CURTIDO DE PIELES OVINAS REUTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE BAÑO DE PIQUELADO ( 0,60,80 y 100%). EVALUACIÓN DEL CURTIDO DE PIELES OVINAS	102
14.	REUTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE BAÑO DE PIQUELADO ( 0, 60,80 y 100%).	104

**LISTA DE GRÁFICOS**

Nº	Pág.
1. Estructura de la piel.	4
2. Flujograma del proceso de curtido de pieles ovinas.	7
3. Comportamiento de los ácidos en la piel piquelada.	12
4. Reacción del sulfato de cromo con los grupos carboxílicos	23
5. Mecanismos de reutilización del baño de piquelado	27
6. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	53
7. Regresión de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	55
8. . Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.	56
9. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.	58
10. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	60
11. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.	63
12. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.	65
13. Comportamiento del porcentaje de elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	67

14.	Regresión del porcentaje de elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%),	69
15.	Comportamiento del porcentaje e elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.	71
16.	Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.	74
17.	Comportamiento de la llenura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	77
18.	Regresión de la llenura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	79
19.	Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.	80
20.	Comportamiento de la llenura del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.	82
21.	Comportamiento de la blandura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	84
22.	Regresión de la blandura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	86
23.	Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%),	90
24.	Regresión de la turgencia de flor del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).	92

25. Comportamiento de la turgencia de flor del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos. 95
26. Comportamiento de la turgencia del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos. 97

## LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Datos estadísticos del cuero reciclaje y reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes en la curtición de pieles ovinas para pruebas físicas y pruebas organolépticas.
2. Análisis estadísticos de varianza del cuero reciclaje y reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes en la curtición de pieles ovinas para pruebas físicas.
3. Receta para el curtido del cuero ovino con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes (0, 60,80 y 100%).



## **I. INTRODUCCIÓN**

La industria trató primero de manejar la contaminación usando el ambiente natural para diluir el impacto de los contaminantes, posteriormente, esto no fue suficiente esto llevó al uso de tecnologías para el control de la contaminación (final de tubo), métodos costosos y, frecuentemente, no muy efectivos. La producción más limpia, evita la contaminación industrial al reducir la generación de residuos en cada etapa del proceso de producción del cuero con el fin de minimizar o eliminar residuos antes que se generen contaminantes potenciales, que afectan el entorno y provocan pérdidas económicas. Los términos “prevención de la contaminación”, “reducción en la fuente” y “manejo/ minimización de residuos” son frecuentemente usadas para definir lo mismo, producción más limpia, que puede ser alcanzada de muchas maneras, tales como buenas prácticas y procedimientos de operación, sustitución de materiales, cambios tecnológicos, reciclaje y rediseño del producto, baño o cualquier combinación de estas acciones que resultan ser más costosa y menos efectiva que el control de la contaminación.

Al minimizar o prevenir la generación de los residuos, los costos del tratamiento y disposición de los residuos son menores, lo que tiene efecto directo sobre el entorno social que rodea a una curtiembre, comprendido por las personas, la fauna y la flora propia de la región. La prevención sistemática de los residuos y los contaminantes reduce las pérdidas en los procesos e incrementa, tanto la eficiencia, como la calidad del producto. El reciclar licores de piquel representan un incremento en la ganancia de la actividad industrial; y sobre todo, al crear una tecnología innovadora, a más de cuidar el medio ambiente se beneficia, al sector social que conforma esta cadena productiva, al evitar el cierre de empresas, despedidos y reducción de la economía.

En la recirculación de los baños habrá una acumulación gradual de sólidos y grasa en el licor, de manera que solo será posible reciclar durante un período limitado, después del cual el licor tendrá que desecharse y reiniciarse el proceso. En cualquier caso, podría ser necesario filtrar el licor por un tamiz fino antes de usarlo. Si se implementa un sistema de manejo de cromo, existe la posibilidad de

reciclar los licores agotados que se usó en el proceso de piquel. La ventaja ambiental de la producción más limpia, utilizando el método de reciclaje y reutilización del baño de piquelado, resuelve los problemas de residuos en su fuente, que a más de generar una contaminación alta, provoca pérdidas económicas que pueden ser recuperadas fácilmente con la aplicación de la tecnología que se utilizara en la presente investigación. El enfoque tradicional de reutilización de baños es bien conocido y aceptado por la industria ya que las políticas y regulaciones existentes del gobierno frecuentemente favorecen las soluciones en una curtiembre, las cuales son administrativamente más fáciles de imponer. Existe una falta de comunicación entre los encargados de los procesos de producción y aquellos que manejan los residuos que son generados. Mediante la recirculación de los baños de piquelado se eleva la posibilidad de reducir la salinidad de los efluentes, reducir el consumo de materias primas, en especial los ácidos y las sales de los baños de piqueado, reducir el consumo de agua y reducir la carga contaminante vertida al medio ambiente, por lo que la presente investigación tiene muchos campos de aplicación de los resultados entre los cuales se nombran: Pequeños y grandes curtidores de nuestro país. Estudiantes de la Facultad de Ciencias Pecuarias y afines, entre otros. Por lo anotado anteriormente los objetivos fueron.

- Determinar el mejor porcentaje en la reutilización (60, 80 y 100%), del baño de piquelado, para la curtición de pieles ovinas en comparación de un tratamiento testigo.
- Establecer las características físicas del cuero ovino al ser curtido con un baño de reciclado de piquelado a diferentes porcentajes.
- Determinar si el reciclaje y la reutilización del baño de piquelado influye sobre las calificaciones sensoriales del cuero ovino, destinado a la confección de calzado.
- Evaluar los costos de producción y la rentabilidad de cada uno de los porcentajes de reutilización del baño de piquelado del cuero ovino destinado a la elaboración de calzado a través, del indicador económico Beneficio/costo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. LOS OVINOS

Abraham, A. (2001), reporta que los ovinos son pequeños rumiantes, se distinguen de los otros animales domésticos porque producen lana. Las fibras de lana son pelos finos sin médula. Los ovinos son animales gregarios; es decir, un rebaño de ovinos se comporta como una unidad. Esta característica facilita el manejo. El ganado lanar es bastante rústico. Puede soportar tanto el frío como el calor, pero no prospera en ambientes húmedos. En climas áridos puede sobrevivir y producir lana de buena calidad. Se usan para producir carne, lana, pelos o pieles aunque sus principales productos son los dos primeros. De ellos también se aprovechan abonos y subproductos. La evaluación del exterior del ovino sirve para determinar su aptitud para el tipo de producción que se pretende lograr. Es decir, si el animal es buen productor de carne o de lana según las condiciones específicas de la región, en el cuadro 1, se indica la clasificación sistemática de los ovinos.

Cuadro 1. SISTEMÁTICA DE LOS OVINOS DENTRO DEL REINO ANIMAL.

SISTEMÁTICA	
REINO	Animal
TIPO	Cordados
CLASE	Mamíferos
SUBCLASE	Placentarios
ORDEN	Artiodáctilos (Dedos con uñas en número par),
SUBORDEN	Rumiantes
FAMILIA	Bóvidos
SUBFAMILIA	Ovinos
GENERO	Ovis
ESPECIE	Ovis aries

Fuente: Abraham, A. (2001),

## B. LA PIEL

Vallejo, I. (2004), menciona que la piel es la cubierta exterior membranosa que recubre el cuerpo de los vertebrados, la misma que sirve de protección, lleva los órganos de los sentidos y algunas glándulas de la secreción.” El Cuero, es la piel de animal preparada químicamente para producir un material robusto, flexible y resistente a la putrefacción. El cuero se emplea en una amplia gama de productos. La variedad de pieles y de sistemas de procesado producen cueros suaves como telas o duros como suelas de zapato. La piel de oveja es suave y flexible y proporciona el tipo de cuero apropiado para guantes, cazadoras o chamarras y otras prendas.

### 1. Estructura de la piel

Abraham, A. (2001), Indica que la estructura de una piel se diferencia de unas especies a otras y aún en un mismo animal, dependiendo de la parte que se haya tomado como muestra. Dentro de una misma especie, todas las pieles no tienen estructuras idénticas y pueden presentar diferencias profundas por múltiples factores como raza, región de procedencia, condiciones de crianza del animal. Sin embargo, a pesar de las diferencias, la estructura de la piel es fundamentalmente similar para los bovinos, ovinos y equinos. La piel está constituida por tres capas sucesivas, que van desde la superficie hasta la más profunda como se ilustra en el gráfico 1.



Gráfico 1. Estructura de la piel.

- **Epidermis:** Es la parte más superficial o externa de la piel y sirve de revestimiento. Aproximadamente representa el 1% del espesor total de la piel en bruto. Durante la fabricación del cuero se elimina en la operación de pelambre.
- **Dermis o corium:** Es la parte primordial para el curtidor porque es la que se transforma en cuero. Representa aproximadamente un 85% del espesor de la piel en bruto. Se encuentra situada inmediatamente por debajo de la epidermis y está separada de ella por la membrana hialina. Esta membrana presenta el típico poro o grano, el cual es característico de cada tipo de animal. Presenta dos zonas, ambas constituidas por tejido conjuntivo: la zona capilar y la reticular. La dermis presenta 2 regiones, funcional y metabólicamente distintas: dermis papilar y dermis reticular. Una capa capilar con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno final y orientado preferentemente según un eje perpendicular. Una capa reticular con células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas y más gruesas que las de la capa anterior.
- **Colágeno:** Proteína existente en el tejido conjuntivo del cuerpo, piel, tendones, etc. Es un polipéptido fibroso cuya cadena comprende muchos aminoácidos. Tiene la propiedad de encogerse en agua caliente dentro de un intervalo específico de temperatura (63-65°C para piel de vaca), Este comportamiento es un factor crítico en el curtido, pues la temperatura de encogimiento se incrementa con la extensión del curtido.
- **Tejido subcutáneo o endodermis:** Constituye aproximadamente el 15% del espesor total de la piel en bruto y se elimina durante la operación de descarnado. Es la parte de la piel que asegura la unión con el cuerpo del animal. Es un tejido conjuntivo laxo constituido por grandes lóbulos de tejido graso limitados por tabiques de fibras colágenas delgadas y escasas fibras elásticas.

## C. PIEL OVINA

Hidalgo, L. (2004), menciona que existe una gran variedad de razas ovinas lo que hace que sus pieles sean tan diferentes. En general la calidad de la piel está en razón inversa del valor de la lana, en este caso se puede decir que las mejores son las provenientes de animales de lana gruesa. Los que tienen mejor lana son las ovejas merinas pero, al contrario son las que proporcionan la piel de peor calidad. A diferencia de lo que sucede con el ganado bovino, la mayoría de las razas ovinas se crían principalmente por su lana o para la obtención de carne como de lana, siendo las menos las razas exclusivamente para carne. Las pieles ovinas de más calidad las proporcionan aquellas razas cuya lana es de escaso valor. Los animales Jóvenes son los que surten a la industria de las mejores pieles, de los animales viejos solamente se obtienen cueros de regular calidad. El destino de estas pieles, cuyo volumen de faena las hace muy interesantes, son generalmente la fabricación de guantes, zapatos, bolsos, etc. Dado que la oveja está protegida fundamentalmente por la lana, la función primordial de la piel consiste en coadyuvar al crecimiento de las fibras.

### 1. Características de las pieles ovinas

<http://www.cueronet.pielesovinas.com>.(2012), menciona que entre las características más importantes de las pieles ovinas están.

- En general se puede decir que la piel de los ovinos es fina, flexible, extensible y de un color rosado, aunque es normal la pigmentación oscura de determinadas razas.
- Una característica distinta que se encuentra en los Merinos, es que la piel forma pliegues o arrugas en el cuello, denominados corbatas o delantales, y en algunos se encuentran estas arrugas en parte o en la totalidad de la superficie corporal.

#### D. PROCESOS DE RIBERA PARA PIELES OVINAS

[http://www.cuersonet.com/flujograma/curtido.\(2012\)](http://www.cuersonet.com/flujograma/curtido.(2012)), manifiesta que luego de ser beneficiados los animales, los cueros son tratados con sal por el lado carne, con lo que se evita la putrefacción y se logra una razonable conservación, es decir, una conservación adecuada para los procesos y usos posteriores a que serán sometidas las pieles. Una vez que las pieles son trasladadas a la curtiembre, son almacenados en el saladero hasta que llega el momento de procesarlos de acuerdo a las siguientes etapas que se describen en el gráfico 2.

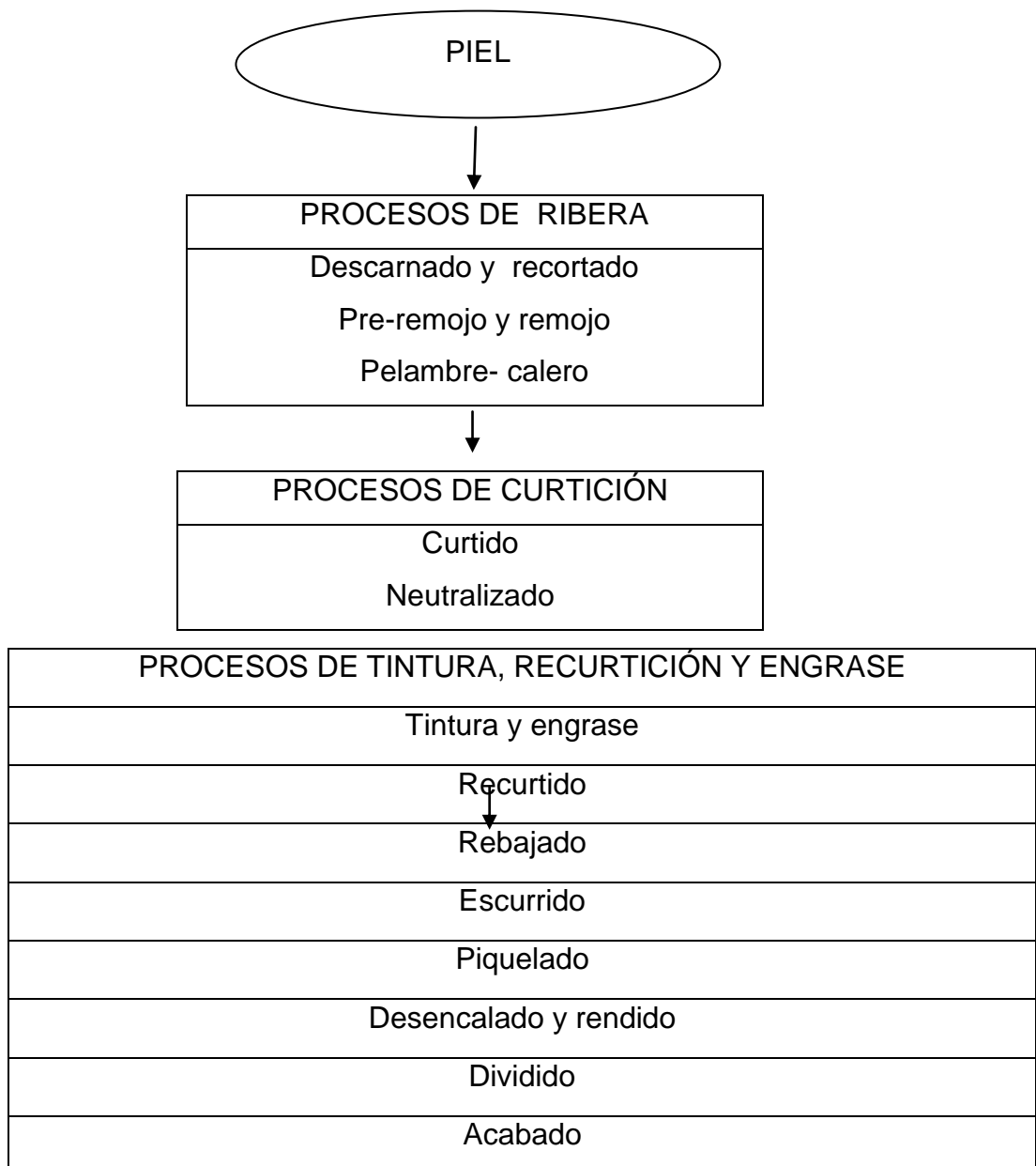


Gráfico 2. Flujograma del proceso de curtido de pieles ovinas.

## **1. Remojo**

Adzet, J. (2005), señala que el remojo es el proceso para rehidratar la piel, eliminar la sal de conservación, las proteínas globulares y otros elementos como sangre, excretas y suciedad en general. En el proceso de remojo existe un cierto hinchamiento de la estructura fibrosa debido a un hinchamiento osmótico.

## **2. Pelambre y calero**

Vallejo, I. (2004), manifiesta que el pelambre y calero son procesos a través de los cuales se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio, durante estas operaciones la queratina que es la proteína del pelo, se elimina como epidermis y pelo. Las glándulas sebáceas y sudoríparas se rompen y fragmentan. Los músculos erector piloso de la piel son atacados. La estructura fibrosa del corium se hincha y, dependiendo del tiempo e intensidad, la estructura se separó en fibrillas en distintos grados

## **3. Desencalado y descarnado**

Hill, R. (2009), manifiesta que la piel libre de epidermis, pelo y carne se lava para eliminar la cal superficial y luego se trata con enzimas proteolíticas. Se separan los residuos epidérmicos y las grasas. El hinchamiento que resulta del tratamiento alcalino del calero disminuye. El descarnado es un proceso que consiste en la eliminación mecánica de la grasa natural, y del tejido conjuntivo, esencial para las operaciones secuenciales posteriores hasta el curtido.

## **4. Purga enzimática**

Graves, R. (2007), indica que el efecto principal del rendido tiene lugar sobre la estructura fibrosa de la piel, pero existen una serie de efectos secundarios sobre la elastina, restos de queratina de la epidermis y grasa natural de la piel. Su acción es un complemento en la eliminación de las proteínas no estructuradas, y una acción sobre la limpieza de la flor, la que se traduce en lisura de la misma, y le confiere mayor elasticidad.



## **E. PIQUELADO**

[http://www.cuernet.com/flujograma/curtido.\(2012\)](http://www.cuernet.com/flujograma/curtido.(2012)), señala que el piquelado puede considerarse como un complemento del desencalado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición mineral. En las operaciones de desencalado y rendido no se elimina toda la cal que la piel absorbe en el pelambre y calero al pH final del desencalado  $\text{pH} = 8,3$ , se ha eliminado la cal no combinada que se encuentra en los líquidos interfibrilares de la piel, pero no el álcali que está combinado con el colágeno.

Según [http://www.gemini.com.\(2012\)](http://www.gemini.com.(2012)), en la operación del piquelado se trata la piel desencalada y rendida con productos ácidos que incorporan a la piel una importante cantidad de ácido y al mismo tiempo al bajar el pH hasta un valor de 3-3,5, se logra eliminar totalmente el álcali de la piel, incluso el combinado. La operación del piquelado es muy importante en lo que respecta a la operación posterior de curtición, ya que si la piel no estuviera piquelada, el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirían una elevada basicidad, reaccionando rápidamente con las fibras de colágeno, lo que produciría una sobre curtición en las capas más exteriores, que dificultaría la difusión del curtiente en las capas internas, produciendo una contracción de la capa de flor y una precipitación sobre la flor del agente mineral hidrolizado. En el piquelado se produce también el ataque químico de las membranas de las células grasas, especialmente en piel muy grasienta, tipo lanar. Para este tipo de pieles es recomendable hacer un piquelado muy ácido y posteriormente desengrasar. Por la acción conjunta de la sal y el ácido que añadimos posteriormente, se produce una deshidratación de las fibras colagénicas.

### **1. Fundamento teórico del piquelado**

Adzet, J. (2005), indica que la sal neutra se adiciona antes que el ácido; su misión en el baño es impedir el hinchamiento ácido del colágeno. Este efecto se debe, en parte, al equilibrio de membrana de Donnan. El colágeno se carga en medio ácido, y el exceso de los iones incorporados de las sales neutras iguala las

diferencias de concentración entre la fase gel y la fase líquida. La sal neutra, especialmente si se trata de cloruro de sodio, no se combina prácticamente con la piel, de manera que su concentración permanece casi inalterable en el baño casi inalterable en el baño residual de piquelado. Esta sal neutra puede tener posteriormente una influencia sobre la curtición mineral, reduciéndose el índice de floculación de las soluciones de curticiones minerales, o sea disminuyendo su astringencia, y coadyuvando con ello a una suave iniciación de la curtición. Con adiciones de sulfato sódico, se obtiene al final una piel más llena, y un tacto ligeramente más armado, sin duda por un ligero efecto estabilizante del ion  $\text{SO}^2$ .

Hidalgo, L (2004), señala que la piel piquelada presenta un hinchamiento menor que el de la piel en tripa procedente del rendido y desencalado. Como resultado de esta deshidratación, la piel adquiere en estado húmedo el tacto de una piel curtida, y después de secar, no nos da un material translúcido y córneo como ocurre con la piel en tripa sin piquelar, sino un producto blanco, opaco y suave, muy parecido al que se obtiene por curtición al alumbre. Esto se debe, sin duda, al efecto de conjunto de la deshidratación y de la saturación de los grupos amínicos del colágeno que combina con ácido. Además de iones divalentes que se introducen en esta operación, especialmente  $\text{SO}^4$  tiene un cierto efecto estabilizante, lo que se demuestra con un aumento de la temperatura de contracción de la piel.

Según <http://www.capriascana.com>.(2012), la difusión de la sal en la piel, en un sistema de piquelado normal, por ejemplo, de ácido sulfúrico y cloruro sódico, es bastante rápida, alcanzando un 80-90% del valor del equilibrio en menos de una hora y lográndose el equilibrio total en 34 horas. La difusión y reacción del ácido con la proteína es algo más lenta, pero con todo, el equilibrio se alcanza en menos de ocho horas. La velocidad de difusión y reacción de los componentes del piquelado puede aumentarse ligeramente incrementando la temperatura del sistema, pero ello no es aconsejable en ningún caso por el peligro de hidrólisis ácida de la proteína, con la consiguiente pérdida de sustancia piel. Con un piquelado normal  $\text{ClNa-NaCOOH}$ . A concentraciones normales, a una temperatura de 15-20°, apenas es ostensible la solubilización del colágeno, incluso en piquelados de 24 horas. A 30°, sin embargo, la solubilización es casi el

doble y a 40° C más del 10% de la sustancia piel se disuelve en un intervalo de 24 horas. Por tanto es conveniente en esta operación que la temperatura no supere los 25-28° C. La acidificación de la piel en tripa en el piquelado no se debe a un simple fenómeno de absorción, sino a una reacción química en la que el colágeno, sustancia anfótera, se comporta frente a los ácidos como una base que se combina con los mismos. La cantidad de ácido incorporada en la piel depende principalmente del pH del baño, tanto más ácido se combina con la piel, hasta llegar al grado de saturación de sus grupos básicos.

## 2. Productos empleados y su efecto

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que los productos empleados y su efecto se describen a continuación.

### a. Sales

Se usan para evitar, por presión osmótica, el (hinchamiento ácido del colágeno y producir un efecto de deshidratación de las fibras. Su concentración en el baño de piquel debe ser al menos del 5%, teniendo en cuenta que el agua contenida en las pieles tratadas debe contarse como si de baño se tratara. Lógicamente el grado de (hinchamiento de la piel depende pues del porcentaje de sal añadida al baño y del porcentaje de ácido sobre el peso de la piel. Por ejemplo, con cloruro de sodio y ácido sulfúrico. En el gráfico 3, se ilustra el comportamiento de los ácidos en la piel piquelada.

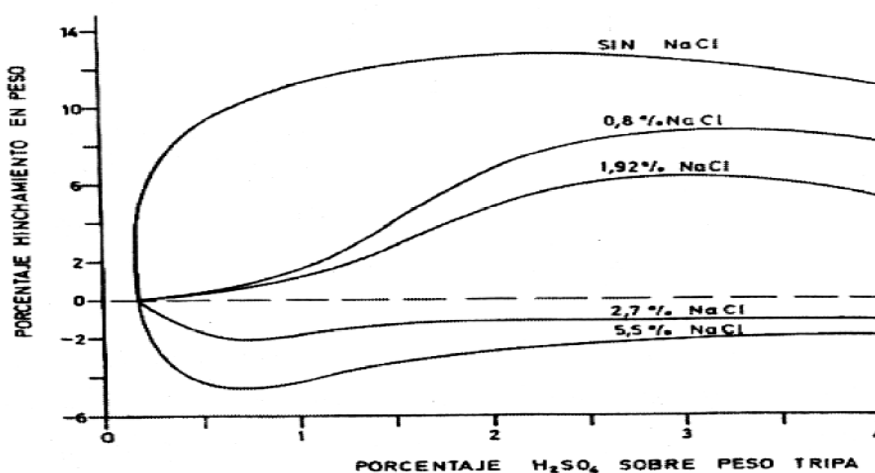


Gráfico 3. Comportamiento de los ácidos en la piel piquelada.

Según <http://www.cueronet.com>.(2012), en el píquél se pueden usar diferentes tipos de sales.

- Cloruro sódico. Es la más usada por cuestión de precio. Da pieles menos llenas, pero con buena finura.
- Sulfato sódico. Tiene un efecto pseudo-curtiente pudiéndose obtener cueros con  $T_e > 100^\circ\text{C}$ . Da pieles más llenas y armadas. Además, aumenta la absorción de sal de cromo en la curtición.
- Cloruro y sulfato amónico. Son muy caras, pero pueden ser útiles si hay problemas de penetración en el píquél. Dan pieles poco llenas.
- Formiato sódico y cálcico. Los dos dan pieles menos duras, con más finura y con una buena distribución del curtiente mineral. El formiato sódico da buena finura de flor y tinturas limpias e igualadas y el formiato cálcico mejora la plenitud de las faldas y el tacto.
- Polifosfatos. Ayudan a conseguir pieles con buena firmeza de flor, planas y tacto armado.

Para <http://www.cueronet.pielsovinas.com>.(2012), si se pone demasiada sal, la piel queda flaccida y delgada debido a que la presión osmótica de la sal provoca una mayor deshidratación de la fibra con lo cual, al curtir se absorbe menos cromo y el cuero queda menos lleno. Normalmente se procura terminar el píquél alrededor de  $6^\circ\text{Bé}$ . El  $^\circ\text{Bé}$  es una unidad de densidad.

$$^\circ\text{B} = \frac{144,38 \left[ \left( \text{Densidad} \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) - 1 \right) \right]}{\text{densidad}}$$

Hill, R. (2009), señala que a efectos prácticos se considera que una solución al 10% de Cloruro de sodio tiene  $10^\circ\text{Bé}$ . Ej. de cálculo de  $^\circ\text{Bé}$  en un píquél: Supongamos que la fórmula sea: 100% de agua + 10% de cloruro de sodio r-1 5'

(para disolver la sal), 1% de ácido sulfúrico(1/10), r-2h. Además del agua del baño (H<sub>2</sub>O<sub>B</sub>), hay que considerar el agua contenida en la piel, que es del orden del 70-80% y, si después del rendido no se han escurrido las pieles en caballete, hasta un 30% de agua que queda entre las pieles, Si se suponen 100 kg de piel

Si se han escurrido las pieles

$$H_2O_{T=} H_2O_{B+} H_2O_P = 100 + 80 = 180 \text{ Kg.}$$

$$^{\circ}Bè = \frac{10 \text{ Kg sal}}{180 \text{ Kg agua}} \times \frac{10 \text{ }^{\circ}Be}{10 \text{ Kg sal}} = \frac{100}{18} \text{ }^{\circ}Be = 5,6 \text{ }^{\circ}Bè$$

Si no se han escurrido las pieles

$$H_2O_{T=} H_2O_{B+} H_2O_P + H_2O_1 = 100 + 80 + 20 = 200 \text{ Kg.}$$

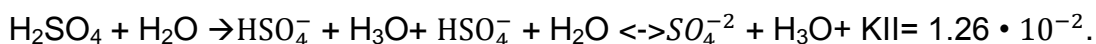
$$^{\circ}Bè = \frac{10 \text{ Kg sal}}{200 \text{ Kg agua}} \times \frac{10 \text{ }^{\circ}Be}{10 \text{ Kg sal}} = \frac{10}{2} \text{ }^{\circ}Be = 5 \text{ }^{\circ}Bè$$

## b. Ácidos

Graves, R. (2007), indica que el ácido añadido en el píquiel acidifica la piel y evita que al añadir el curtiente mineral, éste se basifique rápidamente y reaccione fijándose y precipitando sobre las capas externas, produciéndose una sobre curtición de éstas y dificultando la penetración del curtiente hacia el interior del cuero. Según el tipo de efecto buscado y del cuero tratado se varía el ácido empleado y su concentración. Los ácidos más usados son.

- **Ácido sulfúrico.** Es diprótico: Tiene cierto efecto enmascarante sobre la sal de cromo añadida posteriormente. Con este ácido, si se usa sólo, pueden haber problemas de penetración. Como mayor sea la concentración, mayor es la penetración. Como no se puede variar mucho el % de ácido (por el pH final), se puede variar la cantidad de baño. Así, en baños del 20% es más rápido atravesar con un 2% de ácido sulfúrico que en baños del 100-150%. Probablemente es debido a que en baños cortos predomina el ion

hidrogenosulfato que penetra más fácilmente que el ion sulfato que predomina en baños largos. Es necesario diluir el ácido (1/10), previamente ya que su reacción con agua es exotérmica y se produce un aumento elevado de temperatura. Es aconsejable dejar reposar la dilución antes de introducirla en el bombo para que esté a temperatura ambiente. Asimismo es aconsejable introducirla lentamente para que el cambio de pH no sea tan brusco.



- El Ácido clorhídrico. Prácticamente se disocia en su totalidad. No tiene efecto enmascarante sobre la sal de cromo y por tanto la piel absorbe menos cromo que cuando se usan otros ácidos. Consecuentemente las pieles quedan más delgadas. También debe diluirse (1/5), y así se evita además que desprenda humos.  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- Ácido fórmico. Es un ácido más débil que los descritos anteriormente. Tiene un PKA de 3.77 y se disocia de la siguiente manera:

$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ , es reductor. Penetra muy bien en la estructura del colágeno porque es monovalente y se fija poco. Enmascara las sales de cromo y tiende a dar cueros blandos. Se usa frecuentemente junto al ácido sulfúrico. Si se añade primero el ácido fórmico se mejora la rapidez de penetración y se atraviesa la piel mucho más deprisa. Si se añade primero el ácido sulfúrico el atravesado será más lento y difícil, pero la flor más fina, seguramente porque aumenta el efecto enmascarante del ácido fórmico. Aunque pueden usarse los dos ácidos mezclados, la mezcla no debe realizarse con los ácidos concentrados ya que el ácido sulfúrico es oxidante y el ácido fórmico reductor y reaccionarían entre ellos, destruyéndose. Estos piquetes con mezcla de ácido sulfúrico con ácido fórmico o con formiato sódico se llaman píqueles tamponados ya que se regula mejor el pH. Según la cantidades ofertadas, dichos píqueles dan efectos diferentes ya que mientras un exceso (estequiométricamente hablando), de ácido sulfúrico da pieles más compactas y ocasiona una penetración más difícil, un exceso de ácido fórmico o de formiato conduce a un píquel penetrante y enmascarante.

### **3. Preparación del baño de piquelado**

Hidalgo, L. (2004), señala que acabado el rendido y lavadas las pieles para disminuir el efecto enzimático, se prepara el baño de piquelado. Este puede oscilar entre un 50 y 100%, dependiendo del artículo a fabricar, la temperatura del baño deber ser la ambiente entre 18 a 22° C. Se añade a continuación la sal, calculándose que debe ser aproximadamente un 10% sobre el porcentaje del baño, y se deja rodar unos 10 minutos, con el fin de que la sal se disuelva totalmente en el baño. Se controla la graduación que debe estar entre 6 y 6,7° Be. Caso de no tener estos valores, se procede a corregirla. Si la graduación fuese demasiado alta se procede a añadir agua al baño. Si por el contrario la graduación es demasiado baja, se debe añadir sal al baño. Una vez obtenida la graduación idónea se procede a añadir el ácido en varias tomas separadas por periodos comprendidos entre 5 y 10 minutos.

Adzet, J. (2005), señala que el ácido se tiene que preparar con bastante antelación antes de su adicción, con el fin de que la solución se enfríe, de modo que al añadirlo se encuentre a temperatura ambiente. La solución ácida se suele diluir con agua en la proporción 1:10 aproximadamente, evitando así posibles desperfectos sobre la flor cuando se adiciona el ácido. Se deja rodar el bombo entre 2-4 horas, a una velocidad de 6-10 r.p.m. Normalmente se dejan las pieles en reposo durante la noche, moviendo el bombo de posición cada cierto tiempo. Al día siguiente deberá haber equilibrio entre la acidez del baño y del corte de la piel. Procediéndose al control de la operación.

### **4. Factores que influyen en esta operación**

#### **a. Grado de desencalado**

<http://www.info@cueronet.com>,(2012), señala que evidentemente puede considerarse el píquel como una prolongación del desencalado. Por tanto si el desencalado ha sido muy intenso, el piquelado será más fácil y lógicamente de menor duración. Si en el desencalado no se hubiera eliminado totalmente el hinchamiento alcalino, al añadir la sal no podría penetrar hacia el interior de la

piel. Lógicamente en este caso existirían graves problemas de penetración del piquelado. Si las pieles no hubieran sido desencaladas suficientemente, sería conveniente acabarlas de desencalar antes de piquelar, y al efectuar el píquel el ácido se debería añadir de forma progresiva, y usar convenientemente el ácido fórmico para favorecer la penetración.

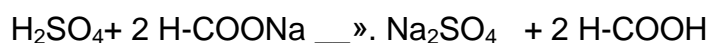
#### **b. Grosor de la piel, Tipo de sal y cantidad**

<http://www.info@cueronet.com>. (2012), indica que cuanto mayor sea el grosor de la piel, la penetración de los ácidos será más difícil y por tanto el tiempo de piquelado será más prolongado para alcanzar un equilibrio entre la piel y el baño. De todas formas se puede graduar la duración de esta operación con el efecto mecánico y el tipo de ácido a usar. Las sales que se usan en la operación, así como sus características, ya se han indicado anteriormente. Respecto a la cantidad de sal a utilizar no se puede generalizar, ya que no todas dan la misma graduación, pues hay diferencias, entre el formiato sódico, formiato cálcico, polifostafos, etc. Si la graduación es demasiado baja antes de añadir el ácido, obtendremos un hinchamiento ácido, totalmente perjudicial. Tener un exceso de densidad, que viene dado por un exceso de sal, da también una piel de menos tacto, más plana y delgada. No es conveniente trabajar con menos de 5° Be. Lo ideal es entre 6 y 6,7° Be. Hay que tener en cuenta que según la cantidad de agua que tengan las pieles después del rendido, hay que variar la graduación, trabajando con el mismo baño y sal. El determinar la densidad del baño, cuando después de añadir la sal se ha dejado rodar unos 10 minutos, representa una seguridad de control. La cantidad de sal que se suele usar en el piquelado, es del orden de un 10% de la cantidad de baño que se emplee.

#### **c. Tipo de ácido y cantidad**

<http://www.info@cueronet.com>.(2012), menciona que los ácidos más empleados son el ácido fórmico y el sulfúrico. En general los ácidos orgánicos monovalentes tipo fórmico o acético, atraviesan más rápidamente porque se fijan menos que el ácido sulfúrico, y por tanto se puede obtener un corte más uniforme y una flor más fina. Si se utilizan píqueles mixtos de formiato sódico y ácido sulfúrico.





<http://www.auqtic@cueronet.com>. (2012), señala que pueden existir dos casos diferenciados.

- Que la cantidad estequiométrica de ácido sulfúrico sea inferior a la de formiato sódico y se obtenga sulfato sódico, ácido fórmico y formiato sódico. Si la cantidad de ácido fuera superior a la de formiato se obtendría sulfato sódico, ácido fórmico y ácido sulfúrico. Siendo lógicamente los efectos ocasionados distinto. En el primer caso sería un piquel penetrante y enmascarante.
- En el segundo caso, la penetración será más difícil, pero las pieles serían más compactas, con más cuerpo. Estos piqueles mixtos de sulfúrico y fórmico forman el llamado piquelado tamponado. La cantidad de ácido que se suele utilizar en un piquelado, depende de muchos factores: tipo de piel, grado de desencalado y tipo de curtición, pero es habitual trabajar con concentraciones del orden de 1,0 a 1,5% respecto al peso tripa.

#### **d. Temperatura y tiempo**

<http://www.auqtic@cueronet.com>. (2012), indica que por tratarse de una reacción de neutralización, es exotérmica, produciéndose un desprendimiento de calor que provoca un incremento de la temperatura del baño. En estas condiciones el ácido provoca una cierta hidrólisis del colágeno aumentando la pérdida de sustancia piel por tanto es conveniente en esta operación trabajar con baños a temperatura entre 20-25° C. La duración está en función de la temperatura, efecto mecánico y cantidad de ácido aunque para llegar al equilibrio suele durar entre 4-6 horas. Es importante que la operación sea lo suficientemente prolongada como para poder alcanzar el equilibrio de acidez entre el baño y el interior de la piel, ya que de no conseguirse no existiría una buena repartición de la sal curtiente en el interior de la piel. Si el piquel es de conservación, se tendrá que ajustar a un pH final de 2,0-2,5, siendo la cantidad de ácido combinado mucho mayor que en un pickel normal, y por tanto la repartición del agente curtiente será más homogénea.

## **5. Control de los productos**

Hidalgo, L. (2004), menciona que estos controles que se indican a continuación, no pueden considerarse propiamente análisis químicos, sino que son pruebas generalmente cualitativas que nos da una idea aproximada del producto a controlar. Tratándose fundamentalmente de pruebas comparativas entre los mismos productos de lotes distintos, además durante el proceso y al final de la operación es conveniente controlar; la temperatura del baño inicial y final. La graduación del baño, cuando se ha disuelto la sal, el pH final del baño y el pH final en el interior de la piel con indicadores. Aspecto y tacto de las pieles al finalizar, y la temperatura de contracción de la piel.

### **a. Control de ácidos y sales**

<http://www.auqtic@cueronet.com>, (2012), indica que el control ha de efectuarse en un ácido es su concentración. Para ello se debe valorar una disolución de dicho ácido con una base de concentración conocida, empleando un indicador tipo fenoiftaleína para saber el punto final de la valoración o bien usando un pH metro. Otros aspectos a controlar para un ácido, basados más en sus características que no en pruebas específicas, son: el aspecto, el olor, color, etc. Para distinguir entre un ácido fuerte y otro débil, tenemos una prueba ya mencionada en el capítulo del desencalado, y que consiste en determinar su pH diferencial. Para realizar el control de sales se debe observar su aspecto y compararlo con otros lotes del mismo producto que existan en stock. Disuelta en agua a una concentración determinada, se puede comprobar su graduación. Si la sal posee impurezas, estas no son solubles en agua, y por tanto la graduación será inferior a la teórica a una temperatura determinada. En esta solución se puede controlar el pH. Las sales sódicas cuyo anión sea, formiato, acetato y oxalato deben ser algo alcalinas.

### **b. Aspecto y tacto de las pieles al finalizar**

La Asociación Española en la Industria el Cuero. (2008), reporta que la piel piquelada presenta un hinchamiento mucho menor que el de la piel en tripa. La

piel tiene un tacto como si estuviese curtida y de un color blanco impecable. Es interesante hacer constar que la inmersión de una piel tripa en una solución salina al 10% no da lugar a un material comparable al que se obtiene en el piquel. Por tanto, la apariencia de cuero que el piquelado confiere a la piel no es debida únicamente a la deshidratación sino también a la saturación de los grupos amínicos del colágeno por combinación con el ácido.

## **F. DESPIQUELADO**

Lultcs, W. (2008), indica que las pieles que han tenido un piquelado de conservación, deben ser despiqueladas antes de la curtición, lo que se efectúa tratándolas con soluciones alcalinas débiles con buen efecto tampón. Se emplean normalmente soluciones de cloruro de sodio al 10% con bicarbonato sódico, acetato sódico, bórax o tiosulfato sódico. Si se emplea tiosulfato como agente de despiquelado y se trabaja con poca cantidad de agua, no es indispensable adicionar cloruro de sodio para evitar el hinchamiento, ya que esta función la cumple el tiosulfato que por ser de elevado peso molecular.

### **1. Método de despiquelado**

Lultcs, W. (2008), señala que primeramente se debe hacer constar que el peso de piel piquelada es bastante inferior al peso tripa. Se calcula que el peso tripa es el doble que el peso piquelado, dependiendo del tipo de piel. Antes de cargar las pieles piqueladas, en el bombo, es conveniente preparar el baño de despiquelado, que suele oscilar entre un 100 a un 200% respecto al peso tripa. A continuación se añade un 10% de sal, respecto al baño y un 1-2% de un producto ligeramente alcalino, ejemplo formiato sódico, se deja rodar 10 minutos y se comprueba la graduación. Si ésta es la adecuada, Se cargan en el bombo las pieles piqueladas y se deja rodar el bombo entre 2-3 horas. Se efectúa un control, para comprobar si el producto alcalino es suficiente. Es normal tener que adicionar del orden de 0,5-1,5 de bicarbonato sódico, se deja rodar 1 hora aproximadamente.

## **2. pH del baño**

Graves, R. (2007), indica que el pH final depende de la curtición y características del artículo que queramos obtener. A pH final alto 3,8-4, tendremos mayor suavidad de tacto y menos finura de flor, con menos problemas cuando se efectúe la tintura, el engrase y el neutralizado. Con un pH final más bajo 3,0-3,7, tendremos tacto más armado, poro más fino, pero más dificultad en lograr una neutralización uniforme, también existirá más dificultades en el engrase y acabados. Cuando interese un rápido atravesado del agente curtiente mineral, es interesante trabajar con un pH de tipo más bajo. Para piel acabada plena flor con sistema normal de trabajo, es interesante hacer un piquelado más corto, dejando el pH final del baño entre 3,8-4. Para ajustar el pH de flor que deseamos sea inferior a 4, se efectúa una pequeña adición de ácido fórmico, al final de la operación, rodar de 15 a 20 minutos y pasar seguidamente a la curtición. De esta manera tendremos flor más fina, ya que empezando a curtir, con una sal de cromo ácida no se fijó en la superficie y la sal de cromo pasó fácilmente hacia el interior de la piel fijándose dentro de la misma y logrando una piel más cromada en el interior, con mejor tacto y más plenitud, y menos cromo en la parte superficial, que nos da una piel más abierta y poro más fino. Para determinar el pH final del baño, es suficiente utilizar tiras de papel de pH. Si el valor obtenido fuera muy inferior al pH deseado, nos indicaría que el ácido no se ha difundido suficientemente en el interior de la piel; en este caso es recomendable proseguir la operación aumentando el efecto mecánico y prolongado el piquelado.

## **3. pH en el interior de la piel**

Graves, R. (2007), señala que para ello se hacen cortes en varias zonas y dentro de una misma piel. Deben hacerse cortes en la cabeza, falda y crupón, ya que no siempre al dividirse las distintas zonas de la piel dan el mismo grosor. Al corte de la piel se le añade solución del indicador verde de bromocresol. Es éste un indicador que a pH superior a 4 da un color azul y a valores inferiores un color amarillento. Siendo un color de transición verde. Según el color del corte de la piel podremos saber si el ácido se ha difundido totalmente o no. Una piel atravesada totalmente no quiere decir que tendrá siempre más tacto que una piel con

diferencias de pH entre el interior y la flor de la misma. Depende de que basicidad del agente curtiente mineral sea la que empleamos para curtir, especialmente al principio, y también si curtimos en baño de piquelado o en baño nuevo. Para pieles plena flor es preferible hacer un píquelo rápido y dejar el pH interior más alto que el de la flor y empezar a curtir con licores ácidos. Para pieles de flor corregida donde la flor tiene menos importancia, es preferible dejar un pH interior igualado en todo el grueso de la piel. Podemos entonces curtir desde el principio con licores más básicos, ya que si se fija el agente curtiente en más cantidad de lo habitual en la flor y ésta queda menos fija, no tiene tanta importancia.

## **G. CURTIDO**

<http://www-org.mtas.com>.(2012), señala que el curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone las pieles, usando productos químicos naturales o sintéticos. Adicionalmente, la curtición imparte un particular "tacto" al cuero resultante. Una variedad de productos químicos son usados, siendo el cromo el más importante.

### **1. Curtición al cromo**

<http://www.org.mtas.es/Insht/EncOI/88>.(2012), señala que la curtición a cromo es la estabilización de la estructura fibrosa por la formación de enlaces transversales, con la utilización del cromo curtiente base. En la curtición al cromo se forman en la piel numerosos enlaces transversales fuertes que unen a los grupos carboxílicos ionizados. Para este propósito se utilizan los sulfatos de cromo básicos. En la actualidad la curtición al cromo es la técnica más utilizada en la curtición de pieles por ser la que proporciona un producto con mejores prestaciones a un precio razonable, adicionándose del orden del 8% sobre el peso de la piel de sal de cromo. Sin embargo, una parte importante de la contaminación producida en las aguas residuales de tenería procede de esta etapa, debido al cromo no fijado a la piel que supone alrededor de un 15% del cromo añadido al baño de curtición. Habitualmente, los baños residuales de curtición se homogeneizan con el resto de efluentes industriales y el cromo se

precipita como hidróxido de cromo, quedando retenido en los lodos de las depuradoras.

## 2. Mecanismo de la curtición al cromo

<http://www.cueronet.com>.(2012), indica que el sulfato de cromo básico reacciona con los grupos carboxílicos como se ilustra en el gráfico 4.

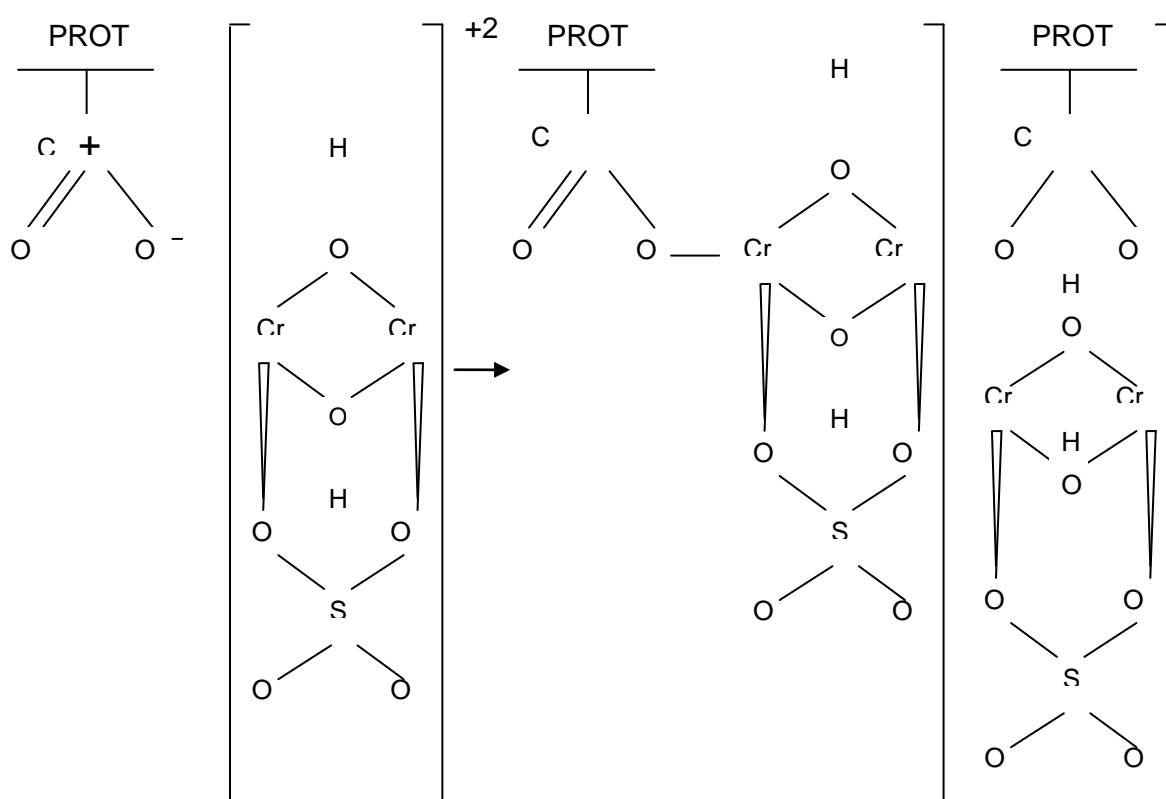


Gráfico 4. Reacción del sulfato de cromo con los grupos carboxílicos.

## H. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES

### 1. Identificación de fuentes y características de los residuos

<http://www.monografias.com>.(2012), menciona que los desechos de curtiembre contienen un número de constituyentes en cantidades variables y significativas, de acuerdo a la materia prima, proceso y producto final. Los materiales que pueden aparecer en los desechos de curtiembre, incluyen entre otros: pelo,

pedazos de piel y carne, sangre, estiércol, sales, sal común, sales de cromo y sulfuros entre otros. Los residuos, cuando se presentan, pueden descargarse en estado gaseoso, líquido, o sólido. Los desechos líquidos son los de mayor significación. Sin embargo, los materiales gaseosos y sólidos son importantes en ciertas operaciones individuales y se deben considerar para su disposición. Después del proceso de curtido, se generan lodos si es que la curtiembre cuenta con planta de tratamiento. Cuando se depuran los efluentes líquidos se produce una gran cantidad de lodo residual, vale decir, aparece un nuevo residuo sólido, que anteriormente no existía por cuanto todos sus componentes eran evacuados en conjunto con el total del agua residual.

## **I. TRATAMIENTO DE AGUAS EFLUENTES DE CURTIEMBRES**

[http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.com. \(2012\)](http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.com. (2012)), menciona que para saber los tratamientos de aguas efluentes de las curtiembres hay que tomar en cuenta los siguientes términos.

### **1. Impacto ambiental**

[http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.com.\(2012\)](http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.com.(2012)), señala que la disposición de los residuos sólidos producidos en la elaboración de cueros es un tema de actualidad en todos los países con industrias de curtiembres. Evitar, minimizar, valorizar, reciclar un residuo cuestionado son acciones que deben ser apropiadamente consideradas al momento de disponerlo. Cada vez que enfrentemos un problema de disposición de un residuo debemos tener la convicción de que existen diferentes alternativas tecnológicas que se nos presentan como si estuviéramos mirando una 'vidriera de tecnologías'. Es nuestra necesidad, asociada a nuestra capacidad de selección la que nos permitirá elegir adecuadamente. Si bien actualmente se están dedicando sostenidos esfuerzos para desarrollar procesos alternativos a la curtición con sales básicas de cromo(III), y no obstante, de existir algunos ejemplos en producción industrial sobre la elaboración de cueros sin dichas sales, el proceso de curtición al cromo es aún el más utilizado en el mundo para producir los diversos tipos de cueros que requieren los usuarios.

[http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.\(2012\)](http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre.(2012)), señala que los comentarios precedentes, conjuntamente con las exigencias de las autoridades sanitarias que, con algunos matices de un país a otro, condicionan con límites estrictos la descarga del Cr(III), a distintos cuerpos receptores, justifica los esfuerzos del país para desarrollar técnicas y tecnologías orientadas a reducir las emisiones de Cr(III), y/o recuperarlo para reciclarlo en la fabricación del cuero. Las exigencias de las autoridades gubernamentales han generado en el sector curtidor mundial un reclamo por límites para el Cr(III), no tan exigentes ó la eliminación en algunos casos de los mismos. Así mismo los diversos laboratorios de investigación de efluentes, realiza estudios y compila resultados científicos sobre la toxicidad del cromo(III-VI), y la transformación reversible según condiciones entre cromo(III-VI), orientadas a consolidar los requerimientos de la industria y a sugerir la recomendación de que el límite exigido para el Cr(III), debería estar basado en los riesgos que este componente puede originar en el ambiente natural. Las investigaciones se concentraron en el estudio de una alternativa técnica y tecnológica para el procesamiento de los residuos provenientes de curtiembres, especialmente de los efluentes y facilitar de esta manera su disposición al obtener de ellas insumos químicos para incorporarlos en el procesamiento de la piel.

## **J. TÉCNICAS DE REUTILIZACIÓN DE LOS BAÑOS DESCARTADOS**

[http://wwwfai.unne.edu.ar/biologia.com.\(2012\)](http://wwwfai.unne.edu.ar/biologia.com.(2012)), indica que las investigaciones y proyectos desarrollados en la reutilización de baños se han centrado en el reuso de los efluentes de los procesos de pelambre y curtido. Este hecho se justifica porque la etapa del pelambre es la que aporta mayor carga contaminante (80% de la DBO), y el efluente del curtido es el de mayor toxicidad. Existen diversas técnicas para realizar los baños, entre las cuales se pueden mencionar.

- Recirculación directa del baño después de un pretratamiento; y
- Recuperación de los productos base (cromo y sulfuro).



## 1. Reutilización de los efluentes del piquelado

La reutilización de estos licores, trae, como ventaja principal, la reducción de la salinidad de los efluentes y una disminución en el consumo de ácido sulfúrico. En la tabla se muestra las cantidades de insumos reutilizadas y los requerimientos para la regeneración del licor de piquelado. Las investigaciones y proyectos desarrollados en la reutilización de baños se han centrado en el reuso de los efluentes de los procesos de pelambre y curtido. Este hecho se justifica porque la etapa del pelambre es la que aporta mayor carga contaminante (80% de la DBO), y el efluente del curtido es el de mayor toxicidad. Existen diversas técnicas para realizar los baños, entre las cuales se pueden mencionar.

- Recirculación directa del baño después de un pretratamiento; y
- Recuperación de los productos base (cromo y sulfuro).

En el cuadro 2, se describe las cantidades recirculadas en el piquelado calculadas por porcentaje de tonelada de piel.

Cuadro 2. CANTIDADES RECIRCULADAS EN EL PIQUELADO (% POR TONELADA DE PIEL).

	Cantidad inicial	Contenido en el licor recuperado	Requerimiento para regeneración
Agua	100%	70-80%	Regresar al nivel inicial
Sal	10%	9%	1%
Ácido sulfúrico	1%	0.8%	0.2%

Fuente: [http://wwwfai.unne.edu.ar/biologia.com.\(2012\)](http://wwwfai.unne.edu.ar/biologia.com.(2012)).

Para [http://wwwcuerosgrabados.com.\(2011\)](http://wwwcuerosgrabados.com.(2011)), la ventaja de esta técnica radica en una recuperación del 80% de la sal empleada y una reducción en el consumo de ácido sulfúrico del 25%, en el gráfico 5, se ilustra los Mecanismos de reutilización del baño de piquelado.

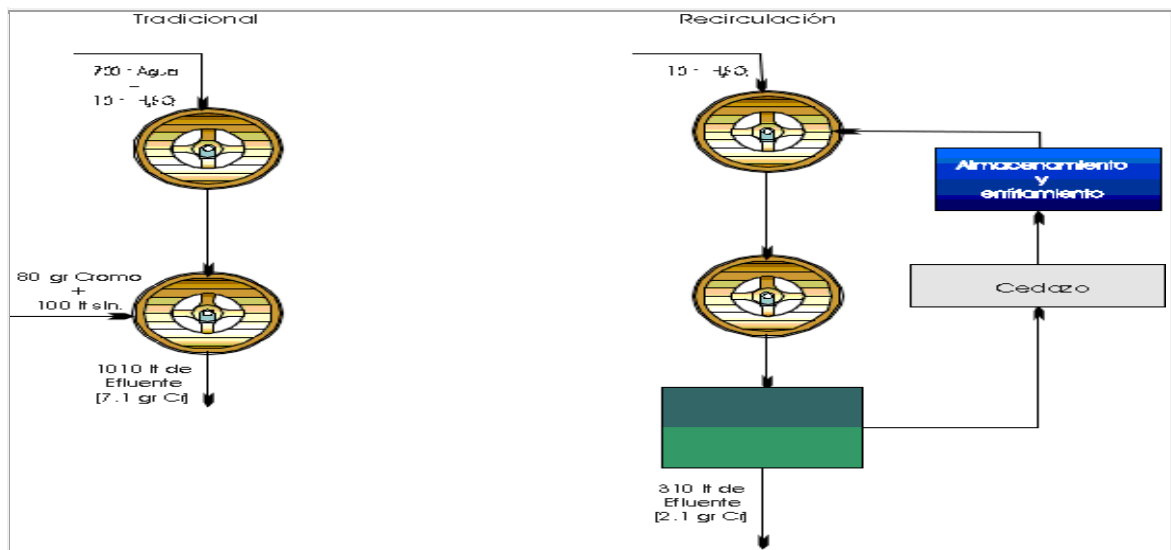


Gráfico 5. Mecanismos de reutilización del baño de piquelado.

Vega, G. (2008), describe que la técnica para el reciclaje de las soluciones de piquelado y curtido juntas, es la siguiente.

- El primer baño de piquelado y curtido se prepara de la forma habitual, siguiendo la receta de la curtiembre.
- Al concluir la operación de curtido, se recupera el baño residual, el mismo que debe ser previamente filtrado a través de un tamiz inclinado, para separar los sólidos suspendidos. Los sólidos disueltos constituyen un problema para el reciclaje y necesitan un control de la concentración de sales que puede realizarse midiendo, por ejemplo, la densidad, en grados Baumé, del baño residual filtrado.
- El baño residual filtrado se bombea a un tanque recolector, donde los sólidos remanentes sedimentan. Este baño, si se trata de un curtido convencional, por lo general tiene entre 20 a 30% del cromo adicionado al inicio del proceso. Las concentraciones de la sal común y de ácidos en el baño residual disminuyen debido a la adición de agua durante el curtido y, en menor medida, al agua proveniente de las mismas pieles.
- Para determinar la concentración del cromo residual, debe analizarse una muestra del baño residual. En base a este análisis, se establece la cantidad de

cromo a adicionar para alcanzar las condiciones requeridas para el curtido. Una vez adquirida la experiencia, cada curtidor debería ser capaz de añadir la cantidad de cromo requerida sin necesidad de análisis..

- Debe reconstituirse el baño de piquelado, a partir del baño residual de cromo recuperado. Los reactivos químicos, como sal común, ácidos y otros, deben reconstituirse a sus concentraciones iniciales. El pH y la temperatura deben también ser ajustados.
- El curtidor necesitó reducir gradualmente, con cada ciclo de reuso del baño residual, la cantidad de sal común, agregada para reconstituir la solución de piquelado, debido a la acumulación de las sales neutras en la solución reciclada.
- Para verificar si la solución reconstituida es adecuada, se debe medir el pH, para controlar la cantidad de ácido adicionado, y la densidad de la solución (grados Baumé), para controlar la adición de sal común. El baño reconstituido se bombea del tanque recolector al fulón, para piquelar y curtir una nueva partida de pieles. La presencia de cromo en el baño del piquelado reconstituido no interfiere en el piquelado de las pieles. Una vez concluida la operación de piquelado, se adiciona la sal de cromo en las cantidades requeridas para el curtido.

## **K. SITUACIÓN AMBIENTAL DEL SECTOR DEL CURTIDO**

<http://www.virtualcentre.com>.(2012), señala que las Curtiembres hacen uso intensivo de agua en sus procesos, principalmente en la ribera y el curtido. Además, utiliza en los procesos importantes cantidades de reactivos químicos, destacando el uso de cloruro de sodio, sulfuro de sodio, cal, sales de cromo y solventes. Por otro lado, es de destacar que cerca del 60% del peso de las pieles que ingresa a la curtiembre son eliminadas como residuo, ya sea en las aguas residuales o con los residuos sólidos.

## **1. Residuos líquidos**

<http://www.conama.cl/portal.com>.(2012), dice que en general la carga de material contaminante en los efluentes líquidos de las curtiembres, es producto de la materia prima utilizada y de los insumos químicos. A lo anterior se suma el hecho que el proceso de una curtiembre es intensivo en el uso de agua, estimándose que el consumo de agua puede variar entre 25 y 80 litros por kilogramo de piel. Por otro lado, algunas etapas del proceso generan contaminantes específicos. Por ejemplo, la etapa de pelambre genera riles con gran cantidad de sólidos biodegradables, sulfuro y alcalinidad, mientras que la etapa de curtido produce riles con alto contenido de cromo y fibras de cuero.

### **a. Impacto al ambiente**

<http://www.conama.com>,(2012),indica que las aguas residuales de la industria de curtido tienen altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pH elevado, sólidos suspendidos y compuestos de cromo. La alta carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaerobias de biodegradación, debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos gases nocivos como el hidrógeno sulfurado, dióxido de carbono y metano. Algunos residuos líquidos poseen alto valor de pH (entre 9 y 11), y sulfatos. Estos residuos cuando son descargados directamente al sistema de alcantarillado producen corrosión en las cañerías de cemento. Por otro lado, la presencia en los efluentes de compuestos sulfurados puede provocar la producción de sulfuro de hidrógeno gaseoso, al mezclarse este efluente alcalino con otros efluentes ácidos o neutros en el alcantarillado.

## **2. Residuos sólidos**

<http://www.idrc.cacom>. (2012), menciona que los residuos sólidos se generan en las etapas de descarnado, recorte de pieles, raspado y lijado de los cueros. Los residuos del descarnado son principalmente grasas y tejidos biodegradables. Por otro lado, los residuos sólidos de otras etapas del proceso son, principalmente,

cuero curtido en la forma de pedazos, viruta y polvo. Estos residuos se van acumulando junto a las máquinas de corte, raspado y lijado y son almacenados generalmente en tambores metálicos. Los desechos sólidos son retirados semanalmente por empresas contratistas que los envían a los vertederos municipales o son vendidos a empresas que producen cuero conglomerado. Se estima que cerca del 60% en peso de la piel bruta se elimina como residuo en la industria de curtido. Además, cerca del 15% del peso total de la piel se descarga en las aguas residuales principalmente en la forma de grasas, pelo degradado y fibras. Estos últimos son los responsables del lodo generado en aquellas empresas que poseen una planta de tratamiento de residuos líquidos. Los lodos, previamente secados, también se envían a vertederos municipales o privados.

#### **a. Impacto al ambiente**

[http://www.idrc,cromo.com.\(2012\)](http://www.idrc,cromo.com.(2012)), señala que los residuos sólidos provienen principalmente de dos fuentes: de los sólidos suspendidos y sedimentables presentes en las descargas de líquidos y de los restos de pieles y cueros recortados del proceso. Los primeros tienden a sedimentar y depositarse en los cursos acuáticos donde se descargan o en las cañerías de desagüe, creando condiciones anaeróbicas de biodegradación con el consiguiente consumo excesivo del oxígeno disuelto en el agua y la formación de compuestos de muy mal olor. Los restos de pieles y cuero son enviados a sitios de disposición final, donde por ser altamente degradables provocan olores molestos. Además de contener sustancias químicas tóxicas que pueden infiltrar en tierra o a aguas subterráneas.

### **3. Emisiones atmosféricas**

[http://www.idrc.ca/es/evdotopic.com.\(2012\)](http://www.idrc.ca/es/evdotopic.com.(2012)), menciona que a la industria de curtiembres las emisiones gaseosas pueden clasificarse en dos grupos: olores y vapores de solventes provenientes de las operaciones de acabado. Los malos olores provienen de un pobre control de las operaciones anteriores a la operación de curtido, por un control deficiente de la limpieza de equipos y recipientes, de los canales de drenaje, pozos de sedimentación y residuos acumulados en algún

lugar, producto de la descomposición orgánica. La disminución de los malos olores es solo cuestión de un buen mantenimiento operacional, más que de la tecnología en uso. Por otro lado, los vapores de solventes usados en la etapa de acabado de cueros dependen del tipo de producto químico empleado y de las medidas implementadas para reducir su emisión.

#### **a. Impacto al ambiente**

<http://www.cuero.net/ambiente.com>.(2012), indica que las emisiones a la atmósfera son causadas principalmente por la producción de olores desagradables de los lugares de almacenamiento de residuos sólidos biodegradables y la mezcla de efluentes con contenido de sulfuro. Estos olores desagradables pueden afectar incluso a las áreas residenciales ubicadas cerca de las plantas de curtido. También el uso de pinturas y lacas diluidas en solventes orgánicos puede provocar problemas a la salud de los trabajadores que operan en esta área, cuando existe poca ventilación.

### **L. OPCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**

<http://www.cuero.net/contam.com>.(2012), menciona que las opciones de gestión ambiental se pueden jerarquizar según el grado de facilidad para su implementación y los costos asociados. Es así como la más alta prioridad se le asigna a la prevención de la contaminación a través de la reducción en la fuente y el reuso o reciclaje. La prevención o reciclaje en la fuente disminuyen o eliminan la necesidad de reciclaje fuera de la planta o el tratamiento de los residuos y posterior disposición. La reducción de residuos es siempre más barata que la recolección, tratamiento y disposición de los mismos. También permite disminuir los riesgos ambientales para los trabajadores, la comunidad y el ambiente.

#### **1. Oportunidades para prevenir la contaminación**

<http://www.cuero.net.com>.(2012), indica que para prevenir la contaminación hay que realizar buenas prácticas de prevención entre las que se anotan.

- Capacitación permanente de operadores en seguridad industrial, salud ocupacional y en el proceso.
- Mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones y segregación de corrientes de residuos y efluentes
- Ahorro de agua, e insumos; control de pérdidas por derrames y puntos de fuga.
- Modificación de procedimientos de trabajo obsoletos y poco eficientes  
Revisión de productos químicos tóxicos para evitar el innecesario sobre-uso
- Aseguramiento del control de calidad de productos químicos y colorantes que ingresen.

## **2. Reducción en la fuente (tecnologías limpias)**

<http://www.cueronet.tecnica.com>.(2012), señala que la contaminación producida en las curtiembres se la puede mitigar a través del establecimiento de tecnologías limpias que consigan hacer una reducción en la fuente de los efectos contaminantes. Entre las tecnologías limpias que mejores efectos nos provocarían estarían.

- Conservación de pieles en frío.
- Pelambre sin destrucción del pelo.
- Desencalado con CO<sub>2</sub> o con otras sales libres de amonio.
- Cambio de lacas en base solvente a lacas en base agua.
- Reemplazo de biocidas y tenso activos no biodegradables en el remojo por enzimas y controles de tiempo y temperatura.
- Uso de curtido al cromo de alto agotamiento.
- Reemplazo del lavado con fulón abierto por lavado en fulón cerrado.
- Uso de válvulas de corte automático en mangueras.
- Reciclo/reuso/recuperación.
- Recuperación de cromo por precipitación.

- Reuso de baños de enjuague.
- Recirculación baño de curtido agotado.
- Recirculación enjuague desencalado y purga al remojo.
- Recuperación de sal antes del enjuague.
- Re-uso de baño de pelambre.
- Uso de viruta de cuero en fabricación de cuero aglomerado.

### 3. Reúso de agua de proceso

<http://www.fai.unne.edu.com>.(2012), indica que en todo proceso se puede reducir considerablemente los consumos de agua a través del uso de reciclados de agua del proceso. Este reciclaje puede traer complicaciones en las plantas de curtido ya instaladas que posean poco espacio para nuevas cañerías y bombas, pero es una posibilidad para los nuevos proyectos de plantas. Los sistemas de reciclado más importantes en cuanto a su tamaño, requieren ser supervisados en forma permanente. Algunos ejemplos son.

- Reúso de agua de enjuague y lavado relativamente limpia en otros procesos.
- Reusó de agua de enjuague, después del rendido y neutralización, en el remojo inicial de las pieles.
- Reúso del baño agotado de pelambre, previa filtración para crear un baño nuevo de pelambre.
- Reúso de agua de enjuague del encalado para el remojo inicial de las pieles, junto a las aguas del piquelado y de algún otro enjuague posterior. La ventaja de este sistema es que la alcalinidad residual del encalado actúa acelerando la operación del remojo inicial. Reúso indefinido del baño agotado del curtido vegetal, el cual permite ahorros en el uso de taninos. Este baño debe ser limpiado mediante simple filtración.



- Reúso del baño agotado de curtido al cromo, previo un pre tratamiento para eliminar las grasas y fibras, en el piquelado o en un nuevo proceso de curtido.

#### **4. Recuperación de residuos sólidos**

[http://wwwfai.unne.edu.ar/biologiacurtidoalcromo.\(2012\)](http://wwwfai.unne.edu.ar/biologiacurtidoalcromo.(2012)), manifiesta que en el tema reuso de residuos sólidos se puede destacar la recuperación de la sal que traen las pieles saladas, mediante el simple golpeteo manual, antes de ingresarlos al proceso o mediante acción mecánica en una hormigonera especial. Esta sal recuperada se suele usar en el proceso de piquelado. Por otro lado, existe la posibilidad de usar los residuos provenientes del raspado de cueros wet-blue y los residuos de suela para producir el cuero aglomerado Otra alternativa para estos residuos es descurtirlos mediante acción biológica o química y recuperar cromo y proteínas. Finalmente, las curtiembres pueden pagar a empresas para que retiren sus residuos grasos provenientes del descarte. Estas empresas recuperan las grasas mediante la cocción de los residuos. Dependiendo de la calidad de la grasa recuperada, se usan para hacer jabones o alimento animal.

### **M. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS**

#### **1. Tratamiento de residuos líquidos**

[http://www.bvsde.ops-oms.org.\(2012\)](http://www.bvsde.ops-oms.org.(2012)), indica que las técnicas de reducción en la fuente y de reciclaje/reuso/recuperación permiten bajar en forma considerable el tamaño de una planta de tratamiento de residuos líquidos. Al disminuir el volumen total de efluente a tratar y segregarlos para atacar contaminantes específicos. Se indican los requerimientos mínimos que deben tener una planta de tratamiento primario y una planta de tratamiento secundario para una curtiembre.

#### **2. Tratamiento del baño de pelambre**

[http://www.bvsde.org.\(2012\)](http://www.bvsde.org.(2012)), señala que los baños de pelambre neutralizados liberan ácido sulfhídrico, gas altamente tóxico, por lo que deben ser tratados en forma separada. Algunas posibilidades de tratamiento son las siguientes.

- Oxidación catalítica de sulfuros: Consiste en la aireación del efluente en presencia de un catalizador de manganeso (sulfato o cloruro), en concentraciones de 100 ppm de manganeso y pH alrededor de 10. La aireación puede realizarse en torres altas, con aire inyectado en la base, por medio de difusores, o por aireación superficial.
- Precipitación directa: consiste en la adición de sulfato ferroso y cloruro férrico al efluente, para que precipite el sulfuro. El tratamiento debe realizarse a pH bajo, para evitar la precipitación de los hidróxidos metálicos. Los volúmenes de lodos producidos son importantes. Existen otras técnicas para eliminar el sulfuro de los efluentes como la acidificación y la oxidación con cloro o peróxido de hidrógeno.

### **3. Tratamiento del baño de curtido al cromo**

[http://www.bvsde.ops.\(2012\)](http://www.bvsde.ops.(2012)), señala que la remoción del cromo se realiza simplemente por la precipitación con cal de su hidróxido a pH sobre 8 y, si es necesario, la adición de algún coagulante y floculante (sales de aluminio y polielectrólitos), Este método solo transfiere el problema del cromo de una fase líquida a otra sólida. Luego las necesidades de tratamiento dependerán de la normativa existente para las concentraciones de cromo en los lodos generados. Por ello, el reciclaje del cromo se ve como la mejor alternativa, ya que genera lodos prácticamente libres de cromo.

## **N. ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES**

[http://www.cueronet.com/flujograma/recurtido\(2012\)](http://www.cueronet.com/flujograma/recurtido(2012)), indica que las posibles alternativas que se pueden adoptar en el proceso de piquelado para la reducción de la contaminación son.

- Piquelar sin sal o con una cantidad muy pequeña empleando ácidos orgánicos (fenol o naftalén sulfónicos), Sin embargo, los productos comerciales existentes en el mercado no han tenido demasiada aceptación y el empleo de

los mismos puede provocar la aparición de compuestos fenólicos no deseables en las aguas residuales o en los residuos del proceso.

- Reciclaje del baño de piquel. Esta solución es la más sencilla tanto desde el punto de vista de operación como desde el económico, dado que no es necesario utilizar productos diferentes de los habituales. El proceso consiste básicamente en almacenar el baño depiquel para posteriormente filtrar y enriquecer en ácido y sal, pudiéndose alcanzar una reducción del consumo de sal de hasta el 95%.

### 1. Disminución del cromo en el proceso de curtición

<http://www.cueronet.com>.(2012), manifiesta que en el proceso de curtición al cromo son posibles las siguientes actuaciones para disminuir el cromo.

- Emplear procesos de curtición de elevado agotamiento (baños cortos y muy enmascarados con un elevado efecto mecánico), evitando así la presencia de cromo en los efluentes y reduciéndose la cantidad de lodos generados. Sin embargo, el agotamiento del baño de curtición plantea algunos inconvenientes, dado que pueden provocarse contracciones y arrugas en la piel.
- Utilizar curtientes líquidos con bajo contenido en sales, reduciéndose la salinidad del baño residual. El principal inconveniente que tienen estos productos es que pueden ser algo más caros que los curtientes convencionales.
- Reciclaje del baño de curtición. Esta es la alternativa que conduce a un efluente de menor salinidad, así como a un ahorro del orden del 25% del cromo utilizado. Con relación al reciclaje del baño de curtición existen dos modos de operación, dependiendo de que la curtición se realice en baño distinto o en el mismo baño que el piquel. En el primer caso, se debe disponer de dos balsas donde se puedan recoger los baños de piquel y de curtición, después de haber sido filtrados o decantados. Posteriormente, será necesario

ajustar la fuerza iónica del baño de piquel antes de añadir los ácidos y conocer el contenido de cromo de los baños agotados para ajustarlo.

- El baño residual de curtición se utiliza como baño de piquel de la siguiente partida. En este caso el baño residual se reconstituye mediante la adición del ácido necesario para piquelar y una pequeña cantidad de sal si fuera necesario. Después del tiempo necesario para que concluya la operación, se añade la sal de cromo en la cantidad necesaria que suele ser el 75% de la cantidad habitual dado que hay que considerar el cromo residual que ya está en el baño.

## **2. Planta para tratamiento de contaminantes**

<http://www.cuernet.com>.(2012), menciona que la planta de tratamiento y acondicionamiento de los baños residuales de piquel y curtición para su reutilización en el proceso industrial está dotada de los siguientes sistemas.

- Canalización de los baños residuales
- Desbaste y bombeo a balsa de homogeneización del baño residual.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la provincia de Chimborazo, del cantón Riobamba, en el kilómetro 1 ½ de la Panamericana Sur . La investigación duró 130 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICA DEL CANTÓN RIOBAMBA.

INDICADORES	2010
Temperatura (°C),	13.50
Precipitación (mm/año),	43.8
Humedad relativa (%),	61.4
Viento / velocidad (m/S),	2.50
Heliofania (horas/ luz),	1317.6

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. (2008),

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

El número de unidades experimentales que conformaron el presente trabajo investigativo fue de 32 pieles ovinas de animales adultos con un peso promedio de 3 Kg cada una. Las mismas que fueron adquiridas en el camal Municipal de Riobamba.

## C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

### 1. Materiales

- 32 pieles ovinas.
- Cuchillos en diferentes dimensiones.
- Mandiles.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.
- Baldes de dimensiones distintas.
- Guantes de hule.
- Tinas.
- Tijeras.
- Mesa.
- Peachimetro.
- Termómetro.
- Cronómetro.
- Tableros para el estacado.
- Clavos.
- Tableros.

### 2. Equipos

- Bombos de remojo curtido recurtido y teñido.
- Máquina descarnadora de piel.
- Máquina divididora.
- Máquina escurridora.
- Máquina raspadora.
- Toggling.
- Probeta.
- Abrazaderas.
- Pinzas superiores sujetadoras de probetas.

### 3. Productos químicos

- Cloruro de sodio.
- Formiato de sodio.
- Bisulfito de sodio.
- Ácido fórmico.
- Ácido sulfúrico.
- Ácido oxálico.
- Sintanes.
- Cromo.
- Ríndente.
- Grasa animal sulfatada.
- Dispersante.
- Recurtiente de sustitución.
- Resinas acrílicas.
- Alcoholes grasos.
- Sulfato de amonio.
- Bicarbonato de sodio.
- Colorantes ácidos.
- Baños de piquelado a diferentes porcentajes.

#### D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se evaluó la utilización de tres diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado (60, 80 y 100%), en comparación de un tratamiento testigo (0%), con 4 repeticiones en 2 ensayos consecutivos (réplicas), bajo un diseño Completamente al Azar (DCA), en arreglo bifactorial, cuya ecuación de rendimiento fue.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde

$Y_{ijk}$  = Valor estimado de la variable.

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos o factor A (porcentaje del reutilización del baño de piquelado).

$\beta_j$  = Efecto de los ensayos, o factor B (réplicas),

$(\alpha*\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción (Factor A \* factor B),

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

Para la determinación de la significancia de las variables sensoriales se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, cuyo modelo lineal aditivo fue.

$$H = \frac{12}{nT(nT + 1)} = \frac{\sum RT_1^2}{nRT_1} + \frac{\sum RT_2^2}{nRT_2} + \frac{\sum RT_3^2}{nRT_3} + 3(nT + 1)$$

Dónde.

H = Valor de comparación calculado con la prueba K-W.

nT = Número total de observaciones en cada nivel de colorante ácido.

R = Rango identificado en cada grupo.

En el cuadro 4 se describe el esquema del experimento.

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Porcentajes de baño de piquelado reutilizado	de Ensayo	Código	repeticiones	T.U.E	Total U.E
0%	E1	T0E1	4	1	4
0%	E2	T0E2	4	1	4
60%	E1	T1E1	4	1	4
60%	E2	T1E2	4	1	4
80%	E1	T2E1	4	1	4
80%	E2	T2E2	4	1	4
100%	E1	T3E1	4	1	4
100%	E2	T3E2	4	1	4
Total					32

Elaborado: Logroño, M. (2012).



En el cuadro 5, se describe el esquema del análisis de Varianza aplicado.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	Grados de libertad
Total	31
Porcentajes de reutilización del baño	3
Ensayo	1
Interacción	3
Error	24

Elaborado: Logroño, M. (2012).

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

### 1. Físicas

- Resistencia a la flexión, ciclos.
- Resistencia a la Tensión (N/cm<sup>2</sup>).
- Porcentaje de elongación (%).

### 2. Sensoriales

- Llenura (puntos).
- Blandura (puntos).
- Turgencia de flor (puntos).

### 3. Económicas

- Costos de producción.
- Beneficio/ Costo.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Las mediciones experimentales se modelaron bajo un diseño completamente al azar, en arreglo bifactorial. Los resultados fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos

- Análisis de Varianza (ADEVA), para diferencias entre medias.
- Separación de medias ( $P < 0.05$ ), a través de la prueba de Duncan, para las variables paramétricas.
- Prueba de Kruskal-Wallis, para variables no paramétricas.
- Análisis de regresión y correlación entre variables.
- Análisis económico a través del indicador beneficio/costo (B/C).

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para el presente experimento se utilizaron 32 pieles de ovinos, provenientes de los mercados del cantón Riobamba con un peso promedio de 3.5 Kg efectuándose el siguiente procedimiento.

### 1. Para los procesos de ribera

- Se pesó las pieles una vez adquiridas y se colocó en el bombo el 200% de agua a temperatura ambiente en base al peso total de las pieles + 0,2% de detergente y se rodó durante 30 minutos para luego eliminar el baño.
- Se preparó un baño con 200% de agua a temperatura ambiente + el 0.2% tenso activo + el 2% cloruro de sodio, durante 3 horas, y se eliminó el baño.
- Luego se realizó un lavado con 200% de agua a temperatura ambiente

durante 20 minutos, para finalmente eliminar nuevamente el baño.

#### **a. Pelambre por embadurnado**

- Primeramente se pesó las pieles, luego se preparó la pasta con 5% de agua a 50°C + 3,0% hidróxido de calcio, + 2,5% de sulfuro de sodio + 1% de yeso; se aplicó sobre el lado carne y se dejó en reposo durante 12 horas, luego se extrajo la lana de las pieles ovinas manualmente.
- Se pesó nuevamente las pieles y se trabajó en base a este peso, posteriormente se preparó el baño con 100% de agua a 25° C + 0,3% de sulfuro de sodio y se rodó el bombo durante 30 minutos.
- A continuación se agregó 0,3% de sulfuro de sodio + 0.5% de sal común y se rodó el bombo durante 10 minutos. Al mismo baño se añadió 50% de agua a 25 °C + 0,5 % de hidróxido de calcio, y se rodó el bombo durante 30 minutos.
- Subsiguientemente se añadió 0,5 de hidróxido de calcio y se rodó el bombo durante 30 minutos. Luego de este tiempo se añadió 0,5% de hidróxido de calcio, y se rodó el bombo durante 3 horas.
- Luego se dejó en reposo girando el bombo cada 5 minutos durante 20 horas, transcurridas las 20 horas se eliminó el baño. Posteriormente se realizó un lavado con 200% de agua a 25°C y se giró el bombo durante 20 minutos para luego botar el lavado.
- Finalmente se preparó un baño con 100% de agua a 25° C + 0,5% de hidróxido de calcio y se giró el bombo durante 20 minutos, y luego se botó el baño para proceder al descarnado.

#### **b. Procesos para el curtido**

- Se realizó el pesado de las pieles, para trabajar en base a este nuevo peso, y

se preparó dos lavados con 200% de agua a 25° C, en el primer lavado se giró el bombo durante 30 minutos y se botó el lavado; el segundo lavado se realizó durante 60 minutos y se botó el baño.

- Se preparó un baño con 100% de agua a 35 °C + 1% formiato de sodio, y se giró el bombo durante 40 minutos, se agregó al baño 1% de bisulfito de sodio y se rodó el bombo durante 50 minutos.
- Se botó el baño y se lavó las pieles con el 200% de agua a 25° C durante 20 minutos y se botó el lavado, se realizó el rendido o purga utilizando 100% de agua a 35 °C + 0,1% de rindente y se giró el bombo durante 30 minutos, y se arrojó el baño.
- Se lavó las pieles con 200% de agua a temperatura ambiente por un tiempo de 20 minutos y se botó el lavado. Luego se realizó el piquelado.
- Finalmente se preparó un baño utilizando 60% de agua a temperatura ambiente + 6% de cloruro de sodio, luego se rodó el bombo durante 10 minutos. Posteriormente se agregó 0,4% de ácido sulfúrico diluido (1:20), dividido en tres partes y se agregó cada 15 minutos + 0,7% de ácido fórmico diluido (1:10), y agregado cada 10 minutos.
- Se realizó el desengrase de las pieles para lo cual se preparó un baño con 100% de agua a 40° C + 3% de desengrasante biodegradable+ 0.5% de tenso activo, se rodó el bombo durante 1 hora, y se eliminó el baño.
- Luego se lavó las pieles con agua, el 200% a 40° C + 0,5% desengrasante y se rodó el bombo durante 40 minutos, para luego eliminar el baño, posteriormente se repitió el mismo proceso de piquelado.
- Se procedió a realizar el curtido, para lo cual se añadió 7% de producto curtiente sulfato de cromo. Para obtener el cuero wet blue se procedió a basificar con el 1.1% de bicarbonato de sodio diluido (1:10), dividido en tres

partes colocando cada 60 minutos para luego rodar el bombo durante 5 horas, se recogió el baño para su análisis y reutilización.

- Se finalizó el trabajo de campo realizando los acabados en húmedo, y secando los cueros en crost para aplicar los análisis sensoriales y físicos.

### **c. Para la compensación del cromo**

- Se realizó los procesos de ribera a 8 pieles ovinas, para la obtención de pieles en tripa, es decir se descarnó, se desencalado, se piqueló a un pH de 2,8 y 7°Be, para curtir con la adición de cromo y un basificante, con la finalidad de fijar el curtiente a la piel y transformarla en cuero.
- Posteriormente se recolectó este baño de curtido en recipientes para poder usar el 100%, del mismo modo en el próximo piquelado de 8 pieles ovinas que constituyeron el tratamiento T3.
- Mediante el análisis de los grados baume y el pH, se conoció la cantidad de ácido sulfúrico y sal que se aumentó para añadir la cantidad de cromo faltante para poder transformar la piel en cuero.
- Nuevamente se recolectó este baño para reutilizarlo en un nuevo pickel de otras 8 pieles ovinas (que constituyeron el tratamiento T2), sin antes realizar el análisis de sus grados baume y pH, para saber cuánto se utilizó de ácido sulfúrico y sal, como también de cromo que no se fijó en la piel, también se analizó la carga contaminante.
- Reiteradamente se recogió este baño para reutilizarlo en un nuevo pickel de otras 8 pieles ovinas (que constituyeron el tratamiento T1), sin antes realizar el análisis de sus grados baume y pH, para saber cuánto se utilizó de ácido sulfúrico y sal, como también de cromo que no se fijó en la piel.

- También se analizó la carga contaminante, se comparó la calidad del cuero en Wet – Blue, de cada tratamiento utilizando los análisis organolépticos y de laboratorio como también se analizó la disminución de costos originada por la disminución de productos del curtido.

## **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

### **1. Análisis Sensoriales del cuero ovino**

Para la evaluación de las características sensoriales del cuero ovino se utilizaron los sentidos, los cuales se encargaron de calificar el cuero y compararlo con la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), para lo cual se aplicó la siguiente apreciación.

- La llenura del cuero ovino se la evaluó de acuerdo a los espacios interfibrilares del cuero si son abundantes, el cuero se presentó con una superficie bastante suave y con mucha caída; pero si por el contrario, en el entretejido fibrilar no se encuentran espacios vacíos, el cuero estuvo lleno y con buen arqueado.
- Para calificar la blandura se la realizó deslizando el cuero sobre las yemas de los dedos y se calificó la sensación que provocó la superficie del cuero en contacto con el sentido del tacto, si esta es una sensación agradable, cálida, suave, semejante al de la seda obtendrá las puntuaciones más altas y si por el contrario es tosca, acartonada y con poca suavidad y caída la calificación fue de 1.
- Para la calificación de la turgencia de la flor se evaluó la presencia de arrugas o de pliegues en la superficie del cuero, esta característica se valoró de acuerdo al porcentaje de la presencia de ellas, es decir si existe una menor cantidad de arrugas se calificó con la valoración más alta y viceversa, se utilizó el sentido del tacto y de la vista para además evaluar la aspereza del cuero.

## **2. Resistencias físicas del cuero ovino**

Los análisis de las resistencias físicas del cuero ovino se los realizó en el laboratorio de resistencias físicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y se fundamentaron en las normas IUP, de acuerdo a la siguiente metodología.

### **a. Resistencia a la flexión (ciclos)**

- Primeramente se debió tomar los cueros de los 3 tratamientos y colocarlos en las probetas sujetándolas con las abrazaderas firmemente al borde del disco plano circular del cuero.
- Se dejó libre la porción del disco, la abrazadera debía mantenerse fija el área sujeta del disco estacionario cuando se aplicó a su centro una carga mayor de 80 Kg.
- Se determinó la flexión que soporta el cuero ovino y luego se comparó los resultados con lo recomendado por la Norma IUP.

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

Para los resultados de resistencia a la tensión en condiciones de temperatura ambiente, la metodología a seguir fue.

- Se dobló la probeta y se sujetó en cada orilla para mantenerla en posición doblada en una máquina diseñada para flexionar la probeta.
- Posteriormente se utilizó una pinza que debía estar fija y la otra se mueve hacia atrás y hacia delante ocasionando que el doble en la probeta se extienda a lo largo de esta.

- Luego la probeta se examinó periódicamente para valorar el daño que se ha sido producido, se debía recordar que las probetas que se preparó para este tipo de ensayo son rectángulos de 70 x 40 mm.
- Se midió el grado de daño que se produce en el cuero ovino en relación a 20.000 flexiones aplicadas al material de prueba.

### **c. Porcentaje de elongación**

El ensayo del cálculo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación fue 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 del porcentaje de elongación. La característica esencial del ensayo 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 fue más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones, para lo cual.

- Se cortó una ranura en la probeta de cuero, los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introducirán 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 separó a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarramiento o elongación del cuero hasta su rotura total.



#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **A. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES**

###### **1. Resistencia a la flexión**

###### **a. Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado**

Los valores medios reportados de la resistencia a la flexión de los cueros ovinos, determinaron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), entre tratamientos, por efecto de la reutilización de diferentes porcentajes del baño de piquelado; estableciéndose por lo tanto, las respuestas más altas con la aplicación del 100% del baño de piquelado reutilizado (T3), con medias de 22,74 ciclos; y que compartieron rangos de significancia según Duncan, con los resultados registrados por los cueros curtidos con el 80% de baño de piquelado (T2), a continuación se ubican los registros de resistencia a la flexión de los cueros del grupo control con medias de 18,64 ciclos, para finalmente ubicarse las respuestas de los cueros a los que se aplicó el 60% de baño de piquel reutilizado (T1), con medias de 15,64 ciclos, como se reporta en el cuadro 6 y se ilustra en el gráfico 6. Es decir que, a mayores porcentajes de baño de piquelado reutilizado elevan la resistencia física de flexometría. Resultados que al ser comparados con la norma técnica IUP 20 (2002), son superiores ya que el mínimo exigido debe ser 15 ciclos antes de producirse el primer daño en la superficie del cuero.

Al aplicar los diferentes porcentajes de baño de piquelado reutilizado, inclusive con el tratamiento control se cumple con esta exigencia de calidad, lo que puede ser corroborado con las apreciaciones de Adzet, J. (2005), quien manifiesta que el reciclar licores del piquelado técnicamente es uno de las mejores métodos creados para evitar la contaminación, consiste en la acidulación de las pieles, con el objeto de evitar el hinchamiento y para fijar las sales de cromo entre las células, lo que provoca el reforzamiento de estas fibras y le da capacidad al cuero para

Cuadro 6. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%).

Nivel de reutilización del baño de piquelado.	PORCENTAJES DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, %.				EE	Prob.
	0% T0	60% T1	80% T2	100% T3		
Resistencia a la flexión, ciclos.	18,92 ab	15,34 b	22,22 a	22,74 a	1,32	0,0019**
Resistencia a la tensión, N/cm <sup>2</sup> .	216,84 a	206,49 a	197,84 a	251,64 a	27,93	0,55ns
Porcentaje de elongación, %.	63,07 a	46,98 b	74,08 a	75,79 a	4,6	0,0006**

Elaborado: Logroño, M. (2013).

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

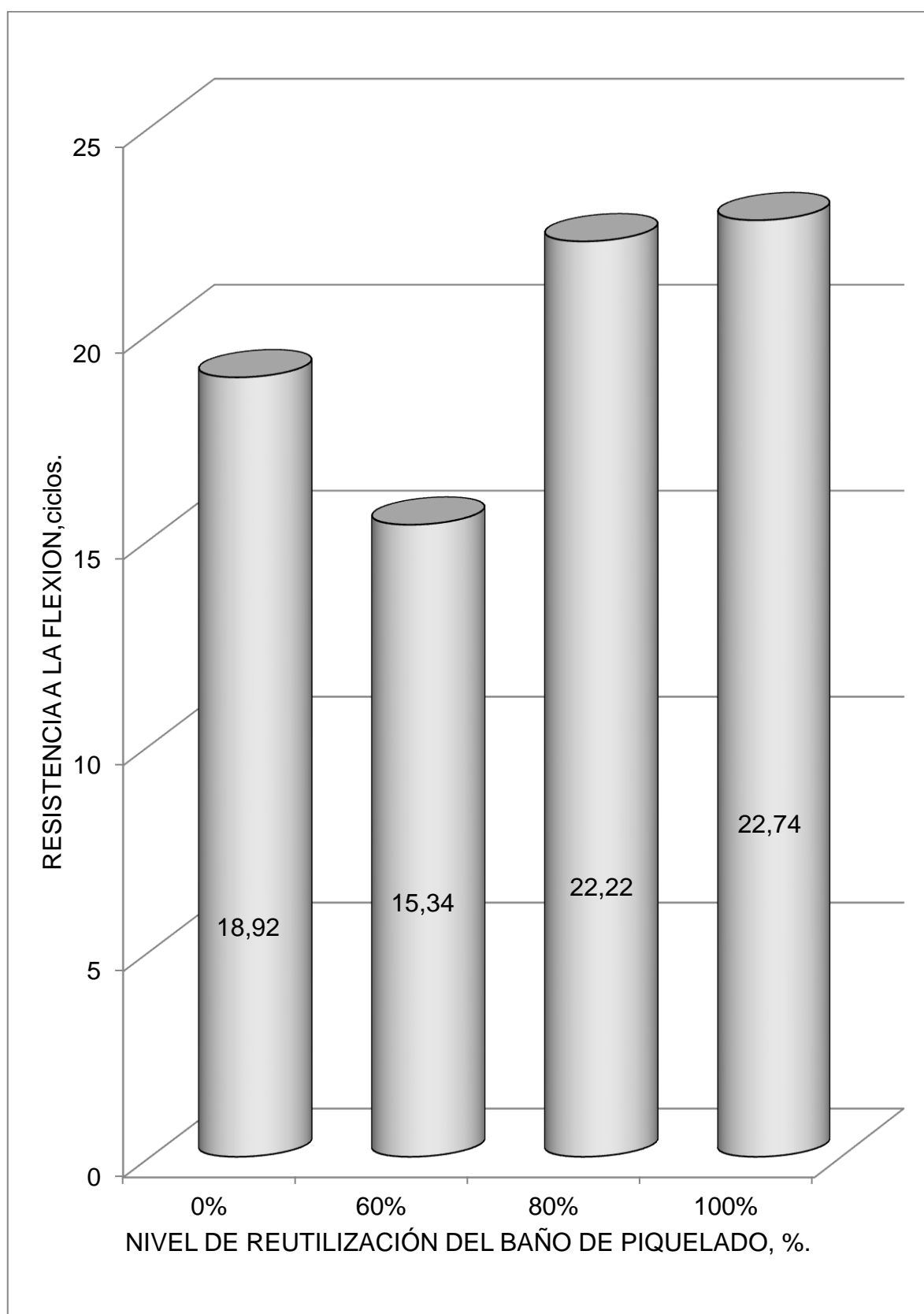


Gráfico 6. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

soportar las flexiones continuadas, tanto en el momento de la confección como en el uso diario, ya que todas las pieles que en su uso práctico se flexionan repetidamente están expuestas a un deterioro de su estructura, especialmente cuando el cuero es destinado a la elaboración de calzado. El ejemplo más característico es el empeine del calzado en su zona de flexión. El defecto más común es el resquebrajamiento del acabado con formación de fisuras o grietas más o menos grandes, aunque también se puede observar un cambio de color debido a la pérdida de la adhesión entre capas de acabado o entre acabado y cuero. En ocasiones se produce la pulverización del acabado. También se pueden presentar daños en el propio cuero, como la formación de gruesos pliegues o incluso la rotura de la capa de flor. El comportamiento a la flexión de un acabado depende de su elasticidad, de su grosor, y de la adherencia con el cuero y entre las diferentes capas.

En el análisis de regresión para la resistencia a la flexión que se ilustra en el gráfico 7, se determinó una tendencia cúbica altamente significativa en la que se establece que partiendo de un intercepto de 18,92 ciclos, al aplicar el tratamiento T1, decrece en 0,99 ciclos para posteriormente al utilizar el tratamiento T2, elevarse en 0,02 ciclos y finalmente decrecer en 0,0001 ciclos, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de 40,49% mientras tanto que el 59,51% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y, que tienen que ver muchas veces con la precisión en el pesaje de los productos químicos, que forman parte de las formulaciones de cada uno de los procesos productivos de transformación de piel en cuero. La ecuación de regresión aplicada fue.

$$\text{Resistencia a la flexión} = 18,92 - 0,99(\%RBP) + 0,02(\%RBP)^2 - 0,0001(\%RBP)^3$$

#### **b. Por efecto de los ensayos**

El efecto que registra los ensayos sobre la resistencia física de flexión del cuero ovino no registro diferencias estadísticas ( $P \geq 0,05$ ), sin embargo, de carácter numérico como se ilustra en el gráfico 8, se aprecia cierta superioridad hacia los

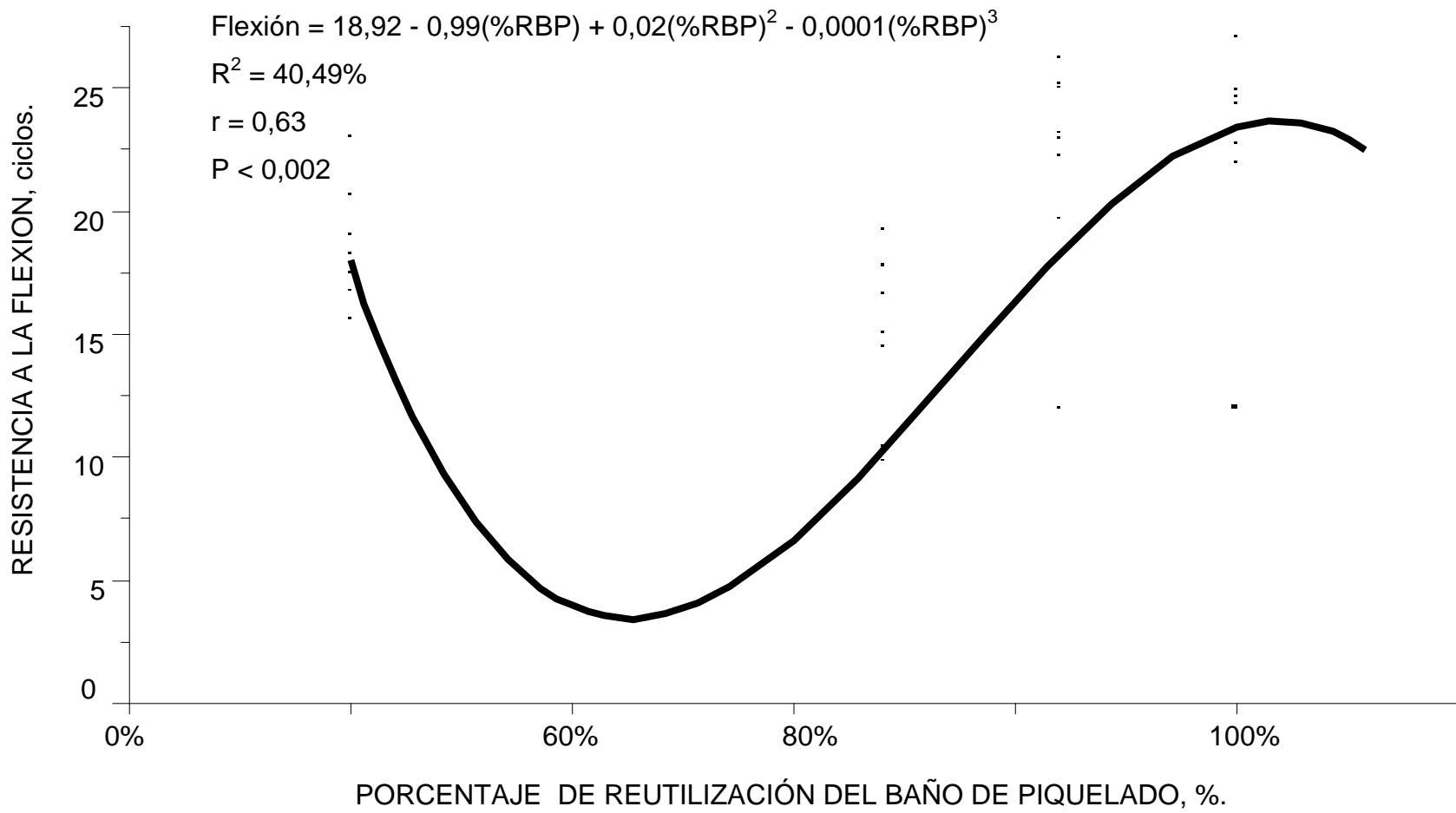


Gráfico 7. Regresión de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

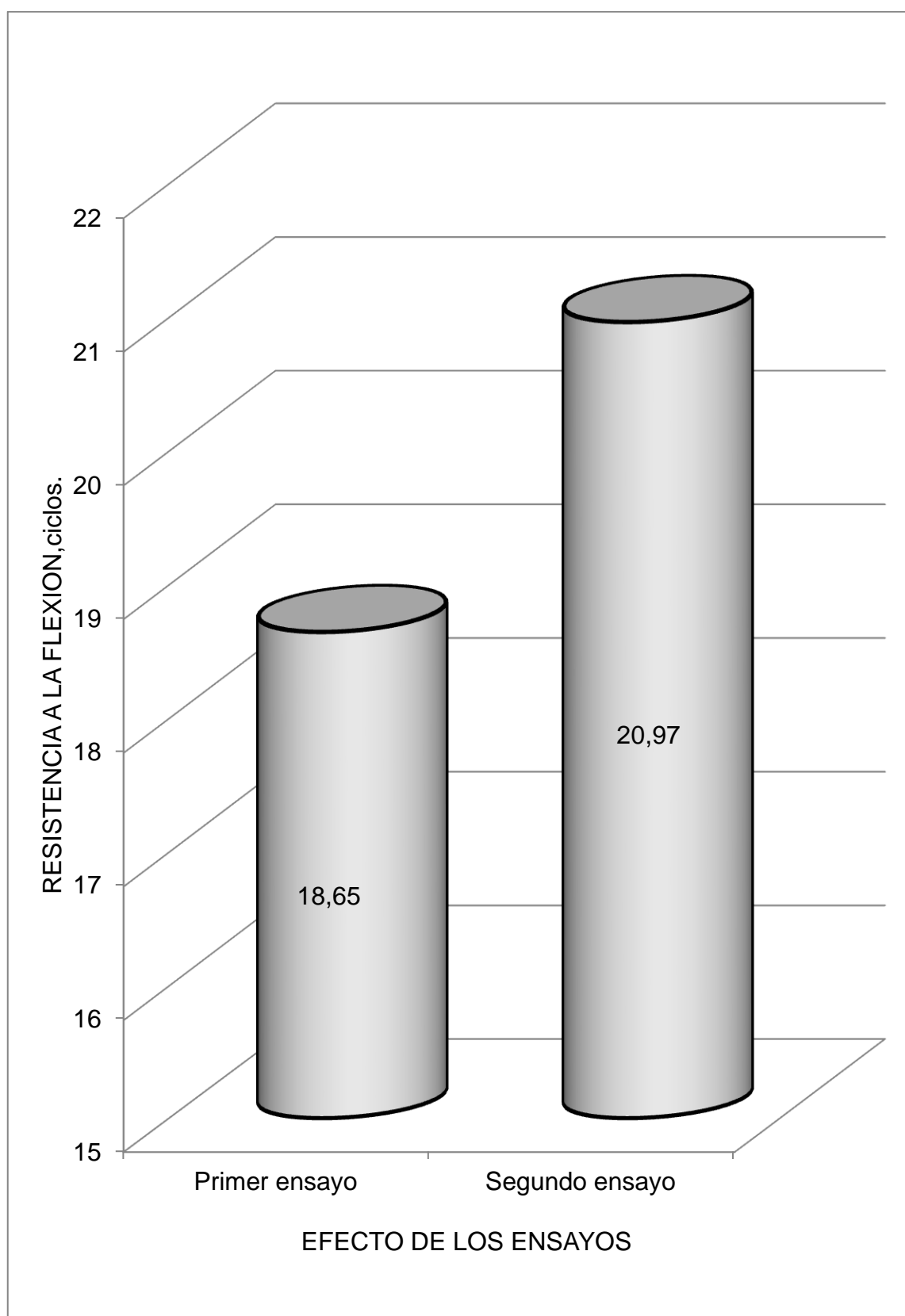


Gráfico 8. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.

resultados del lote de cueros del segundo ensayo ya que las medias fueron de 20,97 ciclos en comparación con los registros obtenidos en el cuero del primer ensayo con medias de 18,65 ciclos. De acuerdo a lo expuesto se aprecia que al producir cueros ovinos reutilizando diferentes porcentajes de baño de piquelado se consigue estandarizar la resistencia física de flexión, ya que se aprecia que al efectuar diferentes lotes de producción en distintos tiempos se repite las características de flexión entre cada uno de ellos, que es un parámetro que se debe tomar muy en cuenta ya que al producir cueros a mayor escala suceden diversos problemas en producción, que no alcance a cumplir con los requerimientos exigidos por los consumidores, por lo tanto resulta muy necesario estandarizar la producción y presentar características similares a sus predecesores, en la investigación no existe diferencias estadísticas entre ensayos se cumple con este principio y se logra satisfacer con las exigencias de los confeccionistas.

### **c. Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

Los valores medios de la resistencia a la flexión del cuero ovino, no reporto diferencias estadísticas ( $P \geq 0,05$ ), entre tratamientos, por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos; sin embargo, de carácter numérico las respuestas más altas son registradas en los cueros del tratamiento T3 (100%), en el segundo ensayo, con medias de 24,90 ciclos y que desciende a 24,32 ciclos en los cueros del tratamiento T2 en el segundo ensayo, ya que las medias fueron de 24,32 ciclos, posteriormente se ubicaron los registros alcanzados en los cueros de los tratamientos T2 (80%); y T3 (100%), en el primer ensayo, con medias de 20,13 ciclos y 20,57 ciclos; a continuación, se ubican las respuestas alcanzadas en los cueros del grupo control tanto en el primero como en el segundo ensayo, con medias de 18,19 ciclos y 19,65 ciclos en su orden finalmente la resistencia a la flexión más baja fue la registrada en el lote de cueros del tratamiento T2 (60%), en el primero como en el segundo ensayo con medias de 15,70 ciclos y 14,99 ciclos; respectivamente, como se ilustra en el gráfico 9.

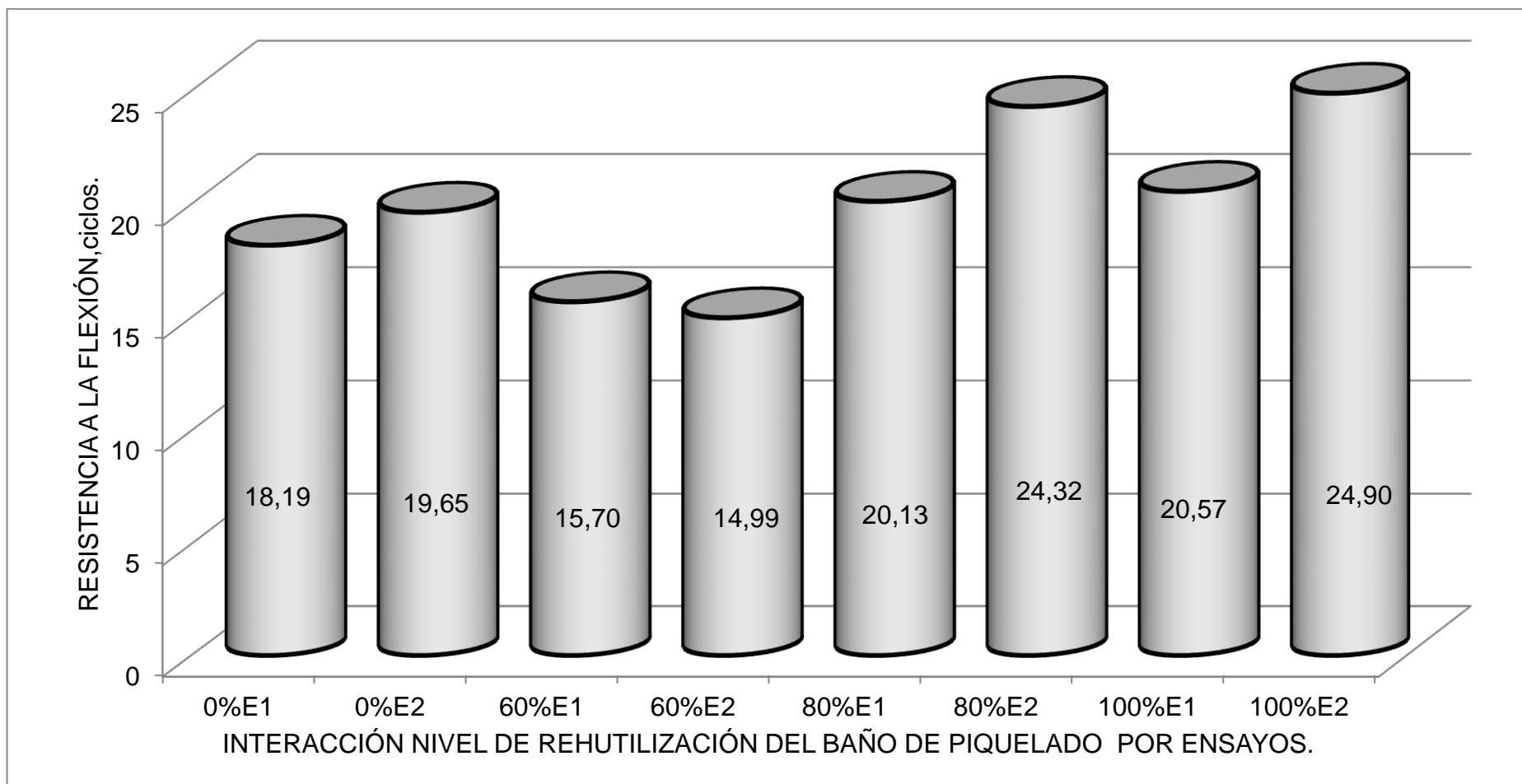


Gráfico 9. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.



De los reportes analizados se deduce que numéricamente los registros de flexión más altos se consiguen al aplicar mayores porcentajes de baño de piquelado (100%), y en el segundo ensayo lo que puede ser corroborado con las apreciaciones de Bühler, B. (2000), quien registra que en las últimas décadas, la evolución de la industria ha llevado emparejada una preocupación creciente por la protección del medio ambiente, propiciada también por la proliferación de legislación, cada vez más restrictiva, en materia de control de vertidos y residuos. Por otro lado, el desarrollo tecnológico actual exige la incorporación al mercado de nuevos sistemas de producción cada vez más respetuosos con el medio ambiente sin perder competitividad, lo que implica la implantación en las industrias de las Mejores Tecnologías disponibles en los procesos industriales, como es la reutilización del baño de piquelado que puede considerarse como un complemento del desencalado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición mineral, por lo tanto al reutilizar este baño se pretende abrir totalmente a las fibras de colágeno para que el cromo sea agotado en un porcentaje más alto y por ende elevar las resistencias físicas del cuero ovino.

## **2. Resistencia a la tensión**

El análisis de varianza de la resistencia a la tensión del cuero ovino, no reportó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), es decir, se obtuvieron resultados análogos, por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado, sin embargo de carácter numérico se aprecia superioridad, hacia los reportes alcanzados en los cueros del tratamiento T3, con medias de  $251,64 \text{ N/cm}^2$ ; seguida de los registros de tensión del grupo control, con medias de  $216,84 \text{ N/cm}^2$ ; al igual que en el tratamiento T1 con medias de  $206,49 \text{ N/cm}^2$ ; mientras tanto que, los resultados más bajos fueron registrados en el lote de cueros del tratamiento T2, con medias de  $197,84 \text{ N/cm}^2$ , como se ilustra en el gráfico 10.

De acuerdo a las apreciaciones indicadas se afirma que, a mayores porcentajes de del baño de piquelado reutilizado se elevan las resistencias físicas del cuero, lo que es corroborado con lo expuesto por Hidalgo, L. (2004), al manifestar que el

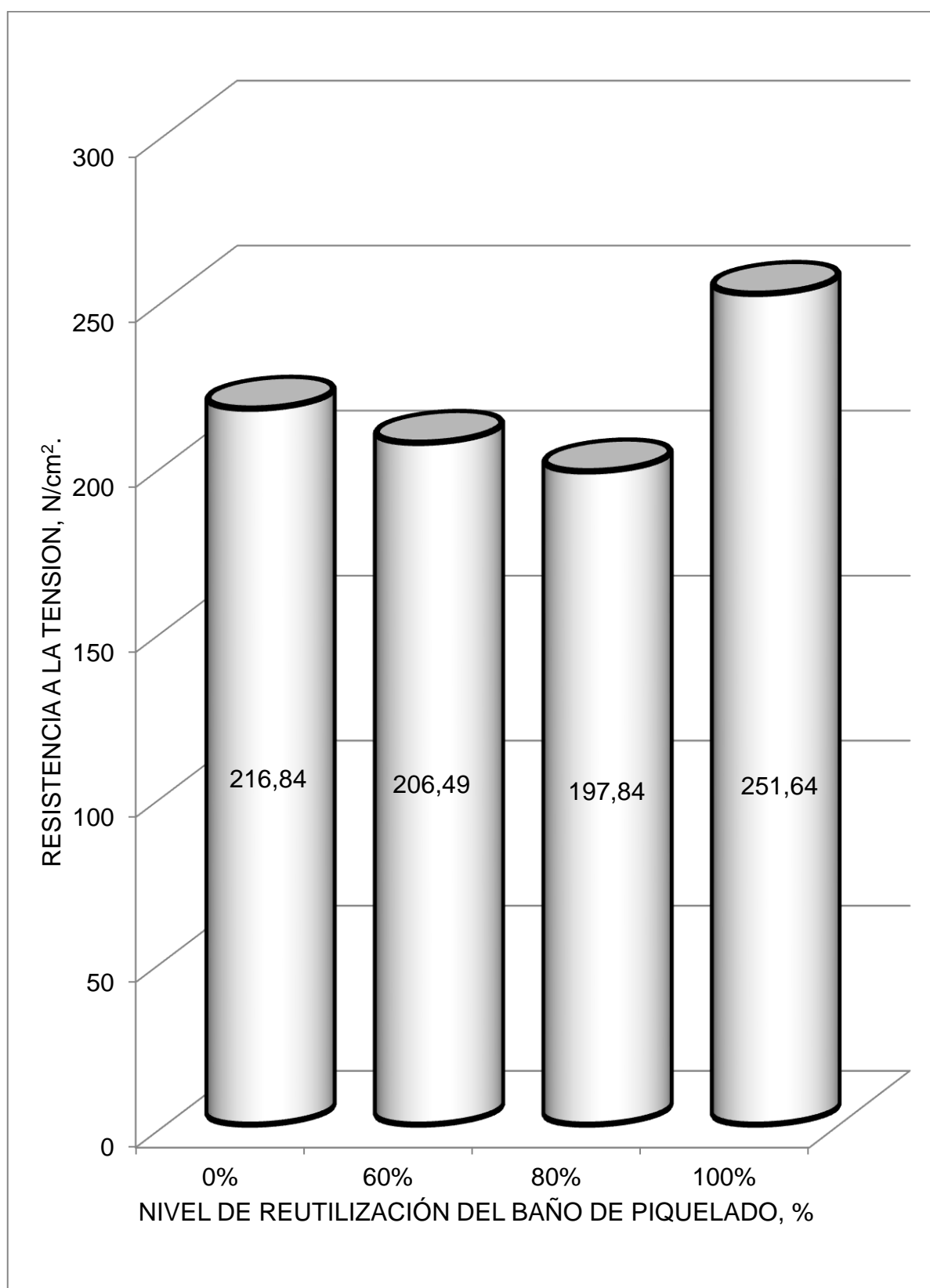


Gráfico 10. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

agua de piquel se puede reutilizar hasta que la concentración de materia orgánica en el baño es tal que se descompone, produciendo malos olores y problemas en el proceso de piquelado. Así pues, tras un periodo de 6 meses toda el agua de reutilizada se habría que verter a la planta depuradora. El contenido en sulfatos en el agua residual de piquel proviene de la adición de ácido sulfúrico con el fin de reducir el pH de 7 a 2.8-3.2, este descenso provoca el fortalecimiento del entretejido fibrilar es decir que las fibras de colágeno se enlacen fuertemente unas a otras de tal manera que cuando se sometan a fuerzas multidireccionales no se produzca la rotura del cuero, debiendo considerarse que todas las pruebas físicas son una simulación del comportamiento del material producido tanto al confeccionar el artículo como ya en el uso práctico, por lo tanto es necesario que su estructura sea fuerte, lo que se consigue al fortalecer el baño de curtido con la reutilización del baño de piquelado.

Los resultados reportados al ser comparados con las normas de calidad IUP 20 (2002), de la Asociación Española de la Industria del Cuero que tiene sus alcancen en la INEN que influye un mínimo de  $150 \text{ N/cm}^2$ , se aprecia que en los tres tratamientos citados se supera ampliamente esta exigencia de calidad para los cueros destinados a la confección de calzado, pero es más notorio en los cueros del tratamiento T3, es decir al reutilizar el baño de piquelado en un 100%; que a representa un beneficio económico muy interesante como también estamos trabajando con técnicas de producción más limpia que disminuyen un alto porcentaje de contaminación en las aguas residuales de una curtiembre.

#### **a. Por efecto de los ensayos**

Los valores medios reportados para la resistencia a la tensión del cuero ovino no reporto diferencias estadísticas ( $P \geq 0,05$ ), entre medias, por efecto de los ensayos como se reporta en el cuadro 7, y se ilustra en el gráfico 11, lo que es indicativo de que el proceso productivo de transformación de piel en cuero transcurre dentro de la normalidad, no difiriendo ningún resultado entre lotes de producción, sin embargo de carácter numérico se parecía cierta superioridad para las

Cuadro 7. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60,80 y 100%), POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.

VARIABLE	POR EFECTO DE LOS ENSAYOS			
	Primer ensayo E1	Segundo ensayo E2	EE	Prob.
Resistencia a la flexión, ciclos.	18,65 a	20,97 a	0,93	0,092
Resistencia a la tensión, N/cm <sup>2</sup> .	213,62 a	222,78 a	19,75	0,746
Porcentaje de elongación, %.	60,07 b	69,88 a	3,25	0,043

Fuente: Logroño, M. (2013).  
 EE: Error estándar.  
 Prob: probabilidad.

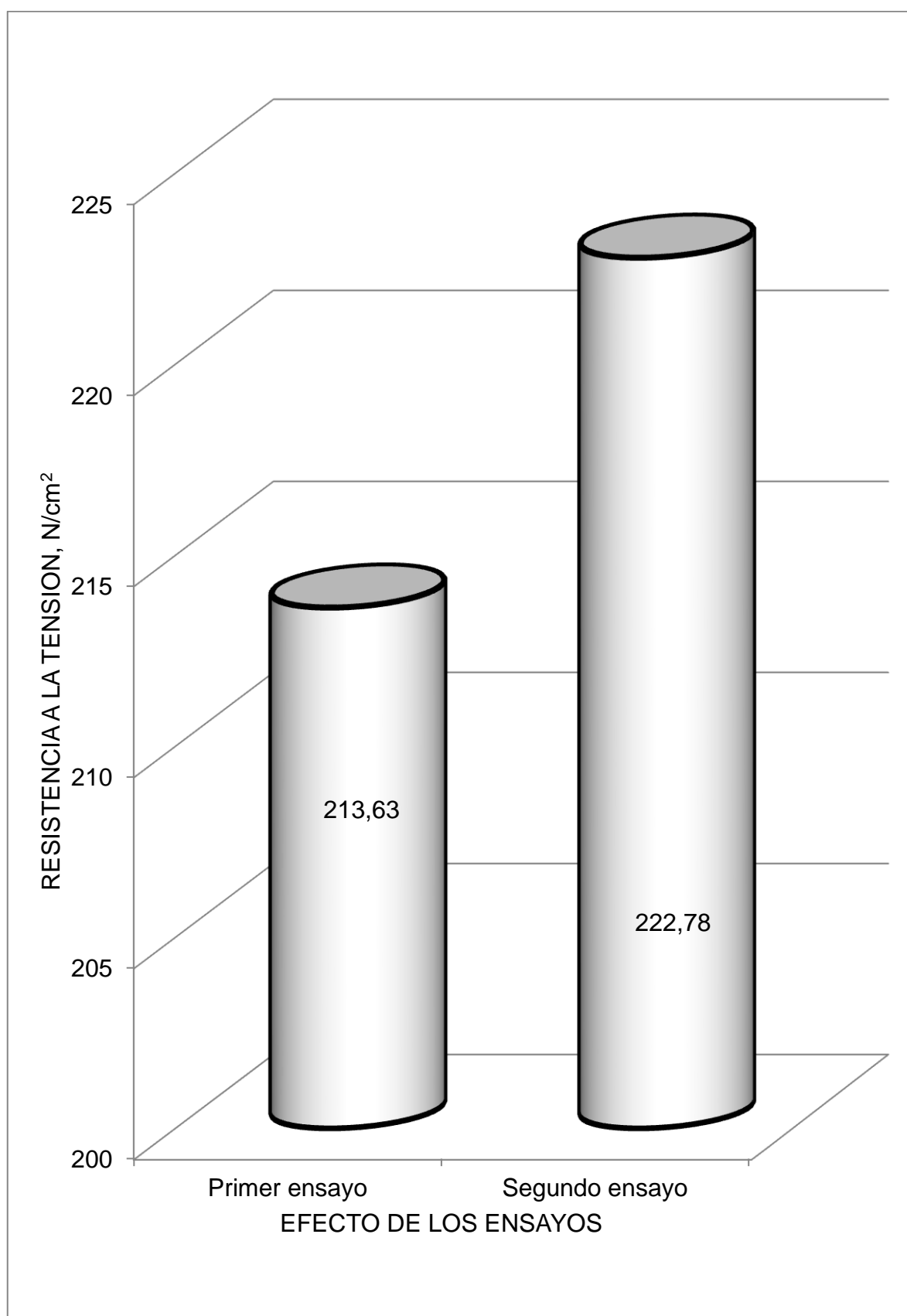


Gráfico 11. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.

respuestas registradas en el lote de cueros del segundo ensayo ya que las medias fueron de 222,78 N/cm<sup>2</sup>, en comparación con las respuestas más bajas que fueron registradas en los cueros del primer ensayo con medias de 213,62 N/cm<sup>2</sup>. Los resultados expuestos demuestran que la aplicación de la tecnología de reutilización del baño de piquel que es donde más cantidad de ácidos se desprende y la exactitud con la que se realizó las formulaciones de curtido, dan como resultado la normalización de la resistencia del cuero ovino, es decir que se puede reproducir este tipo de material las veces que sean necesarias, sin correr el riesgo de que se origine un material diferente a su antecesor, y que resulta fundamental en el ejercicio productivo de una curtiembre ya que muchas veces se presenta el inconveniente de escasos de cuero y los artesanos exigen un producto similar al que adquirieron anteriormente, por lo tanto al controlar este inconveniente estamos en la capacidad de satisfacer las exigencias del mercado.

#### **b. Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

La evaluación del análisis de varianza de la resistencia a la tensión del cuero ovino, no registró diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ),; entre medias por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado en el proceso de curtido, y los ensayos consecutivos, sin embargo numéricamente se aprecia las respuestas más altas al utilizar el 100% baño de piquelado en el segundo ensayo con medias de 266,36 N/cm<sup>2</sup>, y que desciende a 244,19 N/cm<sup>2</sup>, en los cueros del grupo control en el segundo ensayo (0%E2), y que son similares a la tensión reportada en los cueros del tratamiento T3, en el primer ensayo, (100%E1), con 236,92 N/cm<sup>2</sup>, seguida de los resultados registrados en los cueros del tratamiento T1 en el primer ensayo (60%E1), con 227,72 N/cm<sup>2</sup>, a continuación se ubican los reportes alcanzados en los cueros del tratamiento T2 tanto en el primero como en el segundo ensayo (80%E1 y 80%E2), ya que las medias fueron de 200,37 N/cm<sup>2</sup> y 195,31 N/cm<sup>2</sup> en su orden, para finalmente de carácter numérico registrarse los resultados más bajos al trabajar con el tratamiento T2 en el segundo ensayo cuyas medias fueron de 185,27 N/cm<sup>2</sup>, como se ilustra en el gráfico 12.

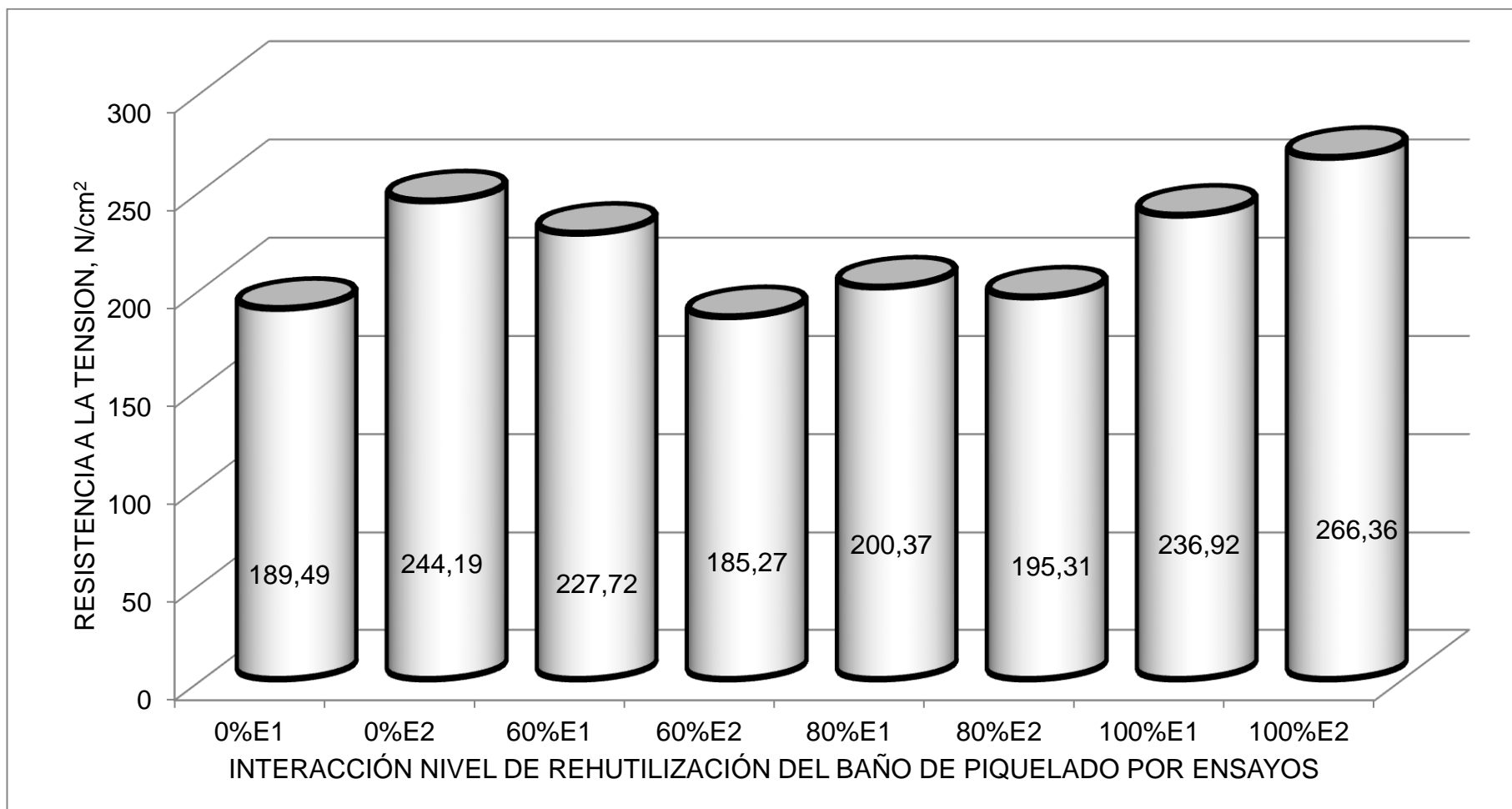


Grafico 12. Comportamiento de la resistencia a la tensión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.

Resultados que permiten estimar que la dentro de los procesos en las curtiembres, la reutilización es una de las alternativas más atractiva y más aún del 100% del baño de piquel en el curtido de pieles ovinas que incrementaron la resistencia a la tensión del cuero, una gran ventaja de los sistemas de recirculación es la gran reducción de la salinidad de las aguas de desecho. Esto se da a que la sal y el ácido penetran más rápido la piel que el mismo cromo. La reutilización de los licores del baño de piquelado, trae, como ventaja principal, la reducción de la salinidad de los efluentes y una disminución en el consumo de ácido sulfúrico, por ende no se altera el entretejido fibrilar sin disminuir sus resistencias físicas.

### **3. Porcentaje de elongación**

Los valores medios obtenidos del porcentaje de elongación de los cueros ovinos curtidos con diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado, reportaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ), entre las medias de los tratamientos. Por lo que la separación de medias reporta las respuestas más altas al utilizar el tratamiento T3, (100%), con 75,79%, y que desciende a 74,08% en los cueros del tratamiento T2 (80%); seguido de los resultados registrados en los cueros del grupo control (T0), con 63,07%; mientras tanto que la elongación más baja fueron los alcanzados por los cueros del tratamiento T1 (60%), cuyas medias fueron de 46,98 %, como se ilustra en el gráfico 13.

Los datos reportados tienen su fundamento en lo expuesto por Córdova, R. (2009), quien afirma que la ventaja de la aplicación de la técnica de reutilización del baño de piquelado radica en una recuperación del 80% de la sal empleada y una reducción en el consumo de ácido sulfúrico del 25%. Los efluentes más contaminantes de una curtiembre son los de piquelado; por tanto, se pretende reciclarlos, la finalidad de este proceso es acidular, hasta un determinado pH, las pieles en tripa antes de la curtición al cromo, con ello se logra bajar el punto isoeléctrico de la piel, con el fin de facilitar que el curtiente penetre en la piel, en todo su corte transversal. Los efluentes de piquelado y curtido deben ser acondicionados antes del reciclaje; para ello, se somete al efluente a



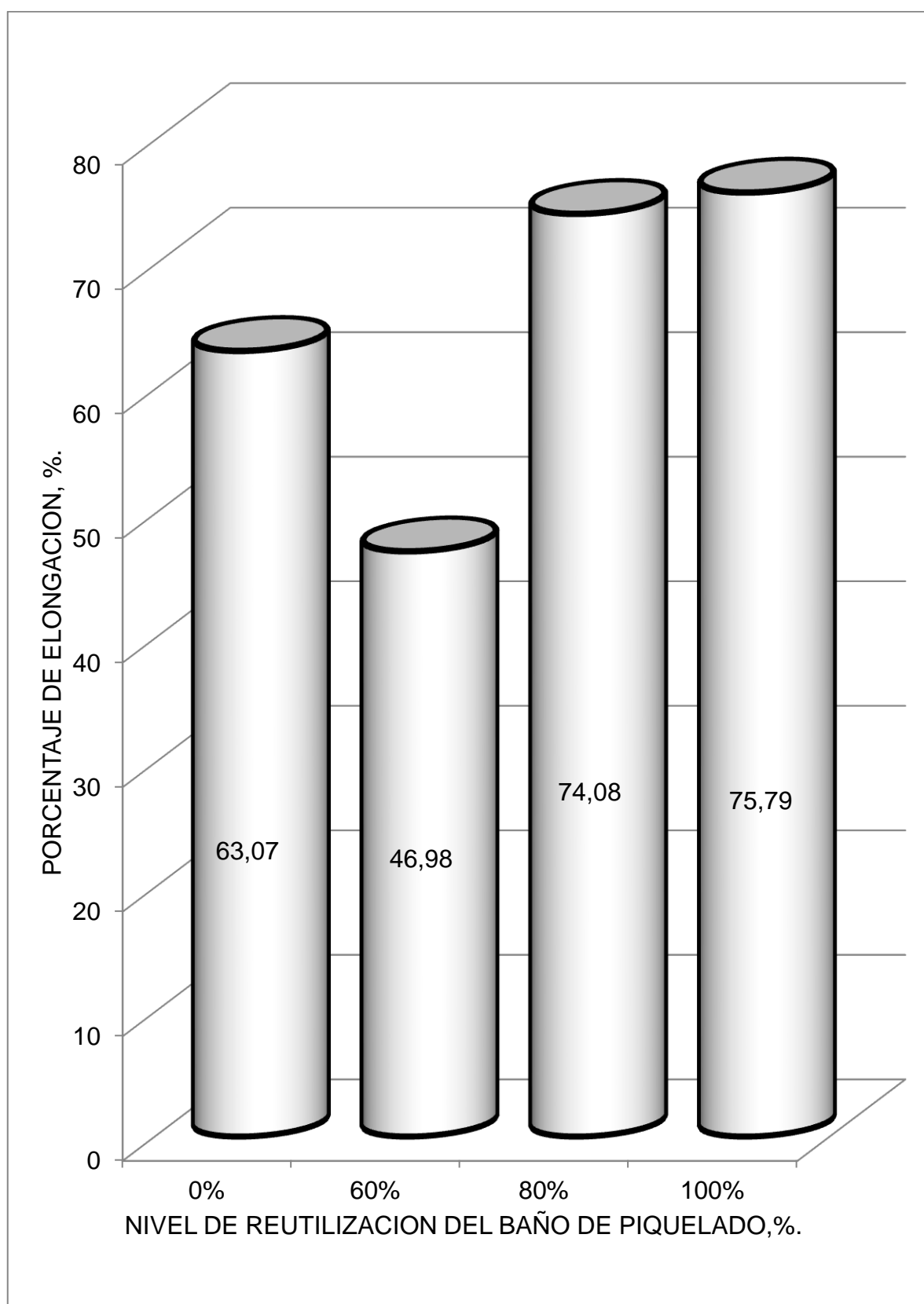


Gráfico 13. Comportamiento del porcentaje de elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes (0, 60, 80 y 100%).

sedimentación primaria, coagulación-floculación y sedimentación secundaria; y, al de curtido a sedimentación primaria. Mediante estas operaciones unitarias primarias, se consigue que los efluentes cuenten con características para el reciclaje de los mismos, ya que presentan un intenso olor, color, pH ácido, elevada conductividad y DQO, previo el acondicionamiento de insumos químicos hasta alcanzar las concentraciones necesarias para el pelambre y curtido respectivamente, ya que si no se realiza estos procesos se afectan las resistencias físicas del cuero específicamente la elongación que es muy importante ya que si el destino final de los cueros es calzado se puede deformar fácilmente el artículo tanto en la confección como en el uso, y si es carteras no se moldearán fácilmente específicamente en la zona de los ojales y de las costuras pudiendo inclusive producirse el resquebrajamiento de la estructura fibrilar y a su vez se deformarán en un corto periodo de tiempo.

De acuerdo a los resultados anteriormente expuestos se afirma que mayores porcentajes de reutilización del baño de piquelado, aplicado a los licores del curtido de cueros ovinos elevan el alargamiento de las fibras de colágeno, permitiendo obtener un material bastante moldeable tanto en el momento de la elaboración del artículo final como en el uso diario sin provocar molestias al usuario, además al ser comparados con la Norma de calidad IUP 6 (2002), de la Asociación Española en la Industria del Cuero, que infiere como límites permitidos que van de 40 80%, se aprecia que en todos los tratamientos estudiados, se cumple con esta exigencia de calidad.

Al realizar el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 14, se aprecia una tendencia cubica altamente significativa donde se infiere que con porcentajes bajos de reutilización del baño de piquelado (60%), la elongación tiende a decrecer, para posteriormente al elevar la cantidad de reutilización del baño de piquelado en el curtido de pieles ovinas (80%), la elongación elevarse en forma altamente significativa y finalmente al incrementar el porcentaje de baño de piquelado más allá del 100%; la elongación volverá a decrecer. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que fue del 45,84% demuestra una dependencia alta de la elongación, en función de los diferentes porcentajes de reutilización del baño de

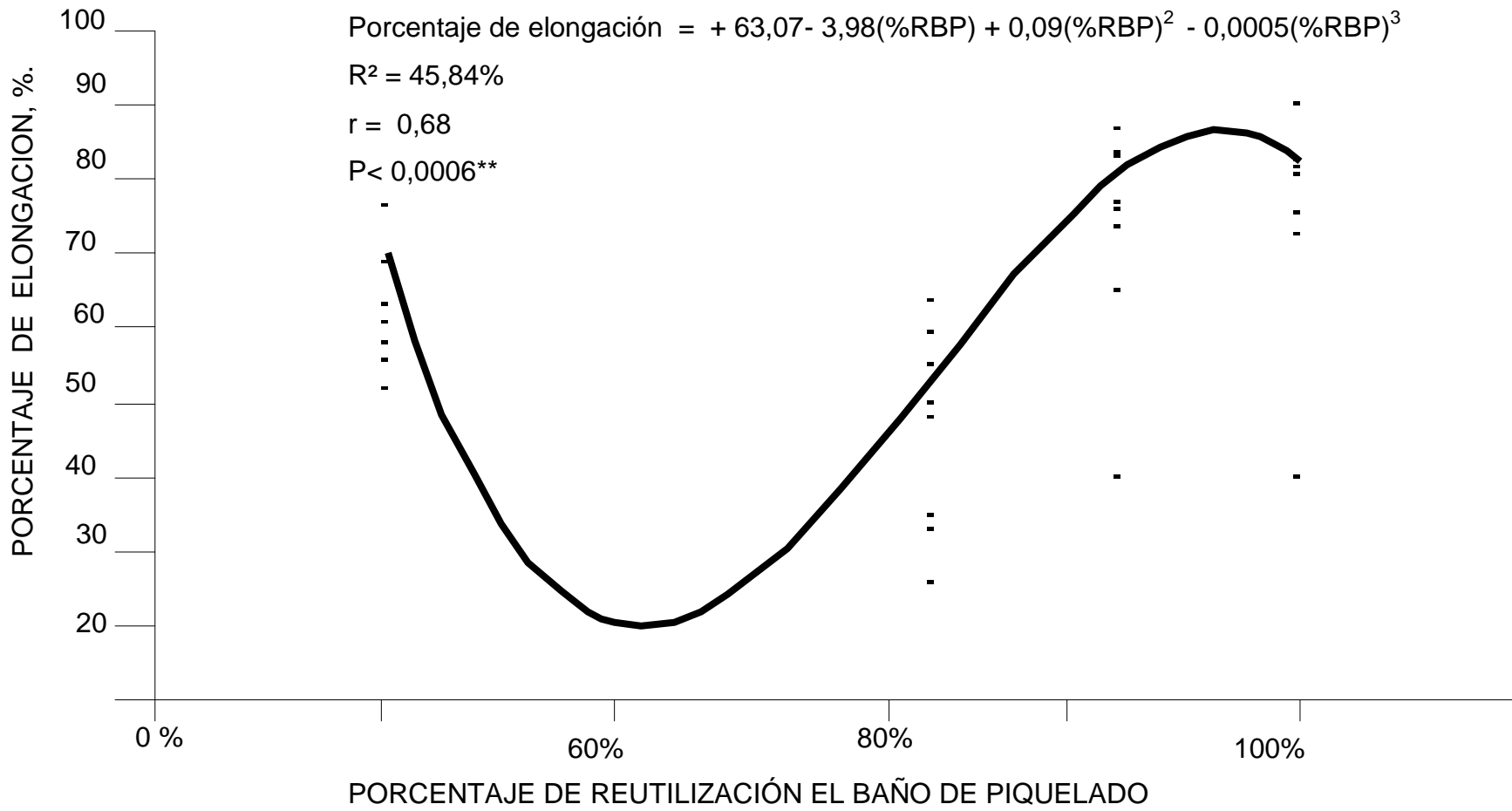


Gráfico 14. Regresión del porcentaje de elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

piquelado, lo que es corroborado con el coeficiente de correlación que al ser del 0,68, induce una asociación positiva alta. La ecuación de regresión fue:

$$\text{Porcentaje de elongación} = 63,07 - 3,98(\%RBP) + 0,09(\%RBP)^2 - 0,0005(\%RBP)^3$$

#### **a. Por efecto de los ensayos**

Los valores medios reportados del porcentaje de elongación de los cueros ovinos curtidos con diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado, registro en el análisis de varianzas estadísticas ( $P < 0,01$ ), por lo que la separación de medias establece los resultados más altos en el lote de cueros del segundo ensayo, ya que las medias fueron de 69,88%; en comparación con los registros alcanzados en el primer ensayo que fueron de 60,07% y que fueron los más bajos, como se ilustra en el gráfico 15.

Siguiendo la premisa de que los ensayos fueron realizados en un ambiente controlado y que los procesos fueron en forma consecutiva las diferencias registradas únicamente pueden deberse a que se cumple estrictamente la aleatoriedad de la experimentación es decir que la forma de asignación de los diferentes tratamientos entre ensayos fueron realizadas al azar y que de acuerdo a esto le correspondió las pieles con ligeramente de mejor calidad, con lo que se consiguió un producto superior, otro de los factores que influyeron en las diferencias son la procedencia del baño ya que se lo tomó de varias muestras de piquelado de diferentes autores y por ende el nivel de ácidos con lo que se encontraba su composición pudo ser diferente y pese a que se procuró la normalización de estos baños no se consiguió en forma total.

Sin embargo e acuerdo a lo expuesto en <http://www.info@cueronet.com>.(2012), quien manifiesta que el porcentaje de elongación a la ruptura es la diferencia entre la separación final y la separación inicial de las fibras de colágeno al ejercer sobre la superficie del cuero una fuerza de estiramiento

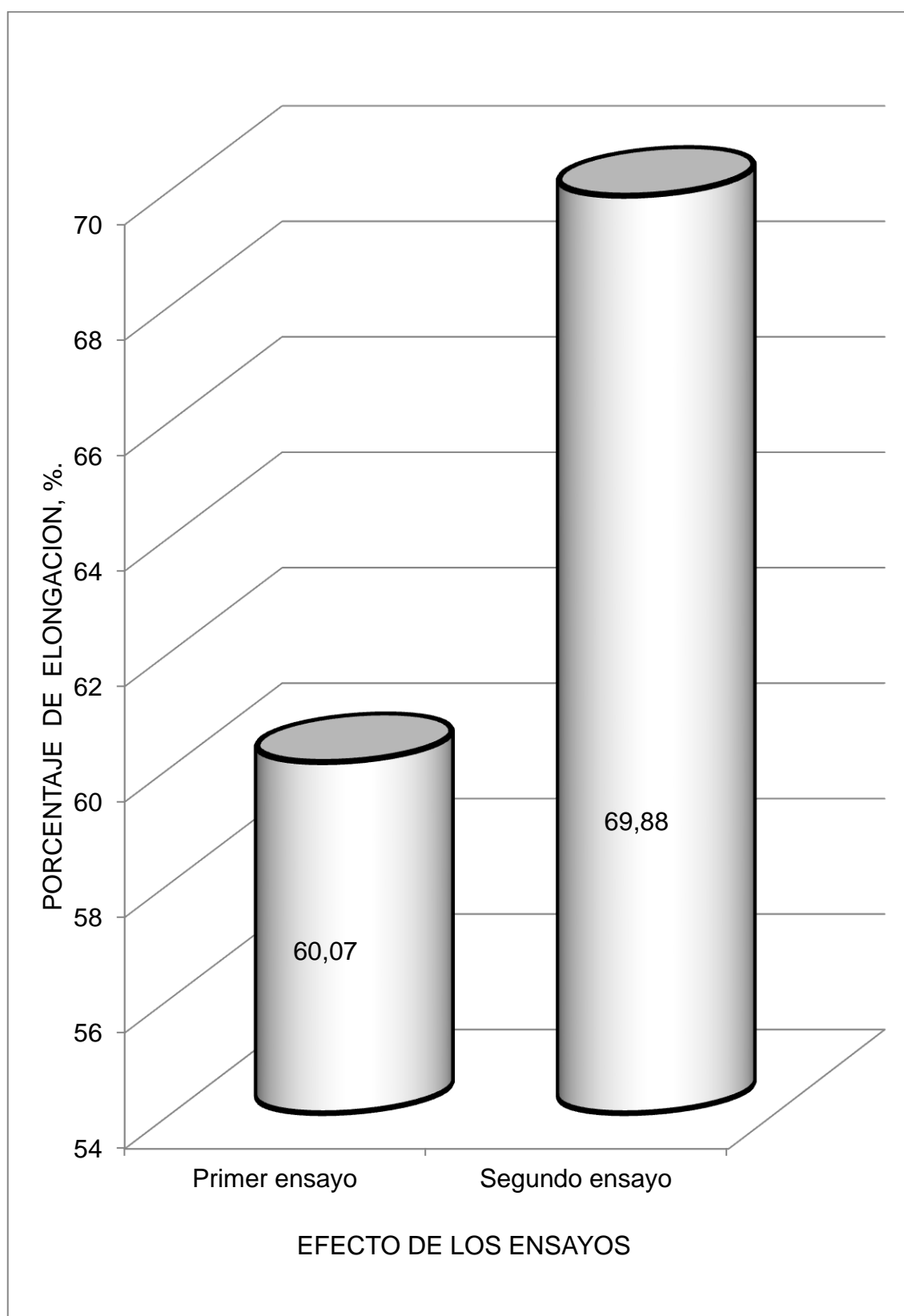


Gráfico 15. Comportamiento del porcentaje e elongación del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.

homogénea, determinándose que el porcentaje de alargamiento aceptable del cuero hasta su ruptura de acuerdo a las Normas de la Asociación Española en la Industria del Cuero (2002), es de 40-80% por lo tanto al referirnos a los valores medios obtenidos en el presente trabajo experimental se pudo observar que al realizar el segundo ensayo se superan ampliamente.

#### **4. Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

El análisis de varianza del porcentaje de elongación, no estableció diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), por efecto de la interacción entre los porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos sin embargo de carácter numérico se observa superioridad en los cueros del tratamiento T3 del segundo ensayo (100%E2), con 83,01%, seguido de la elongación del tratamiento T2 en el segundo ensayo,( 80%E2), con 81,06%; a continuación se ubicaron los registros obtenidos en los cueros del tratamiento T2 y T3 en el primer ensayo (80%E1 y 100% E1), ya que las medias fueron de 68,57% 67,09% en su orden, a continuación se ubican los resultados de elongación alcanzados en el grupo control tanto en el primero como en el segundo ensayo (0%E2 y 0%E1), con 65,50% y 60,64% respectivamente, mientras tanto que los resultados más bajos numéricamente fueron establecidos en las parcelas del tratamiento T2, (60%E2 y 60%E2), y en el primero y segundo ensayo con medias de 43,99% y 49,97%, como se reporta en el cuadro 8, y se ilustra en el gráfico 16.

Según <http://www.cuernet.com>.(2013), cuando los baños de curtición y piquelado se separan, el reciclado de los baños de piquelado pueden economizar hasta un 80% de sal y del 20 al 25% de ácido fórmico o sulfúrico, estos ácidos hacen un aporte de protones los cuales se enlazan con el grupo carboxílico, permitiendo la difusión del curtiente en el interior de la piel. Cuando están unidos, el mayor ahorro viene del ácido sulfúrico. Para pieles de oveja lanares, el reciclado de baños de piquelado y eventualmente de desencalado, usar grandes baños por encima del 100% es una práctica corriente que da buenos resultados. Generalmente se asocia al reciclado del baño con cromo. La concentración de sal

Cuadro 8. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO OVINO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES PORCENTAJES (0, 60,80 y 100%), DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, Y LOS ENSAYOS.

EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS PORCENTAJES DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO Y LOS ENSAYOS									EE	Prob.
VARIABLE	0% E1 T0E1	0%E2 T0E2	60% E1 T1E1	60% E2 T1E2	80% E1 T2E1	80% E2 T2E2	100% E1 T3E1	100% E2 T3E2		
Resistencia a la flexión, ciclos.	18,19 b	19,65 ab	15,70 b	14,99 b	20,13 ab	24,32 a	20,57 ab	24,90 a	1,8 7	0,49
Resistencia a la tensión, N/cm <sup>2</sup> .	189,4 9 a	244,1 9 a	227,7 2 a	185,2 7 a	200,3 8 a	195,3 1 a	236,9 2 a	266,3 6 a	39, 5	0,64
Porcentaje de elongación, %.	c 60,64 d	65,5 cd	43,99 d	49,97 d	67,09 bc	68,57 bc	81,06 cd	83,01 a	6,5	0,82

Fuente Logroño, M. (2013).

EE: error 71 estándar

Prob: probabilidad.

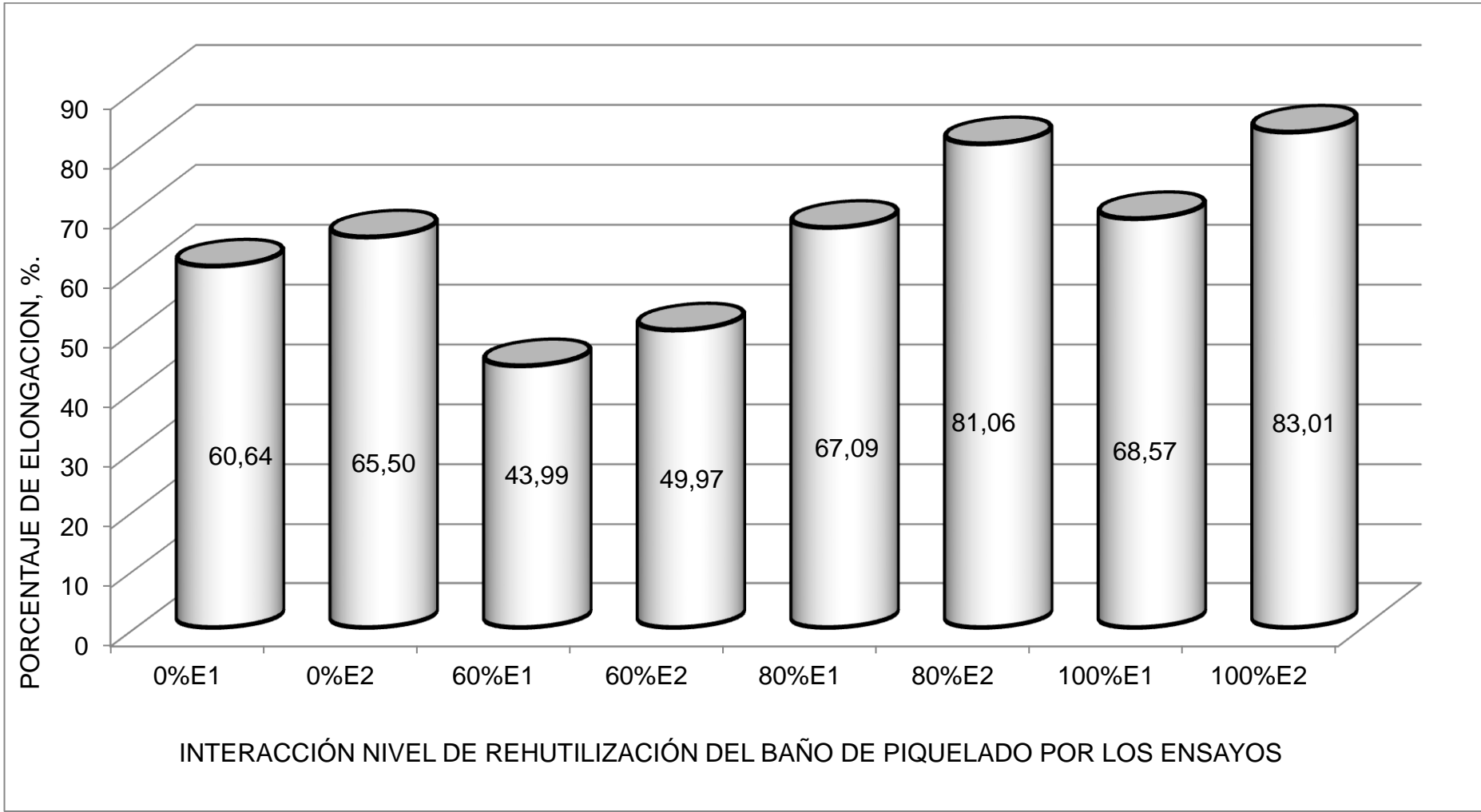


Gráfico 16. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.



en baños de piquelado puede reducirse utilizando agentes que no produzcan hinchamiento lo que conlleva a una pérdida de la elongación del cuero y por lo tanto dificulta en el momento del moldeado de la prenda.

## **B. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES**

### **1. Llenura**

#### **a. Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado**

La evaluación sensorial de los cueros ovinos determinó para la llenura, diferencias altamente significativas entre medias, ( $P < 0,001$ ), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la reutilización de diferentes porcentajes de baño de piquelado, por lo que la separación de medias establece las puntuaciones más altas en los cueros del tratamiento T3 (100%), con 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), seguida por los registros obtenidos en los cueros del tratamiento T2 (80%), con 3,75 puntos y condición muy buena según la mencionada escala, a continuación se ubican los resultados del tratamiento T1 (60%), con 3,38 puntos y condición buena; mientras tanto que las calificaciones más bajas fueron establecidas en los cueros del grupo control (T0), con 2,38 puntos y condición baja, como se reporta en el cuadro 9, y se ilustra en el gráfico 17.

De acuerdo a lo expuesto los resultados expresados indican una proyección del producto desde una perspectiva sensorial, y que tiene un campo de acción más amplio, ya que la transformación y el tratamiento técnico profundo de los cueros no es la única manera de otorgar cualidades sensoriales al producto sino que es posible que sean concebidos sensorialmente a diversos porcentajes, es decir es posible otorgar cualidades sensoriales a través procesos sofisticados como es la recirculación que según <http://www.unac.edu.pe/com>.(20113), el reciclar licores del piquelado es una de las mejores tecnologías creadas para evitar la

Cuadro 9. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60, 80 y 100%).

VARIABLE	PORCENTAJES DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO,%.				EE	Prob.
	0% T0	60% T1	80% T2	100% T3		
Llenura, puntos.	2,38 c	3,38 b	3,75 b	4,75 a	0,18	0,0001
Blandura, puntos.	2,38 d	3,25 c	3,88 b	4,5 a	0,18	0,0001
Turgencia de flor, puntos.	2,25 d	2,75 c	3,5 b	4,75 a	0,17	0,0001

Fuente: Logroño, M. (2013),  
 EE: Error estándar.  
 Prob: Probabilidad.

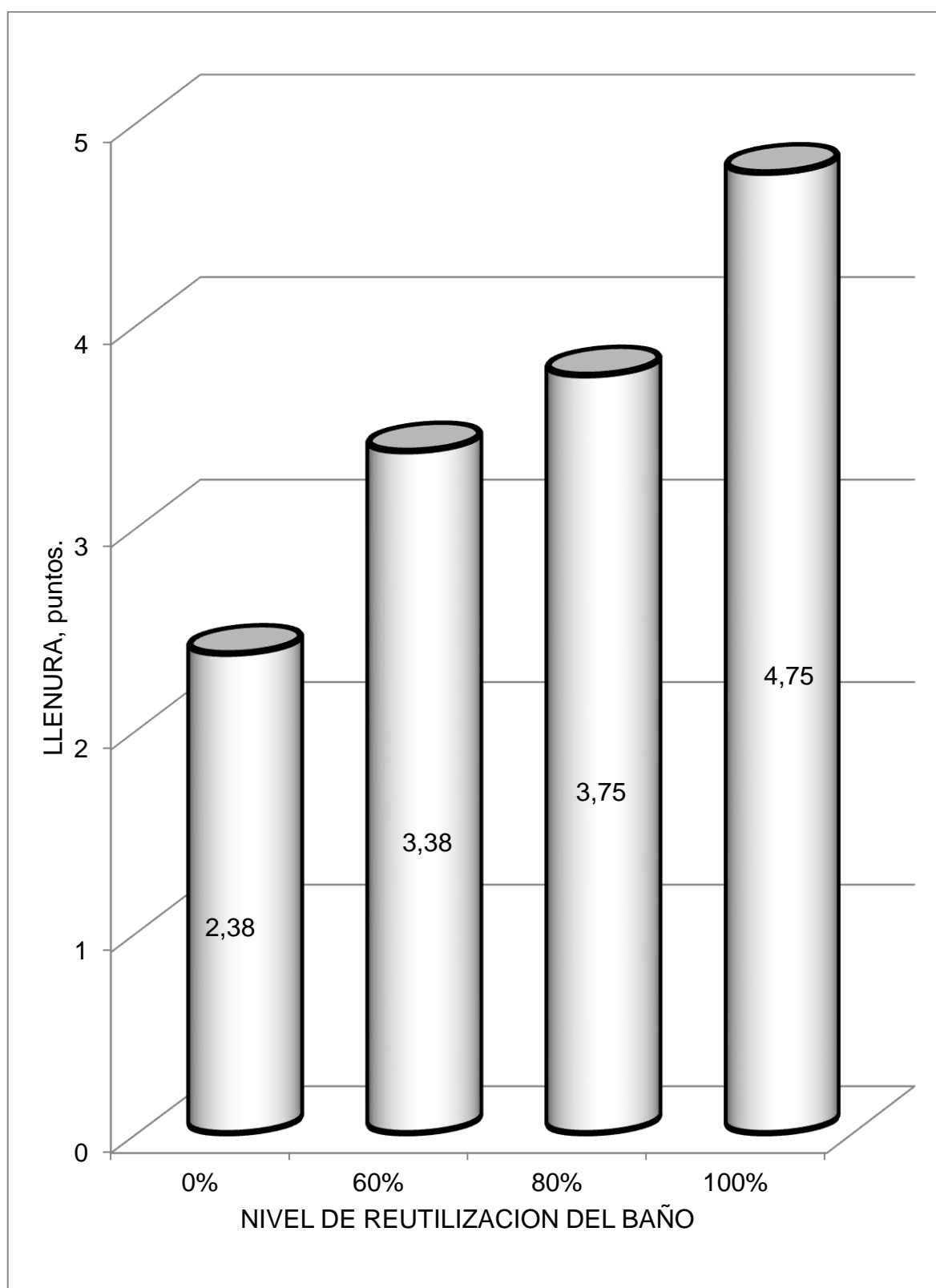


Gráfico 17. Comportamiento de la llenura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

contaminación, en general en la recirculación consiste en la acidulación de las pieles, con el objeto de evitar el hinchamiento y para fijar las sales de cromo entre las células para que al ser aplicados en el curtido se abran las fibras de colágeno y pueda ingresar todo el material curtiente necesario sin producir el hinchamiento exagerado que provocará una llenura exagerada y por ende un efecto acartonado, grueso y sobre todo inapropiado para la confección del artículo deseado, como puede ser calzado o marroquinería. Después de la recolección de los licores de piquel en un recipiente o en tanque adecuado, el licor utilizado pasa por un tamiz y está listo para ser utilizado en el proceso de curtiembre.

En el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 18, se aprecia una tendencia lineal positiva altamente significativa, donde se infiere que partiendo de un intercepto de 2,25 puntos la llenura se eleva en 0,02 puntos por cada unidad de cambio en el nivel de recirculación de baño de piquelado que será aplicado al proceso de curtido de las pieles ovinas. Así como también se aprecia un coeficiente de determinación  $R^2$  del 71,76%; mientras tanto que el 28,24% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación, que tiene que ver sobre todo con la calidad de la materia prima es decir las pieles que al no ser bien seleccionadas pueden presentar defectos naturales o adquiridos en la conservación que impiden el ingreso de los productos curtientes y desmejoran la calidad física de los cueros que se han producido. La ecuación de regresión lineal utilizada fue.

$$\text{Llenura} = 2,25 + 0,02 (\%RBP),$$

#### **b. por efecto de los ensayos**

Los valores medios alcanzados de la llenura de los cueros ovinos curtidos con diferentes porcentajes de reutilización de baños de piquelado, por efecto de los ensayos, que se ilustran en el gráfico 19, no reportaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo de carácter numérico se aprecia superioridad hacia los reportes del segundo ensayo con medias de 3,69 puntos y calificación

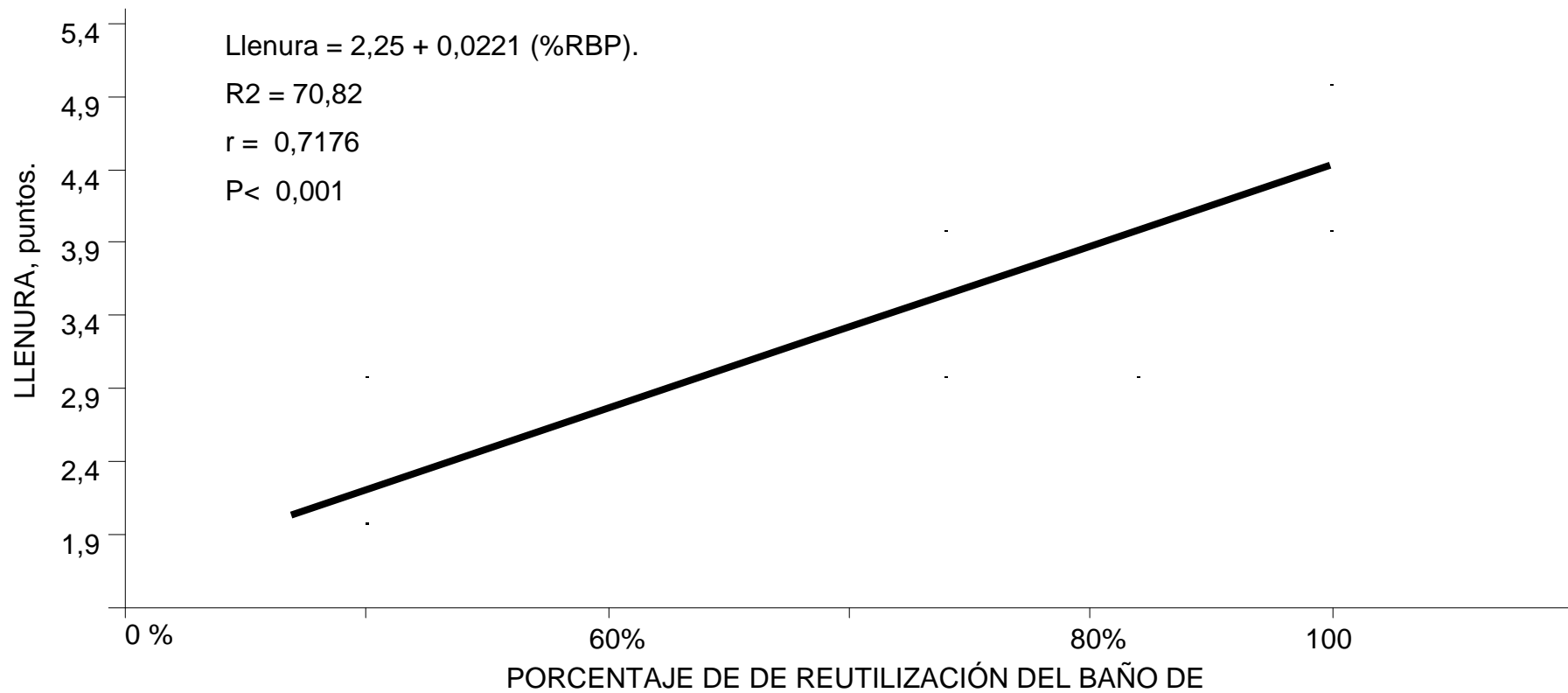


Gráfico 18. Regresión de la llenura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

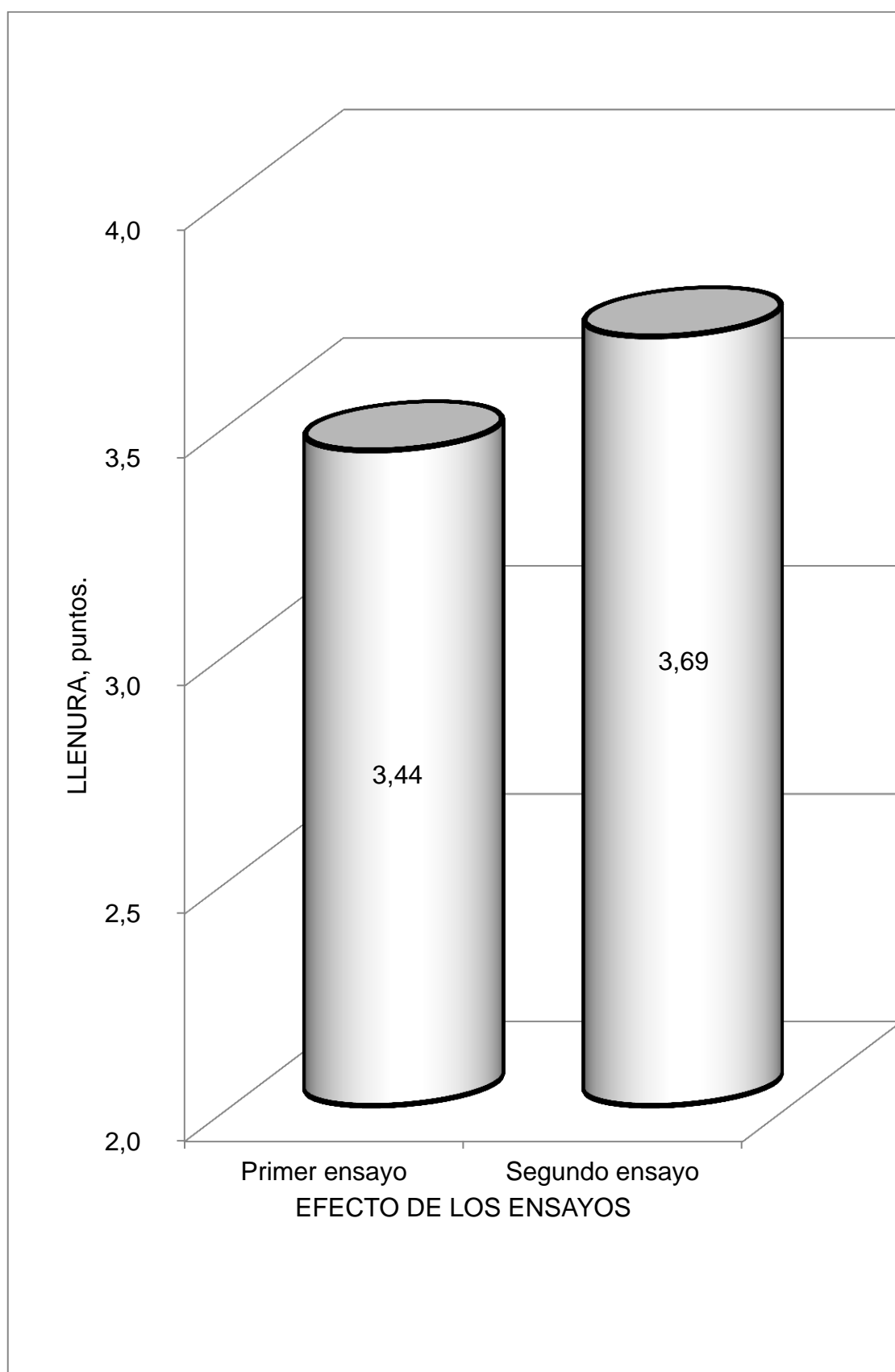


Gráfico 19. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.

buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), y que desciende a 3,44 puntos según la mencionada escala en los cueros del primer ensayo , conservando la condición de buena. Es decir que aleatoriamente en el segundo ensayo se ubicaron las pieles que receptaron la reutilización del baño de piquelado en forma más eficiente y de esta manera se produjo el aflojamiento ideal de las fibras colagenicas para que la transformación de piel en cuero se cumpla con mayor eficiencia, es decir nos referimos a la manera más natural y simple de otorgar cualidades sensoriales al producto, específicamente de llenura, en este sentido hay que tomar muy en cuenta que no le corresponde la mayor calificación de esta variable sensorial a los cueros ovinos que estén más llenos si no en los que se aprecia subjetivamente una mejor ubicación del curtiente dentro del entretejido fibrilar de tal manera que no se aprecie por medio el tacto un efecto abombado o todo lo contrario una sensación de un cuero muy vacío

### **c. Por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

En la evaluación de la llenura de los cueros ovinos, no se registraron diferencias estadísticas por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos, sin embargo de carácter numérico se aprecia superioridad en las respuestas registradas en los cueros del tratamiento T3 en el segundo ensayo, ( 100%E2), alcanzando una puntuación de 5,0 puntos y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), seguida de los registros reportados en el tratamiento en mención pero en el primer ensayo, (100%E1), ya que las medias fueron de 4,50 puntos y condición muy buena, a continuación se ubicaron las respuestas de llenura registradas en los cueros del tratamiento T2, tanto en el primero como en el segundo ensayo (80%E1 y 80%E2), con medias de 3,75 puntos para los dos casos en estudio, y condición muy buena, a continuación se ubicaron los resultados alcanzados en los cueros del tratamiento T1, en el primero como en el segundo ensayo, (60%E1 y 60%E2), y con medias de 3,25 y 3,50 puntos y condición buena, como se ilustra en el gráfico 20 .

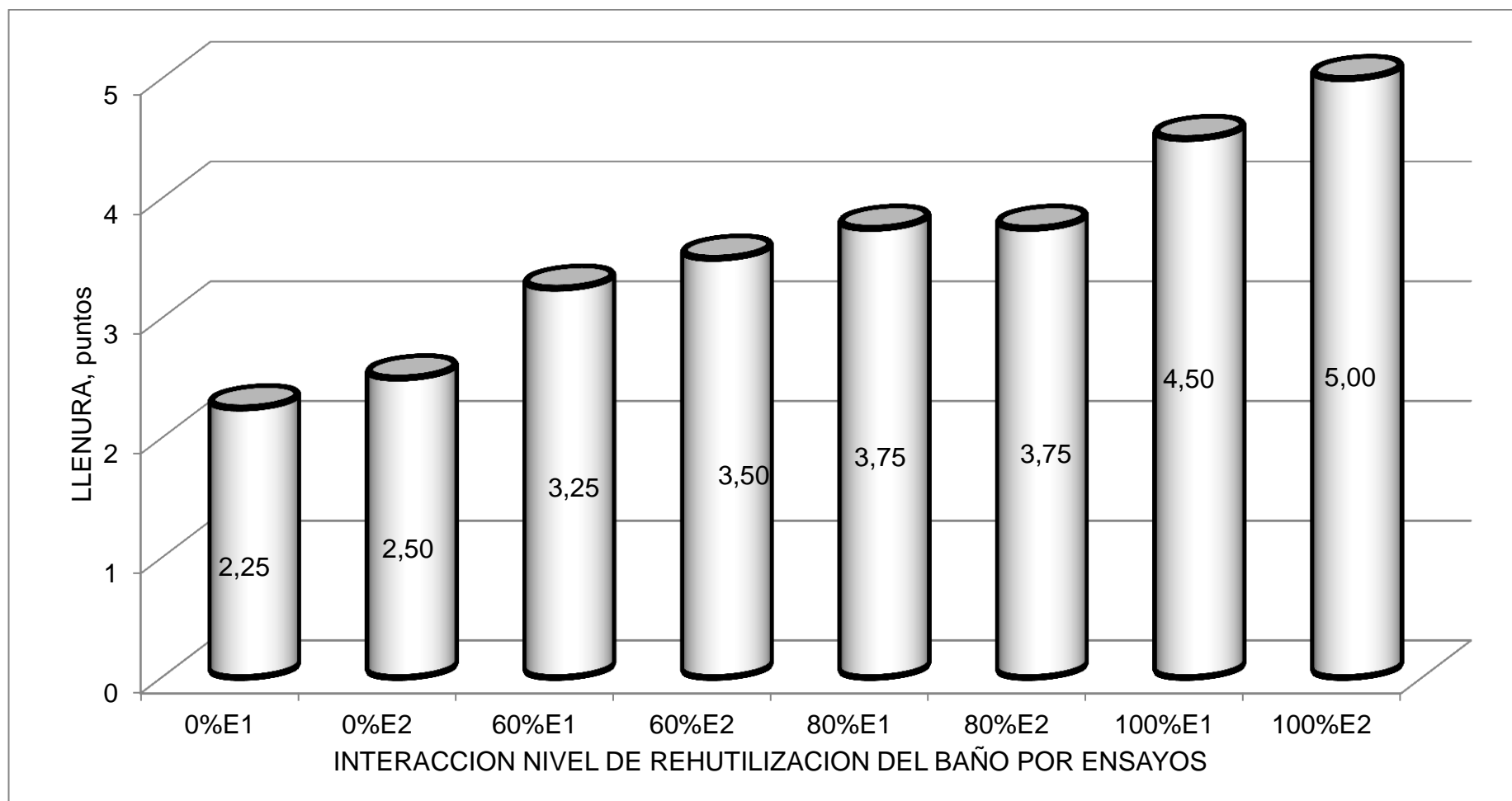


Gráfico 20. Comportamiento de la llenura del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.



Mientras tanto que los resultados más bajos fueron reportados en los cueros del grupo control en el primer ensayo con medias de 2,25 puntos y condición baja de acuerdo a la mencionada escala. Es decir que numéricamente la opción más acertada de aplicación de tecnologías más limpias lo cual influye el enfoque tradicional de reutilización de baños es bien conocido y aceptado por la industria ya que las políticas y regulaciones existentes del gobierno frecuentemente favorecen las soluciones en una curtiembre, las cuales son administrativamente más fáciles de imponer, es la reutilización de 100% del baño de piquelado para ser aplicado en el curtido de pieles ovinas, ya que se consigue llenar de mejor forma los espacios interfibrilares de tal manera que se forme un complejo homogéneo entre el producto curtiente y la piel y proporcione la estabilidad necesaria para la confección del artículo final.

## **2. Blandura**

### **a. Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado**

El análisis de blandura de los cueros ovinos determinaron según Kruskal Wallis, diferencias altamente significativas entre medias, por lo que la separación de medias infiere los resultados más altos al trabajar con el 100% de reutilización del baño de piquelado (T3), con 4,50 puntos y calificación muy buena según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), y que desciende a 3,88 puntos en los cueros curtidos con el 80% de baño de piquelado, (T2), y condición muy buena según la escala antes mencionada, a continuación se ubicaron los resultados de blandura reportados en los cueros cutidos con el 60% de baño de piquelado (T1), con 3,25 y condición buena, para finalmente establecerse la blandura más baja en los cueros del grupo control (T0), con medias de 2,38 puntos y condición baja, como se ilustra en el gráfico 21. Es decir de acuerdo a los reportes analizados que el efecto de reutilizar baños de piquelado representa un aporte positivo a las calificaciones sensoriales del cuero ovino, en el proceso de curtido.

Según <http://www.cueronet.com>.(2013), la operación del piquelado es muy importante en lo que respecta a la operación posterior de curtición, ya que si la

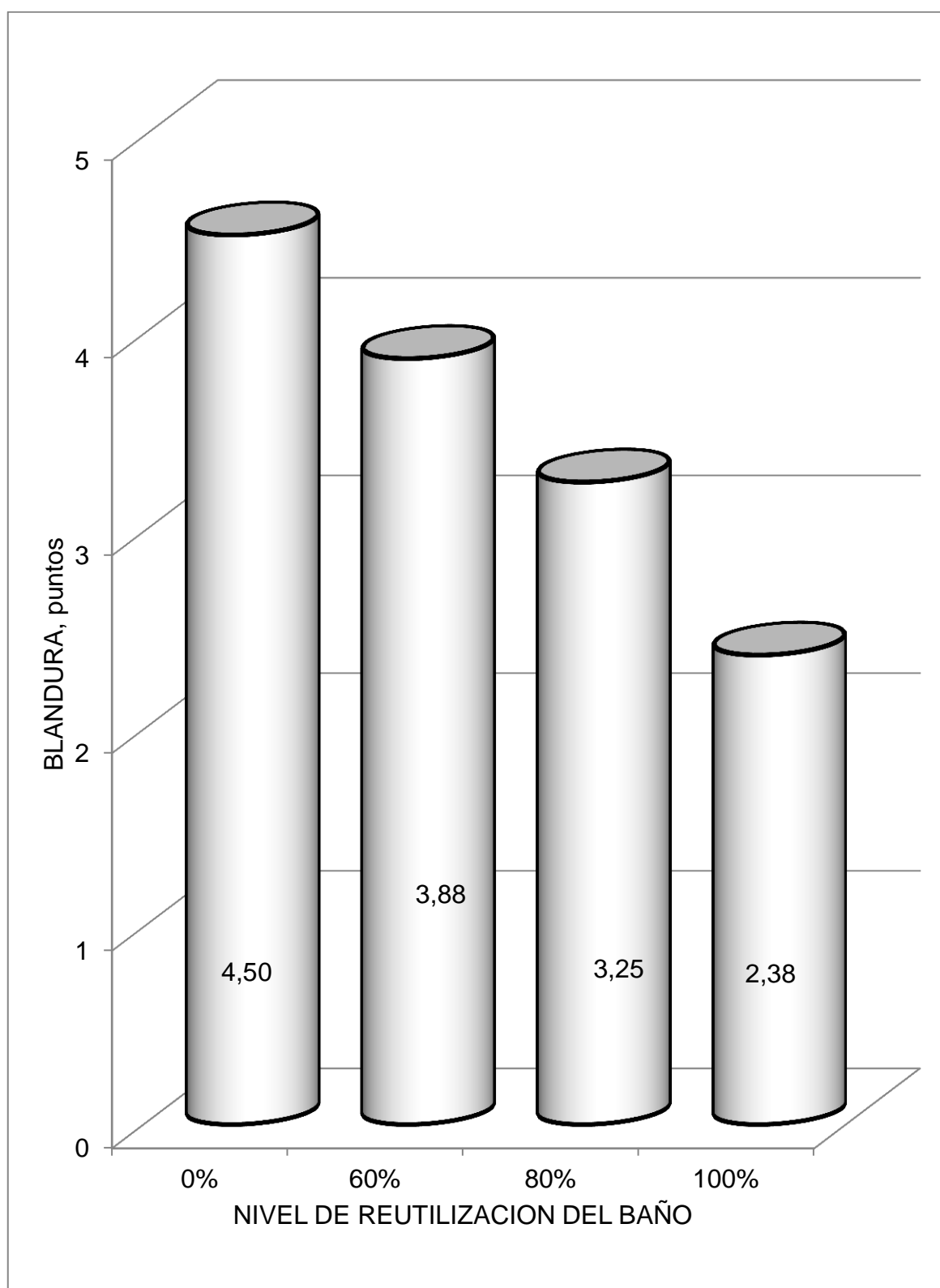


Gráfico 21. Comportamiento de la blandura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

piel no estuviera piquelada, el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirían una elevada basicidad, reaccionando rápidamente con las fibras de colágeno, lo que produciría una sobre curtición en las capas más exteriores, que dificultaría la difusión del curtiente en las capas internas, produciendo una contracción de la capa de flor y una precipitación sobre la flor del agente mineral hidrolizado, y por ende el endurecimiento del cuero, por lo tanto al reutilizar el baño de piquelado la blandura de la piel puede ser mayor porque el efecto su efecto es enmascarar al cromo que se utiliza en el curtido por lo tanto aumenta el tamaño de los agregados de átomos de cromo, y permite el reblandecimiento de la superficie del cuero. En definitiva la aplicación de este tipo de tecnologías produce una importante reducción del impacto medioambiental de la actividad industrial realizada debido a la reducción del consumo de agua y del vertido de efluentes, así como también mejora de la competitividad de la empresa, debido a la reducción de costes por el menor consumo de materias primas, sin desmejoramiento de las cualidades sensoriales del cuero, específicamente de la blandura que es muy importante, ya que de la sensación que se provoque el momento del tacto dependerá mucho la clasificación en el tenería de los cueros, procurando siempre llegar a primera clase en las que la blandura deberá ser mínimo de 5 puntos.

En la determinación de la regresión de la blandura a en función de los porcentajes de reutilización del baño de piquelado en el curtido de pieles ovinas se estableció una tendencia lineal negativa altamente significativa, como se reporta en el gráfico 22, de donde se desprende que el cuero presenta una mayor blandura por cada unidad de cambio en los porcentajes de reutilización del baño de piquelado, observándose que el incremento de la blandura no es uniforme porque demuestra que tiene una influencia del 61,73% ( $R^2$ ), mientras que el 38,23% restante se debe a otros factores que no se consideran en la presente investigación y que muchas veces tienen que ver con la precisión en la formulación y pesaje de los productos químicos que intervienen en cada uno de los procesos, La ecuación de regresión utilizada fue.

$$\text{Blandura} = 4,6786 - 0,02 (\%RBP),$$

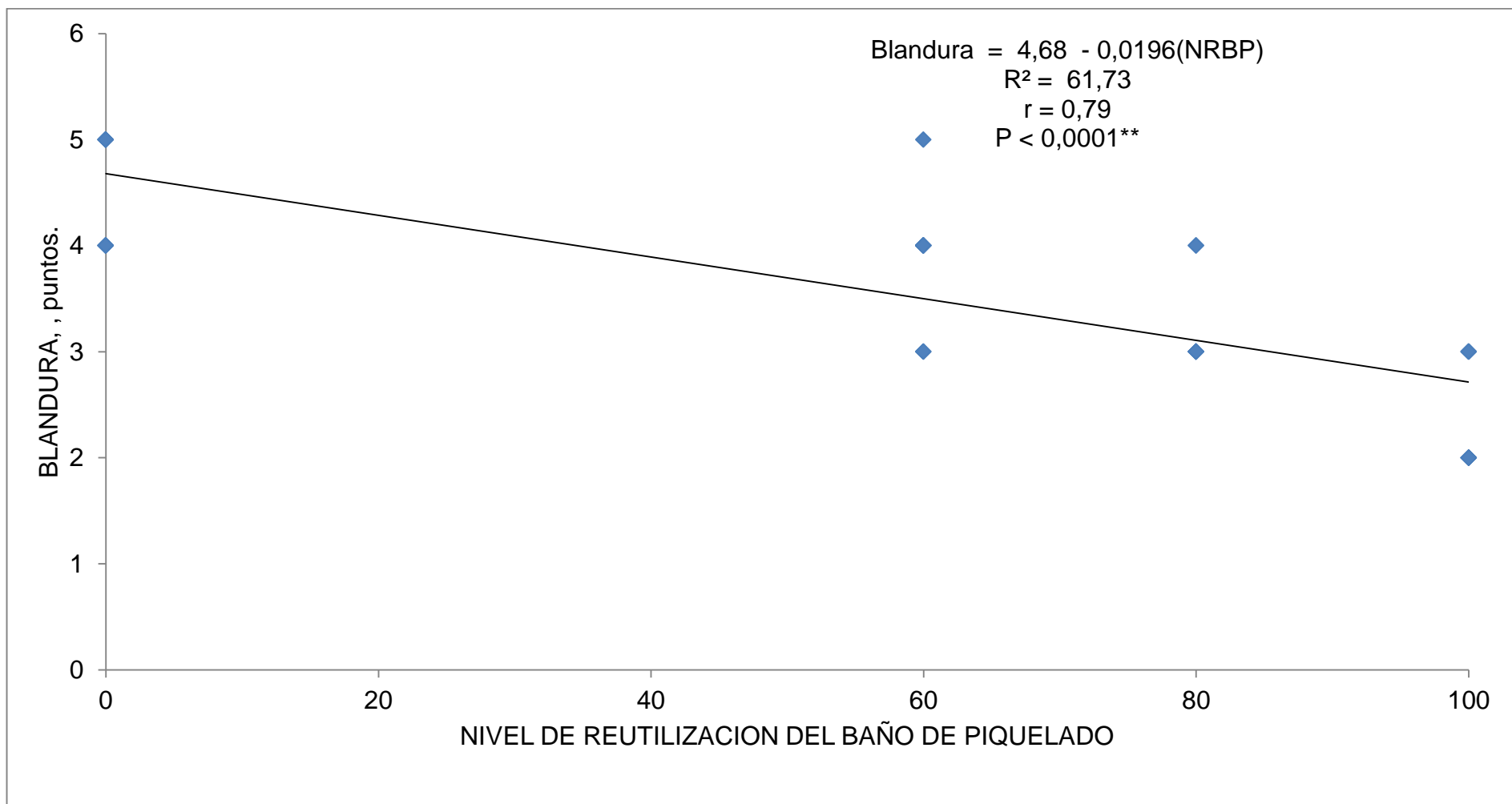


Gráfico 22. Regresión de la blandura del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

### **b. Por efecto de los ensayos**

La evaluación de la blandura de los cueros ovinos curtidos con el baño de piquelado a diferentes porcentajes no registro diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ), entre las medias de los tratamientos, estableciéndose por lo tanto un promedio de 3,50 puntos para los dos casos en estudio, y por ende calificación de buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), es decir cueros blandos y con buena caída que son ideales para la confección sobre todo de calzado ya que las mayores exigencias están direccionadas hacia una materia prima de óptima calidad, con una clasificación alta y sobre todo según Graves, R. (2008), se debe evitar los efectos negativos producto de una curtición convencional en la que no se utilicen ninguna tecnología limpia end of pipe, es decir al inicio del proceso para utilizar los ácidos que no se introducen en la piel en el momento del piquelado y a través de una compensación del cromo se pueda producir un material con mejores calificaciones sobre todo sensoriales que muchas veces son las que determinan la clasificación de los cueros en el interior de una curtiembre.

### **c. Por efecto de la interacción entre el nivel de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

En la evaluación de la calificación sensorial de la blandura de los cueros ovinos no se reportaron diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ), como se observa en el cuadro 10, entre tratamientos por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos consecutivos, sin embargo de carácter numérico se aprecia superioridad en los cueros del tratamiento testigo, en el primero como en el segundo ensayo (T0E1 y T0E2), es decir a los que no aplico el baño de piquelado ya que las medias fueron de 4,50 puntos y condición muy buena, para los dos casos en estudio y que descendió a 4,25 puntos, en los cueros del tratamiento T1 en el primer ensayo con medias de 4,25 y condición muy buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013); luego se, encuentran ubicados los promedios obtenidos en los cueros del tratamiento T1, en el segundo ensayo con medias de 3,50 puntos (T1E2),

Cuadro 10. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO CURTIDO CON LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO A DIFERENTES PORCENTAJES, (0, 60, 80 y 100%), POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.

VARIABLES	POR EFECTO DE LOS ENSAYOS			
			EE	Prob.
	Primer ensayo E1	Segundo ensayo E2		
Llenura, puntos.	3,44 a	3,69 a	0,13	0,1701
Blandura, puntos.	3,5 a	3,5 a	0,17	0,9999
Turgencia de flor, puntos.	3,19 a	3,44 a	0,12	0,1527

Elaborado: Logroño, M. (2013).

EE: Error estándar.

Prob: Probabilidad.

y que se repite la calificación de en los cueros del tratamiento T2 en el segundo ensayo (T2 E2), mientras tanto que las puntuaciones más bajas de blandura se reportaron en los cueros curtidos con los mayores porcentajes de reutilización del baño de piquelado en el primer ensayo con resultados de 2,25 puntos y condición baja de acuerdo a la mencionada escala. Cumpliéndose estrictamente con la premisa de que los cueros de mayor llenura son los que registran menor blandura, sin embargo es necesario considerar que las calificaciones sensorial están directamente relacionada con la finalidad a la que va ser destinado el producto, y que la puntuación está dada por la aptitud que se puede percibir, por medio de los sentidos, es decir que si el cuero es para confección de calzado o marroquinería debe ser un cuero con mejor llenura y ligeramente menor blandura, pues se puede producir deformación, y sobre todo el envejecimiento prematuro de la prenda, ya que al pasar de la forma plana a la espacial, se producen roces que rompen la estructura fibrilar, como también desprendimiento de la flor y por ende deterioro de la prenda, al ser sometidos a condiciones de uso.

### **3. Turgencia de flor**

#### **a. Por efecto del nivel de reutilización del baño de piquelado**

La evaluación de la turgencia de flor de los cueros ovinos determinaron según el criterio Kruskal – Wallis diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ), por efecto de los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado, por lo que la separación de medias según Duncan, reporta los resultados más altos al curtir con el tratamiento T3 ( 100%), con medias de 4,75 puntos; y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L (2013), a continuación se ubican los reportes de turgencia de flor de los cueros del tratamiento T2 ( 80%), con 3,5 puntos, y calificación muy buena según la mencionada escala, seguido de los reportes del tratamiento T1 ( 60%), con 2,75 puntos y condición buena, finalmente los resultados más bajos fueron establecidos en el lote de cueros del tratamiento control (T0), ya que las medias fueron de 2,25 puntos y condición baja, como se ilustra en el gráfico 23, es decir cueros que en las primeras pruebas previas el

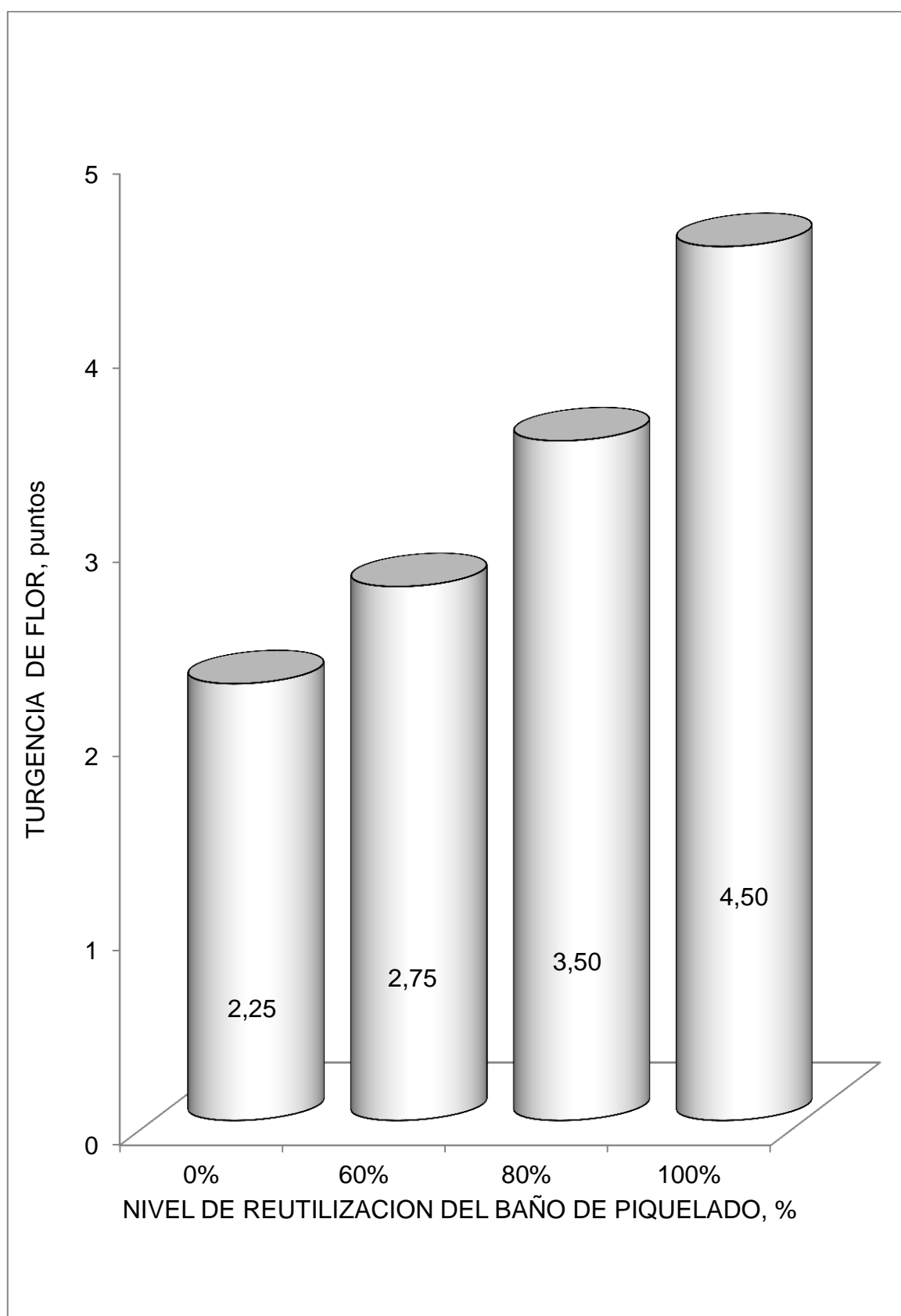


Gráfico 23. Comportamiento de la resistencia a la flexión del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).



cuero final tenía un aspecto muy curvo y muchas arrugas en el lado flor, pensando que podía ser debido al tiempo de rodaje excesivo en el momento del curtido del cuero que es donde se aplican los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado.

Los reportes indican superioridad con la aplicación de mayores porcentajes de baño de piquelado y que puede ser corroborado con las apreciaciones del sitio web <http://www.conama.cl/portal.com>.(2012), donde se indica que en el piquelado la sal neutra se adiciona antes que el ácido; su misión en el baño es impedir el hinchamiento ácido del colágeno que provoca una mala turgencia de la superficie. El colágeno se carga en medio ácido, y el exceso de los iones incorporados de las sales neutras iguala las diferencias de concentración entre la fase gel y la fase líquida. La sal neutra, especialmente si se trata de cloruro de sodio, no se combina prácticamente con la piel, de manera que su concentración permanece casi inalterable en el baño residual de piquelado. Esta sal neutra puede tener posteriormente una influencia sobre la curtición mineral, reduciéndose el índice de floculación de las soluciones de curticiones minerales, o sea disminuyendo su astringencia, y coadyuvando con ello a una suave iniciación de la curtición para que la turgencia sea la adecuada. Con adiciones de sulfato sódico, se obtiene al final una piel más llena, y un tacto ligeramente más armado, sin duda por un ligero efecto estabilizante del ion  $SO_4^{2-}$ , al ser reutilizado ese baño se logra un deshinchamiento apropiado para evitar la sobrecurtición de la flor que conlleva a un curtido muy turgente, un cuero inelástico y quebradizo. .

El análisis de regresión, para la variable sensorial turgencia de flor de los cueros ovinos que se ilustra en el gráfico 24 determina que la dispersión de los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva altamente significativa ( $P < 0,01$ ), donde se infiere que partiendo de un intercepto de 1,97 puntos, la turgencia de flor se eleva en 0,02 puntos por cada unidad de cambio en el nivel de reutilización del baño de piquelado que se aplica a la curtición de pieles caprinas, además se identifica un coeficiente de determinación ente las variables regresionados que corresponde ( $R^2$ ), al 60,53%, mientras tanto que el 39,47% restante depende de otros factores no considerados, en la investigación como puede ser la formulación del piquelado,

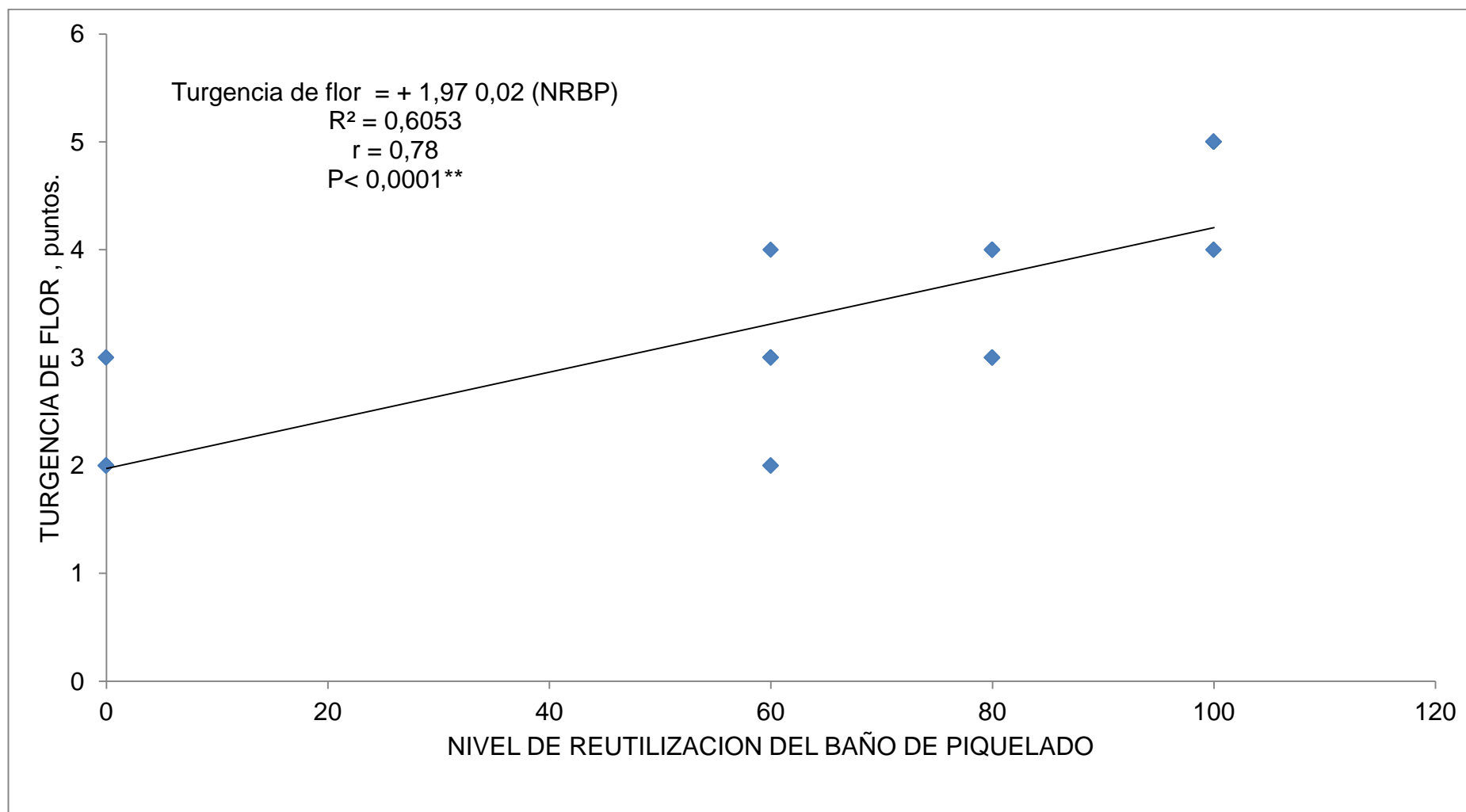


Gráfico 24. Regresión de la turgencia de flor del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%).

la precisión del pesado de los productos, el tiempo de rodado de los bombos, entre otros, la ecuación de regresión aplicada fue:

Turgencia de flor = + 1,97 0,02 (%RBP)

#### **b. Por efecto de los ensayos**

El efecto que registran los ensayos en el cuero ovino curtido con diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado, sobre la calificación sensorial de turgencia de flor no identifico diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), así como también se reporta un error estándar del 0,12, que es un indicativo de ligera amplitud en la dispersión de los datos en relación a la media de los tratamientos, sin embargo de carácter numérico se aprecia superioridad en el lote de cueros del segundo ensayo con 3,44 puntos y condición buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), y que desciende a 3,19 puntos en los cueros del primer ensayo sin embargo conserva la condición de buena según la mencionada escala, y se ilustra en el gráfico 25. Al realizar una evaluación de los resultados expuestos se aprecia que los ensayos no reportan influencia en las valoraciones sensoriales del cuero ovino ya que se consigue la reproducibilidad de la plenitud, y de la turgencia, es decir que no se produce un abultamiento en el entretejido fibrilar lo que da como resultado un cuero abombado con poca plenitud y turgencia, ya que al equilibrar en el curtido la cantidad de ácidos provenientes de la reutilización del baño de piquelado favorecen el hinchamiento homogéneo de la piel que promueva la introducción de la mayor parte de los productos curtientes para proporcionar una turgencia agradable es decir que se presente suave y elástica.

La turgencia del cuero es una características muy importante ya que es un indicativo de un cuero con una superficie limpia, suave y elástica muy fácil de moldear y que suele convertirse en un problema el momento de ser repicado or eso al no registrarse diferencias estadística se afirma que al producir cueros en diferente lotes de producción, se conseguirá repicar las veces que sean necesarias esta prestación sensorial, y que es muy importante ya que en la

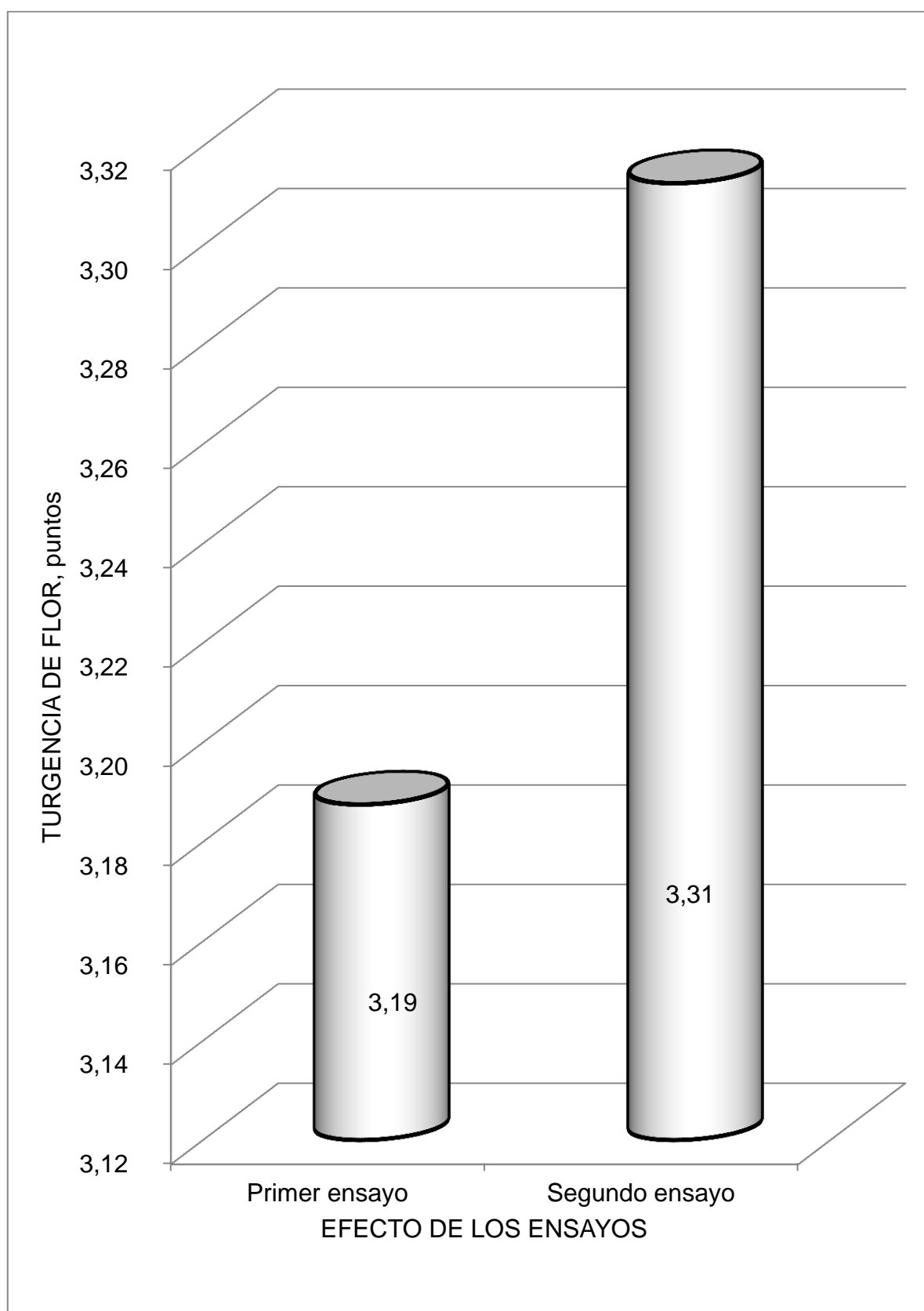


Gráfico 25. Comportamiento de la turgencia de flor del cuero ovino curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), por efecto de los ensayos.

producción a escala por cuanto muchas veces se produce cueros que tengan muy buena acogida en el mercado y que se requieren reproducirlos después de un determinado tiempo por lo que la investigación denota claramente la exactitud al formular, tanto en los productos químicos como en el pesaje.

**c. Por efecto de la interacción entre el nivel de reutilización del baño de piquelado y los ensayos**

La apreciación sensorial de turgencia de flor del cuero ovino no reporto diferencias estadísticas según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la interacción entre los diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado y los ensayos consecutivos sin embargo de carácter numérico se aprecia los resultados más altos en los cueros del tratamiento T3 en el primer ensayo, (100%E1), con medias de 5 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2013), y que desciende a 4,0 puntos en los cueros del tratamiento en mención, pero en el segundo ensayos (100%E2), y con puntuación de muy buena, a continuación en forma descendente se registran los promedios obtenidos en los cueros del tratamiento T2, en el segundo ensayo con 3,75 puntos y condición muy buena según la mencionada escala, posteriormente se ubicaron los reportes establecidos en los cueros de los tratamientos T1 y T2 en el segundo y primero ensayo ( 60%E2 y 60%E1), ya que las medias fueron de 3,25 puntos para los dos casos estudiados y condición buena, finalmente los resultados ms bajos se alcanzaron en los cueros del tratamiento testigo en el primero como en segundo ensayo con medias de 2,25 puntos, y condición baja, como se reporta en el cuadro 11, y se ilustra en el gráfico 26.

De acuerdo a los reportes analizados se infiere que mayores porcentajes de reutilización del baño de pelambre en el curtido de las pieles ovinas mejoran la elasticidad, plenitud y en general la turgencia del cuero ya que coadyuva al aflojamiento de las fibras de colágeno para que ingresen un gran porcentaje de los productos curtientes y de esa manera el proceso sea más eficaz además hay que considerar lo que manifiesta Hidalgo, L. (2004), quien menciona que el

Cuadro 11. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO OVINO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES PORCENTAJES (0, 60, 80 y 100%), DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, Y LOS ENSAYOS.

VARIABLE	EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS PORCENTAJES DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO Y LOS ENSAYOS												EE	Prob.	
	0% E1	0%E2	60% E1	60% E2	80% E1	80% E2	100% E1	100 E2							
	T0E1	T0E2	T1E1	T1E2	T2E1	T2E2	T3E1	T3E2							
Llenura, puntos.	2,25	d 2,50	d 3,25	c 3,50	c 3,75	bc 3,75	bc 4,50	ab 5,00	a	0,25	0,80				
Blandura, puntos.	2,25	d 2,5	d 3	cd 3,5	c 3,5	c 4,25	b 4,5	a 4,5	a	0,26	0,112				
Turgencia de flor, puntos.	2,25	c 2,25	c 2,25	c 3,25	B 3,25	B 3,75	B 4,5	a 5,0	a	0,24	0,027				

Fuente: Logroño, M. (2013),  
 EE: Error estadístico.  
 Prob: probabilidad.

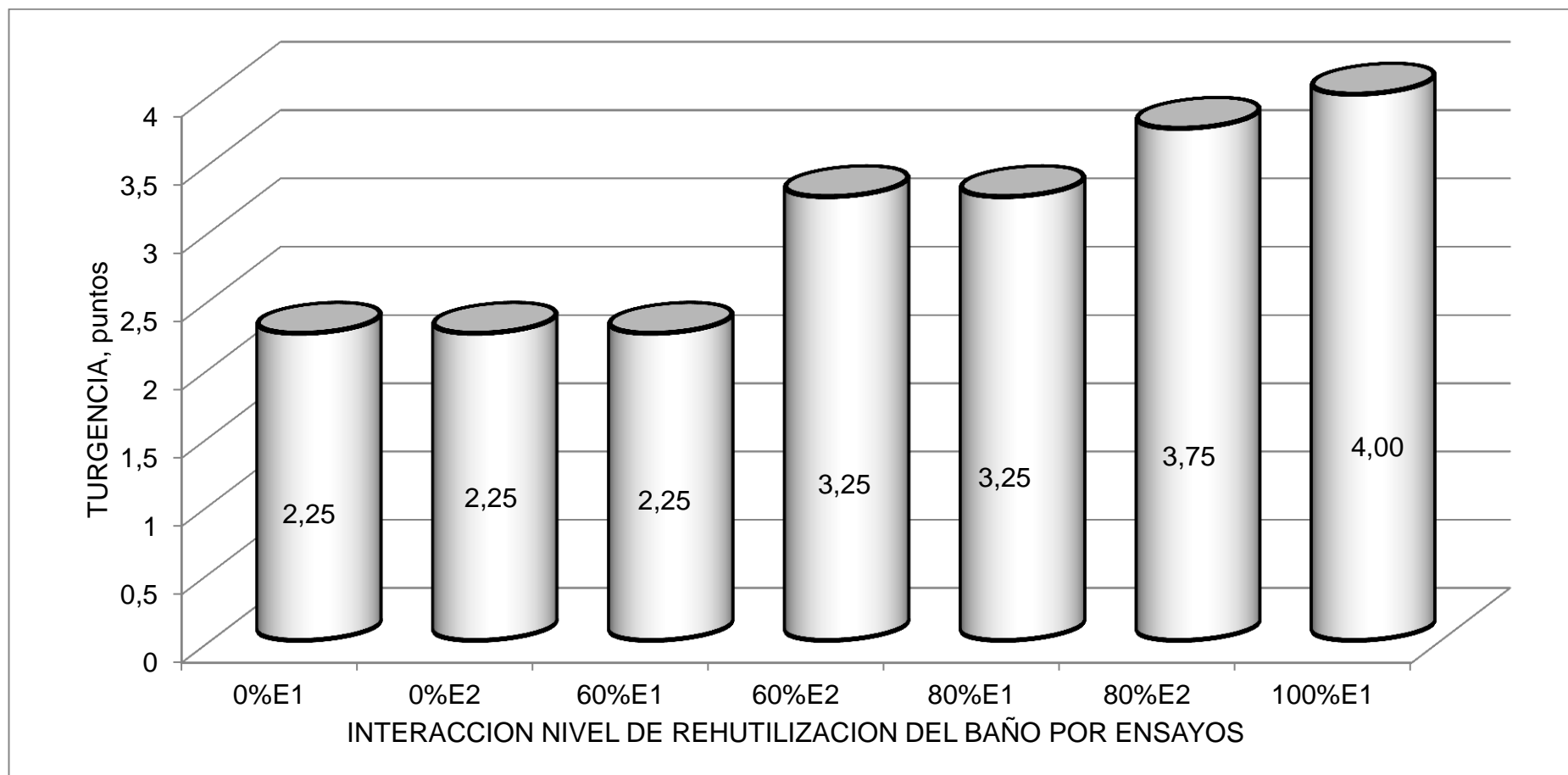


Gráfico 26. Comportamiento de la turgencia de flor del cuero ovino por efecto de la interacción entre el curtido con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes, (0, 60,80 y 100%), y los ensayos.

curtidor necesita reducir gradualmente, con cada ciclo de reuso del baño residual de piquelado, la cantidad de sal común, agregada para reconstituir la solución de piquelado, debido a la acumulación de las sales neutras en la solución reciclada que perjudican la turgencia de las pieles. En el procesamiento de pieles animales, existen variaciones según sea el tipo de piel, la tecnología disponible y las características finales a conseguir en el cuero. Estas características determinan el tipo de emisiones y consumos y las consecuencias ambientales del proceso.

### **C. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES**

Para evaluar la correlación existente entre las variables físicas y sensoriales del cuero ovino curtido con diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado se utilizó la matriz correlacional de Pearson, que se describe en el cuadro 15.

El análisis de la correlación que existe entre el porcentajes de reutilización del baño de piquelado, con la resistencia a la flexión, registró una correlación media positiva, con un coeficiente de  $r = 0,31$  revelando que al haber un mayor porcentaje de reutilización del baño de piquelado, existirá un incremento de la flexión del cuero ovino ( $P < 0.001$ ).

En la interpretación de la correlación existente entre el porcentajes de reutilización del baño de piquelado y el porcentaje de elongación se observó una relación media positiva entre las variables ( $r = 0,29$ ), deduciendo que a mayor porcentaje de reutilización del baño de piquelado aplicado al curtido del cuero ovino habrá mayor elongación ( $P < 0,01$ ).

Mientras que al relacionar las variables de porcentaje de reutilización del baño de piquelado y la calificación sensorial de llenura, se determinó una correlación positiva alta entre los factores ( $r = 0.85$ ), con una relación directamente proporcional lo que significa que, la variable llenura se va a incrementar a medida



Cuadro 15. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEL CURTIDO DE PIELES OVINAS REUTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE BAÑO DE PIQUELADO ( 0,60,80 y 100%).

VARIABLE	Porcentajes	Resistencia a la flexión	resistencia a la tensión	Porcentaje de elongación	Llenura	Blandura	Turgencia de flor
Porcentajes	1		*				
Resistencia a la flexión	0,31	1					
resistencia a la tensión	0,09	0,27	1		**	**	**
Porcentaje de elongación	0,29	0,94	0,28	1			
Llenura	0,85	0,29	0,1	0,24	1		
Blandura	-0,79	-0,46	-0,11	-0,45	-0,73	1	
Turgencia de flor	0,78	0,44	0,1	0,48	0,79	-0,81	1

Elaborado: Logroño, M. (2013).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

que se eleva el porcentaje de reutilización del baño de piquelado, en la formulación del curtido del cuero ovino ( $P < 0.01$ ).

La correlación existente entre el porcentaje de reutilización del baño de piquelado y la blandura exhiben un elevado coeficiente de correlación negativa ( $r = - 0,79$ ), lo que representa que a mayor porcentaje de reutilización del baño de piquelado en el curtido, del cuero ovino, existirá menor blandura ( $P < 0,01$ ).

La relación que se identifica entre el porcentaje de reutilización del baño de piquelado y la turgencia de flor del cuero ovino infiere una relación positiva alta, ( $r = 0,78$ ), que determina que con ante el incremento del porcentaje de reutilización del baño de piquelado, que se utilizara en el curtido de los cueros ovinos existe una elevación de la turgencia de flor, ( $P < 0.01$ ).

#### **D. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

En la evaluación económica del cuero ovino aplicando diferentes porcentajes de reutilización del baño de piquelado en el proceso de curtido, que se reporta en el cuadro 16, se observa que los mayores egresos, proveniente de la compra de pieles ovinas, productos químicos para cada uno de los procesos, alquiler de maquinaria, confección de artículos, entre otros, se registra con la aplicación del 80% de baño (T2), ya que el valor fue de \$167,32; y que, desciende a \$ 164,42 al utilizar el tratamiento T3 (100%), ubicándose a continuación los resultados del tratamiento control T0 (0%), con \$164,17 en tanto que los egresos más bajos fueron reportados con la aplicación de tratamiento T1 (60%), con \$160,82.

Al considerar los ingresos producto de la venta tanto de artículos confeccionados, como de excedente de cuero, se registra un ingreso de 202,5; 203 y 221 y 225 dólares americanos para los tratamientos T0, T1 y T2 y T3, respectivamente; por lo tanto al relacionar los ingresos con los egresos se obtiene el mayor valor en el beneficio de los cueros del tratamiento T3 (100%), con 1,37 es decir que por cada dólar invertido se espera una recuperación del capital de 37 centavos, o lo

Cuadro 16. EVALUACIÓN DEL CURTIDO DE PIELES OVINAS REUTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE BAÑO DE PIQUELADO (0, 60,80 y 100%).

CONCEPTO	PORCENTAJES DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE PIQUELADO, %.			
	0% T0	60% T1	80% T2	100% T3
Compra de pieles ovinas(unidades)	8	8	8	8
Costo por piel ovinas(\$)	4,5	4,5	4,5	4,5
Valor de pieles ovinas(\$)	36	36	36	36
Productos para procesos de ribera(\$)	14,6	14,6	14,6	14,6
Productos para el curtido con baños residuales(\$)	20,45	27,1	28,6	30,7
Productos para el acabado en húmedo (\$)	17,32	17,32	17,32	17,32
Productos para el acabado en seco(\$)	15,8	15,8	15,8	15,8
Alquiler de maquinaria(\$)	20	20	20	20
Confección de artículos (\$)	40	30	35	30
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>164,17</b>	<b>160,82</b>	<b>167,32</b>	<b>164,42</b>
<b>INGRESOS</b>				
Total de cuero producido (\$)	85	92	94	90
Costo cuero producido pie 2(\$)	0,52	0,57	0,56	0,55
Cuero utilizado en confección(\$)	16	12	14	11
Excedente de cuero (\$)	69	80	80	79
Venta de excedente de cuero (\$)	127,5	138	141	135
Venta de artículos confeccionados (\$)	75	65	80	90
Total de ingresos (\$)	202,5	203	221	225
<b>RELACIÓN BENEFICIO/COSTO</b>	<b>1,23</b>	<b>1,26</b>	<b>1,32</b>	<b>1,37</b>

Elaborado: Logroño, M. (2013).

que es lo mismo decir del 37% de utilidad; la misma que desciende a 32% en los cueros del tratamiento T2 (80%), ya que la relación beneficio costo fue de 1,32; mientras tanto que los valores más bajos fueron registrados en los cueros del tratamiento control (0%), cuyo beneficio/ costo fue de 1,23; o lo que es lo mismo decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 23 centavos.

Al realizar una evaluación económica general se infiere que el movimiento contable de la producción de cueros es bastante alentadora ya que se tiene como antecedente que en todo el proceso de transformación de la piel en cuero, se obtiene una recuperación del capital que va del 23 al 37%, y que es más alta que el de otras actividades industriales y pecuarias similares con la diferencia en que el tiempo de producción puede llegar apenas a 3 o 4 meses, y transcurrido este, se puede introducir al mercado una materia prima de muy buena calidad. La rentabilidad de la presente investigación está relacionada con la recuperación y ahorro de los productos prevenientes del piquelado, con lo que estamos preservando el medio ambiente ya que existe el agotamiento de los ácidos que son los que elevan la carga contaminante de los residuos líquidos provenientes de la curtiembre.

## V. CONCLUSIONES

- El mejor porcentaje en la reutilización del baño de piquelado, para la curtición de pieles ovinas fue del 100%, ya que representa un mayor enmascaramiento superficial de la piel lo que permite una mejor penetración del producto curtiente, y eliminar un porcentaje alto de contaminación de los residuos industriales en la cadena productiva del cuero.
- La aplicación del 100% de baño de piquelado (T3), mejora la resistencia a la flexión (22,74 ciclos), resistencia a la tensión (251,64 N/cm<sup>2</sup>), y porcentaje de elongación (75,79%), logrando que superen las exigencias de calidad de la Asociación Española en la Industria del cuero, obteniéndose un material muy resistente, debido a que se evita el hinchamiento superficial de la estructura fibrilar, lo que favorece a la dispersión de los sulfatos de cromo que se combinan con los grupos carboxílicos del colágeno
- La uniformidad en la penetración del cromo permite que no exista una contracción de las arrugas presentes en la piel es por esto que la evaluación sensorial establece los mejores resultados al aplicar el 100% de baño de piquelado, específicamente de llenura ( 4,75 puntos), Blandura (4,50 puntos) y redondez (4,75 puntos),
- La evaluación económica registra los mejores resultados con la reutilización del 100% del baño de piquelado ya que la relación beneficio costo fue de 1.37, es decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia del 37%, que es superior a la de otras actividades industriales similares.
- Al emplear un nuevo baño (tratamiento testigo), en el proceso de piquelado se forma un enmascaramiento pobre de la estructura de la flor del cuero, lo que impide una buena distribución del producto curtiente, provocando un cuero con menores resistencias físicas y menores calificaciones sensoriales, como ocurre con la aplicación del 200% de reutilización del baño (T3).

## **VI. RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones

- Reciclar los baños de piquelado, para disminuir el impacto ambiental generado por la presencia de los ácidos y sales, que no ingresan al entretejido fibrilar.
- Reutilizar el 100% del baño de piquelado para obtener las mejores resistencia física y las mayores calificaciones sensoriales del cuero ovino con lo que se consigue producir cueros de primera clase.
- Utilizar en el curtido de pieles ovinas el 100% de baño de piquelado (T3), ya que representa un ahorro de productos químicos que se reflejan en el incremento de la rentabilidad del proceso productivo, que fue del 37%.
- Realizar investigaciones en las que se reutilice los baños provenientes de otros procesos productivos del cuero, para disminuir la carga contaminante de una curtiembre que según la Legislación Ambiental Ecuatoriana, no debe sobrepasar de ciertos límites.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ABRAHAM, A. 2001. Caprino cultura I. 2 a. ed. México, México D.F. Edit. LIMUSA. pp. 25 – 83.
2. ADZET, J. 2005. Química Técnica de Tenerife. España. 1a ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pp. 105,199 – 121.
3. ASOCIACIÓN QUÍMICA ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA DEL CUERO. 1998. Ponencias de curtiembre y acabado del cuero-Curso-Taller. sn. Barcelona España. se. pp. 12 – 26.
4. BACARDIT, A. 2005. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.
5. BÛHLER, B. 2000. Como hacer trabajos en cuero para talabartería. 2a ed. Edit. Kapelusz. pp. 42, 53, 69,87.
6. CÓRDOVA, R. 2009. Industria del proceso químico. 2a ed. Madrid, España. Edit. Dossat, S.A. pp. 42 – 53.
7. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH), 2009. Anuarios Meteorológicos, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
8. ESPANA, INSTITUTO DE CUERO Y CALZADO DE ESPAÑA 2002. Norma Técnica de Calidad del Cuero IUP9. Porcentaje de elongación.
9. ESPANA, INSTITUTO DE CUERO Y CALZADO DE ESPAÑA 2001. Norma Técnica de Calidad del Cuero IUF10. Resistencia a la flexión.

10. ESPAÑA, INSTITUTO DE CUERO Y CALZADO DE ESPAÑA 2001. Norma Técnica de Calidad del Cuero IUP6. Resistencia a la tensión.
11. GRAVES, R. 2008. La materia prima y su conservación. 2 a. ed. se. Igualada, España. sl. pp. 12 -41.
12. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.
13. HIDALGO, L. 2012. Escala de calificaciones de los cueros ovinos reutilizando el baño de pikelado.
14. HILL, R. 2009. Licores Residuales de Curticion. sn. Igualada, España. sl. pp. 8 -23.
15. <http://www.info@cueronet.com>, (2012). Alcibar, M. Procesos de ribera de las pieles ovinas.
16. <http://www.cueronet.pielsovinas.com>.(2012). Armendariz, P. Procesos de ribera para las pieles ovinas.
17. <http://wwwcueronet.net>.(2012). Artemisa, J. Fundamento teórico del piquelado.
18. <http://www.conama.cl/portal.com>, (2012), Banderas, V. factores que influyen en la operación de pikelado de las pieles ovinas.
19. <http://www.cueronet.com/flujograma/curtido>,(2012). Camacho, A. el remojo, pelambre y calero de las pieles ovinas.
20. <http://www.cueronet.com>,(2012). Domingues, A. Tratamiento de los residuos de la curtición de las pieles ovinas.



21. <http://www-org.mtas.com>.(2012). Domingues, P. Tratamiento de residuos líquidos provenientes de la curtición de pieles ovinas.
22. <http://www.org.mtas.es/Insht/EncOI/88>.(2012). Esteban, G. Alternativas de reducción de contaminantes.
23. <http://www.monografias.com>.(2012). Fuenmayor, V. Disminución del cromo en el proceso de curtición.
24. <http://wwwfai.unne.edu.ar/biologia.com>.(2012). Gratacos, G. Tratamiento del baño de curtido al cromo.
25. <http://www.bvsde.ops-oms.com>.(2012). Hersehiel, P. Recuperación de residuos sólidos producto del proceso de curtiembre.
26. <http://www.bvsde.ops-oms.org/ec/pic>.(2012), Izurieta, B. Reuso de agua de proceso de pikelado de las pieles ovinas.
27. <http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/curtiembre>.(2012). Jiménez, P. Clasificación de las pieles ovinas.
28. <http://www.idrc,cromo.com>.(2012). Kaperski, L. Mecanismo de la curtición al cromo.
29. <http://www.gemini.com>.(2012). Limbeira, W. Estudio de la estructura de la piel ovina.
30. <http://www.capriascana.com>.(2012). Lumbitori, A. Desencalado, descarnado y piquelado de las pieles ovinas.
31. <http://www.conama.com>, (2012). Limusa, H. Grosor de la piel, Tipo de sal y cantidad utilizado en el pikelado.

32. <http://www.cueronet.contam.com>.(2012). Leng, R. Tratamiento de aguas efluentes de curtiembres.
33. <http://www.cueronet.ambiente.com>.(2012). McCormick, M. Identificación de fuentes y características de los residuos.
34. <http://www.idrc.ca/es/evdotopic.com>.(2012). Marrero, Y. Generación de residuos y aspectos ambientales.
35. <http://www.cueronet.com>.(2012). Menendez, V. Características de las pieles ovinas.
36. <http://www.idrc.cacom>,(2012). Mendrano, K. Aspecto y tacto de las pieles al finalizar el pikelado.
37. <http://www.auqtic@cueronet.com>.(2012). Noguera, A. Productos empleados en el pikelado y su efecto.
38. <http://www.info@cueronet.com>.(2012). Narvezes, M. Reutilizacion del baño de piquelado de las pieles ovinas.
39. <http://www.cueronet.com>.(2012). Orskov, E. Reutilizacion de los efluentes del piquelado.
40. <http://www.fai.unne.edu.com>.(2012). Sánchez, C. Opciones de prevención de la contaminación.
41. <http://www.cuerosgrasos.com>.(2011). Siguenza, L. Características generales de las pieles ovinas.
42. <http://fai.unne.edu.ar/biologia/tesis/forcillo/curtidoalcromo>,(2012). Van Soest, P. Reducción en la fuente (tecnologías limpias),

43. <http://www.virtualcentre.com>.(2012). Vandervilt, A. Preparación del baño de pikelado de las pieles ovinas.
44. <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww>.(2012). Vera, R. Oportunidades para prevenir la contaminación.
45. <http://www.cueronet.tecnica.com>.(2012). Williams, P. Situación ambiental del sector del curtido.
46. <http://www.cueronet.com/flujograma/recurtido.htm>,(2012). Wiedmeier, R. Reutilización del baño de pikelado.
47. LULTCS, W. 2008. IX Conferencia de la Industria del Cuero. se. Barcelona-España. Edit. Separata Técnica. pp. 2, 4, 6, 9, 11, 25, 26, 29,45.
48. THORSTENSEN, E. 2002. El cuero y sus propiedades en la Industria. 3a ed. Munich, Italia. Edit. Interamericana. pp 325- 386.
49. VALLEJO, L. 2004. Histología y Anatomía de animales. 2a ed. La Habana, Cuba. Edit. Instituto Cubano del Libro. pp. 378-491.
50. VEGA, G. 2000. Manual de Histología Esquemática. 1a ed. La Habana, Cuba. Edit. Pueblo y educación. pp. 295-305.

# **ANEXOS**

Anexo 1. Datos estadísticos del cuero reciclaje y reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes en la curtición de pieles ovinas para pruebas físicas y pruebas organolépticas.

Niveles	ensayos	repeticion	flexión, ciclos.	tension	elongacion	Llenura	Blandura	Turgencia de flor
0	1	1	15,78	184,48	52,60	2	5	2
0	1	2	20,87	141,07	69,57	2	5	2
0	1	3	18,44	194,55	61,47	2	4	2
0	1	4	17,68	237,86	58,93	3	4	3
0	2	1	19,23	288,27	64,10	2	5	2
0	2	2	19,22	272,00	64,07	2	4	3
0	2	3	16,95	116,50	56,50	3	5	2
0	2	4	23,20	300,00	77,33	3	4	2
60	1	1	16,79	470,24	55,97	3	5	2
60	1	2	18,01	138,00	60,03	3	4	3
60	1	3	17,94	173,91	26,47	4	4	2
60	1	4	10,05	128,71	33,50	3	4	2
60	2	1	19,40	285,09	64,67	3	3	3
60	2	2	10,63	148,00	35,43	4	4	3
60	2	3	15,25	158,00	50,83	3	3	3
60	2	4	14,68	150,00	48,93	4	4	4
80	1	1	12,15	225,49	40,50	4	3	3
80	1	2	19,82	177,78	66,07	4	3	3
80	1	3	25,21	179,59	84,03	3	3	3
80	1	4	23,33	218,64	77,77	4	3	4

80	2	1	22,41	184,62	74,70	3	4	3
80	2	2	26,41	186,36	88,03	4	3	4
80	2	3	23,14	208,33	77,13	4	4	4
80	2	4	25,31	201,92	84,37	4	3	4
100	1	1	12,15	177,27	40,50	5	3	5
100	1	2	25,12	289,52	83,73	5	2	5
100	1	3	22,89	160,13	76,30	4	2	5
100	1	4	22,12	320,75	73,73	4	2	5
100	2	1	22,91	307,02	76,37	5	3	5
100	2	2	24,55	315,15	81,83	5	2	4
100	2	3	24,86	235,98	82,87	5	3	4
100	2	4	27,29	207,27	90,97	5	2	5

Anexo 2. Análisis estadísticos de varianza del cuero reciclaje y reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes en la curtición de pieles ovinas para pruebas físicas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
flexión, ciclos.	32	0,52	0,38	18,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	358,87	7	51,27	3,67	0,0078
Niveles	280,96	3	93,65	6,71	0,0019
ensayos	42,99	1	42,99	3,08	0,092
Niveles*ensayos	34,91	3	11,64	0,83	0,4886
Error	335,04	24	13,96		
Total	693,91	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,15319

Error: 13,9602 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
60	15,34	8	1,32
0	18,92	8	1,32
80	22,22	8	1,32
100	22,74	8	1,32

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,72659

Error: 13,9602 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	18,65	16	0,93 A
2	20,97	16	0,93 A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,75049

Error: 13,9602 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
60	2	14,99	4	1,87
60	1	15,7	4	1,87
0	1	18,19	4	1,87
0	2	19,65	4	1,87
80	1	20,13	4	1,87
100	1	20,57	4	1,87
80	2	24,32	4	1,87
100	2	24,9	4	1,87

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
tension		32	0,14	0	36,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24742,7	7	3534,67	0,57	0,7757
Niveles	13370,75	3	4456,92	0,71	0,5532
ensayos	670,88	1	670,88	0,11	0,7459
Niveles*ensayos	10701,07	3	3567,02	0,57	0,6392
Error	149787,47	24	6241,14		
Total	174530,17	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=108,95899

Error: 6241,1446 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
80	197,84	8	27,93
60	206,49	8	27,93
0	216,84	8	27,93
100	251,64	8	27,93

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=57,65092

Error: 6241,1446 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	213,62	16	19,75
2	222,78	16	19,75

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=185,02014

Error: 6241,1446 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
60	2	185,27	4	39,5
0	1	189,49	4	39,5
80	2	195,31	4	39,5
80	1	200,38	4	39,5
60	1	227,72	4	39,5
100	1	236,92	4	39,5
0	2	244,19	4	39,5
100	2	266,36	4	39,5

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
elongacion		32	0,56	0,43	20,01



Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5143,57	7	734,8	4,35	0,0031
Niveles	4217,68	3	1405,89	8,32	0,0006
ensayos	769,89	1	769,89	4,55	0,0433
Niveles*ensayos	156	3	52	0,31	0,8197
Error	4057,59	24	169,07		
Total	9201,15	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=17,93326

Error: 169,0661 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
60	46,98	8	4,6
0	63,07	8	4,6
80	74,08	8	4,6
100	75,79	8	4,6

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,48861

Error: 169,0661 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	60,07	16	3,25
2	69,88	16	3,25

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=30,45195

Error: 169,0661 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
60	1	43,99	4	6,5
60	2	49,97	4	6,5
0	1	60,64	4	6,5
0	2	65,5	4	6,5
80	1	67,09	4	6,5
100	1	68,57	4	6,5
80	2	81,06	4	6,5
100	2	83,01	4	6,5

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Llenura	32	0,8	0,74	14,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23,88	7	3,41	13,64	<0,0001
Niveles	23,13	3	7,71	30,83	<0,0001
ensayos	0,5	1	0,5	2	0,1701
Niveles*ensayos	0,25	3	0,08	0,33	0,8013
Error	6	24	0,25		
Total	29,88	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,68961

Error: 0,2500 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
0	2,38	8	0,18
60	3,38	8	0,18
80	3,75	8	0,18
100	4,75	8	0,18

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36488

Error: 0,2500 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	3,44	16	0,13
2	3,69	16	0,13

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17100

Error: 0,2500 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
0	1	2,25	4	0,25
0	2	2,5	4	0,25
60	1	3,25	4	0,25
60	2	3,5	4	0,25
80	2	3,75	4	0,25
80	1	3,75	4	0,25
100	1	4,5	4	0,25
100	2	5	4	0,25

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Blandura	32	0,77	0,7	14,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21,5	7	3,07	11,34	<0,0001
Niveles	19,75	3	6,58	24,31	<0,0001
ensayos	0	1	0	0	>0,9999
Niveles*ensayos	1,75	3	0,58	2,15	0,1198
Error	6,5	24	0,27		
Total	28	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71776

Error: 0,2708 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
100	2,38	8	0,18
80	3,25	8	0,18
60	3,88	8	0,18
0	4,5	8	0,18

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37977

Error: 0,2708 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	3,5	16	0,13
2	3,5	16	0,13

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,21882

Error: 0,2708 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
100	1	2,25	4	0,26
100	2	2,5	4	0,26
80	1	3	4	0,26
80	2	3,5	4	0,26
60	2	3,5	4	0,26
60	1	4,25	4	0,26
0	2	4,5	4	0,26
0	1	4,5	4	0,26

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Turgencia de flor	32	0,85	0,81	14,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,38	7	4,48	19,56	<0,0001
Niveles	28,38	3	9,46	41,27	<0,0001
ensayos	0,5	1	0,5	2,18	0,1527
Niveles*ensayos	2,5	3	0,83	3,64	0,0271
Error	5,5	24	0,23		
Total	36,88	31			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66025

Error: 0,2292 gl: 24

Niveles	Medias	n	E.E.
0	2,25	8	0,17
60	2,75	8	0,17
80	3,5	8	0,17
100	4,75	8	0,17

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34934

Error: 0,2292 gl: 24

ensayos	Medias	n	E.E.
1	3,19	16	0,12
2	3,44	16	0,12

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,12115

Error: 0,2292 gl: 24

Niveles	ensayos	Medias	n	E.E.
60	1	2,25	4	0,24
0	2	2,25	4	0,24
0	1	2,25	4	0,24
80	1	3,25	4	0,24
60	2	3,25	4	0,24
80	2	3,75	4	0,24
100	2	4,5	4	0,24
100	1	5	4	0,24

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Anexo 3. Receta para el curtido del cuero ovino con la reutilización del baño de piquelado a diferentes porcentajes (0, 60,80 y 100%).

PROCESO	OPE	PRODUCTO	%	CANT 8(gr)	T°	t	
W(50kg)		Agua	200		Ambiente	30min	
Remojo	Baño	Tenso activo	1				
		Cloro	1 sach et				
	BOTAR BAÑO						
	Baño	Agua	200		Ambiente	3h	
		Tenso activo	0.5				
Sal		2					
BOTAR BAÑO							
Embadurnado	Baño	Agua	5		Ambiente	12h	
		Cal	2				
		Sulfuro de Sodio	2.5				
		Yeso	1				
BOTAR BAÑO							
W(16.50)		Agua	100		Ambiente	10 min	
Pelambre Bombo	Baño	Sulfuro de sodio	0.4			10 min	
		Sulfuro de sodio	0.4			10 min	
		Agua	50			10 min	
		Sal	0.5			10 min	
		Sulfuro de sodio	0.5			30 min	
		Cal	1			30 min	
		Cal	1			30 min	
		Cal	1			3 horas	
		REPOSO EN EL BOMBO POR 20 HORAS					
		BOTAR BAÑO					
Baño	Agua	200		Ambiente	20 min		
BOTAR BAÑO							
Baño	Agua	100		Ambiente	30min		
	Cal	1					
BOTAR BAÑO							

PROCESO	OPE	PRODUCTO	%	CANT	T°	TIEMP	
Desencalado	Baño	Agua	200	75 l	25 °C	30 min	
		Agua	100	37.5 l	25 °C		
		Bisulfito de Sodio	1	375 gr		60	
		Formiato de Sodio	1	375 gr		60	
		Agua	200	75 l	25 °C	20	
		Agua	100	37.5 l	35 °C	40	
		Rindente o Purga	0.5	187.5 gr		40	
BOTAR BAÑO							
Rendido	Baño	Agua	200	75 l	Ambiente	20	
Piquelado1	BOTAR BAÑO						
	Baño	Agua	60	37.5 l	Ambiente		
		Sal	5	1875 gr		10	
		Ácido fórmico	1.4	525 gr			
		1era parte diluida		1750 gr	Ambiente	20	
		2da parte		1750 gr		20	
		3 era parte		1750 gr		60	
		Ácido fórmico	0.4	150 gr			
		1era parte diluida		500 gr		20	
		2da parte		500 gr		20	
		3 era parte		500 gr		20	
BOTAR BAÑO							
Desengrase	Baño	Agua	100	37.5 l	Ambiente		
		Tenso activo deja	2	750 gr		60	
		Diesel	4	1500 gr			
	BOTAR BAÑO						
	Baño	Agua	100		Ambiente	30	
		Tenso Activo	2				
BOTAR BAÑO							
Piquelado 2	Baño	Agua	60	37.5 l	Ambiente	20min	
		Sal	6	2250 gr			
		Ácido formico	1.4	525 gr			
		1era parte diluida		1750 gr			
		2da parte		1750 gr		20 min	
		3 era parte		1750 gr		60 min	
		Ácido formico	0.4	150 gr			
		1era parte diluida		500 gr		20min	
		2da parte		500 gr		20 min	
		3 era parte		500 gr		60 min	
REPOSO POR UNA NOCHE							

RODAR EL BOMBO POR 30 min						
Curtido		Cromo	7	3000 gr		60
		Basificante 1:10	0.4	375 gr		
		1era parte diluida		1250 gr		60
		2da parte		1250 gr	Ambiente	60
		3 era parte		1250 gr		5 H
		Agua	70	37.5 l	70	30
BOTAR BAÑO						
CUERO WETH BLUE						
APILAR PERCHAR Y RASPAR CALIBRE 1.2mm						