



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ABLANDADOR DE PIELES MENORES PARA EL
ACABADO EN SECO “.**

TESIS DE GRADO
Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR:
LUIS ANGEL CARRERA GARÓFALO

RIOBAMBA – ECUADOR
2014

Esta tesis fue aprobada por el siguiente tribunal

Ing. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.
DIRECTOR DE TESIS.

Ing. M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.
ASESOR DE TESIS

Riobamba, 22 de Octubre del 2014.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Anexos	x
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. LA PIEL	3
1. <u>Partes de la piel en bruto</u>	3
a. Crupon	4
b. Cuello	4
c. Faldas	4
2. <u>Nombre de los diferentes cortes</u>	5
B. OPERACIONES POSTERIORES AL ACABADO EN HÚMEDO	6
1. <u>Escurrido</u>	6
2. <u>Repasado o estirado</u>	6
3. <u>Secado</u>	6
4. <u>Acondicionado</u>	8
a. Métodos utilizados	9
5. <u>Ablandado</u>	10
6. <u>Estirado o estacado</u>	10
7. <u>Recorte</u>	11
8. <u>Clasificación</u>	12
9. <u>Esmerilado</u>	12
10. <u>Desempolvar</u>	14
11. <u>Medición</u>	14
C. ABLANDADO DE LAS PIELES	16
1. <u>Finalidad del ablandado</u>	16
2. <u>Factores que influyen en el ablandado</u>	17
3. <u>Máquinas para el ablandado del cuero</u>	19
a. Rueda de ablandar	19
b. Palizonadora de brazo (Jacaré)	19

c.	Máquina de ablandar	20
d.	Fulón de batanar	20
e.	Máquina vibratoria	21
f.	Máquina de mandíbula	22
g.	Máquina rotativa o circular	23
D.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	23
1.	<u>Ensayo de tracción</u>	25
2.	<u>Elongación</u>	29
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	31
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	31
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	31
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	32
1.	<u>Materiales</u>	32
2.	<u>Equipos</u>	32
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	32
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	33
a.	Mediciones físicas	33
b.	Mediciones sensoriales	33
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	33
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	34
1.	<u>Área del cuero</u>	34
2.	<u>Grado de humedad del cuero</u>	35
3.	<u>Porcentaje de elongación</u>	35
4.	<u>Blandura del cuero</u>	37
5.	<u>Flexibilidad del cuero</u>	37
6.	<u>Llenura</u>	37
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	38
A.	DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	38
1.	<u>Determinación de la velocidad de las poleas</u>	38
2.	<u>Calculo del torque de la polea de salida</u>	40
3.	<u>Capacidad de operación del equipo</u>	41
4.	<u>Calculo del flujo másico del equipo</u>	42

B.	BALANCE DE MASA	45
C.	CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO	47
D.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES MENORES, DESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES	48
1.	<u>Resistencia a la tensión</u>	48
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	52
3.	<u>Área del cuero</u>	55
4.	<u>Porcentaje de Humedad</u>	57
D.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES MENORES, DESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES	60
1.	<u>Blandura</u>	60
2.	<u>Flexibilidad</u>	63
3.	<u>Llenura</u>	65
V.	<u>EVALUACIÓN ECONÓMICA</u>	68
VI.	<u>CONCLUSIONES</u>	70
VII.	<u>RECOMENDACIONES</u>	71
VIII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	72
	ANEXOS	

RESUMEN

En las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias se realizó la construcción instalación e implementación del ablandador de pieles menores, se utilizó un técnica de muestreo cuya población es la cantidad de pieles que se procesan y se aplicó una estadística descriptiva, a las muestras calculando medias, medianas, modas y desviación estándar. Los resultados de la investigación indican que la construcción de una maquinaria para el cuero es necesaria ya que reduce costos de mano de obra, tiempo y precio del pie cuadrado. Se determinó la eficiencia del ablandador de cuero en función de costos, tiempo y mano de obra, obteniendo un índice del 80%, valor que es superior comparado con otros equipos similares, cuya eficiencia está entre 65 -75%. En el análisis para las pruebas de calibración del ablandador se estableció que para el diámetro se registró una media de 38,75 dm², una humedad de 29,75%, una blandura de 4 puntos, flexión de 3,13 y una llenura de 3,50 puntos; que son superiores al ser comparadas con las características de otros cueros. La evaluación económica determinó que el ablandador es rentable ya que en un año de trabajo del laboratorio se estaría recuperando el capital invertido y el tiempo restante de vida útil es ganancia neta. Por lo que se recomienda construir maquinarias similares que permitan la automatización del Laboratorio de Curtición de Pieles, que ira en beneficio directo del sector estudiantil, otorgando los instrumentos necesarios para mejorar el aprendizaje.

ABSTRACT

At the tanning skins laboratory facilities of the Livestock and Cattle Faculty was carried out the construction installation and implementation of the minor skins softener the sampling technique was used which population is the amount of minor skins that are processed and descriptive statistics was applied, to the samplings calculating mean, median, mode and standard deviation. The results of the research indicate that the machine construction for the skin is required because reduce the labor costs, time and price per square foot. The leather softener efficiency was determined according to the costs, time, labor, obtaining an index of 80%, higher value compared with other similar equipment, which efficiency is between 65-75%. In the analysis of softener calibration tests was established for the diameter was registered a media of 38,75 dm², a humidity of 29,75%, a softness of 4 points, flexion of 3,13 and a fullness of 3,50 points; higher comparing with the characteristics of other leathers. The economic evaluation determined the softener is profitable due to in one year of laboratory work would recover the capital invested and the time remaining of the laboratory useful life is net gain. It is recommended to construct similar machines allowing the automation of the Tanning Skin Laboratory, benefiting to the student-sector directly, giving the necessary tools in order to improve the learning.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	31
2.	PUNTUACIÓN DE LOS CUEROS TRATADOS EN EL ABLANDADOR.	47
3.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES MENORES DESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DISEÑADO E INSTALADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH.	49
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.	69

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	Esquema de las zonas de una piel fresca.	4
2.	Cruponaje de las pieles.	5
3.	Tipos de ablandado y su efecto sobre las resistencias del cuero.	17
4.	Esquema de una máquina vibratoria de ablandar.	21
5.	Esquema de la máquina de mandíbula para ablandar cueros.	22
6.	Esquema de máquina rotativa o circular	23
7.	Magnitudes que intervienen en el trazado de la gráfica de ensayo de tracción.	26
8.	Magnitudes que intervienen en el trazado de la gráfica del ensayo de tracción.	27
9.	Resultado típico de un ensayo de tracción para un material sometido a fuerzas.	28
10.	Resistencia a la tensión de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	51
11.	Porcentaje de elongación a la ruptura de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	53
12.	Área de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	56
13.	Porcentaje de humedad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	58
14.	Blandura de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	61
15.	Flexibilidad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.	64

16. Flexibilidad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. 67

LISTA DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.	Dimensionamiento del sistema de poleas.	39
2.	Dimensionamiento de las cuchillas.	41
3.	Representación de las corrientes de materia prima y productos del ablandador.	46

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. La Piel.
2. Esquema de las zonas de una piel fresca.
3. Principales destinos de las exportaciones del sector textil, cuero y calzado.
4. Examen de la flor del cuero.
5. Esquema de un proceso de ablandado del cuero.
6. Depilado a mano.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las nuevas tecnologías han venido a completar el panorama futurista en una curtiembre, donde el elemento humano tiende a ser reemplazado por la máquina hasta el límite de lo posible. Sin embargo, el proceso de automatización que afecta a área práctica totalidad de la industria del curtido no consigue desterrar totalmente la imagen del antiguo y entrañable curtidor, calzado con zuecos, ahora con botas de goma, y protegido con su delantal de cuero, ahora de plástico, imagen que pervive en determinados momentos del proceso. Sólo las condiciones de trabajo se han transformado radicalmente, con la incorporación masiva de los instrumentos y máquinas que la ingeniería, la electrónica y la información facilitan, y que garantizan una espectacular optimización, tanto del rendimiento como de la calidad final.

Para la optimización de los procedimientos en curtiembre se han desarrollado equipos que ayudan al correcto desarrollo de cada paso del proceso; sin embargo, la mayoría de equipos han sido diseñados para pieles de mayor tamaño descuidándose de la industria de pieles menores. El laboratorio de curtiembre de la facultad dispone de los equipos básicos para el proceso de curtido, pero no consta de equipos de ablandado de pieles, que se suele efectuar con máquinas verticales neumáticas Schöder, por tal motivo se busca la implementación de un sistema para mejorar los la calidad,contribuyendo con la facultad, al mismo tiempo que se desarrolla un proceso investigativo. Una vez seco, el cuero se hace rígido y requiere reblandecimiento mecánico para aumentar la flexibilidad. La lubricación en los fulones y en las máquinas de ablandar determina la blandura o la firmeza final del cuero. Contando con estas características el curtidor hace todo lo necesario para alcanzar el propósito deseado. La máquina tiene gran cantidad de pequeñísimos alfileres, que oscilan y aporrear el cuero en el transportador. Las propiedades mecánicas son importantes en el diseño, porque el funcionamiento y desempeño de los productos dependen de su capacidad para resistir deformaciones bajo los esfuerzos que enfrentan en el servicio. En diseño, el objetivo general para el producto es resistir esos esfuerzos sin un cambio significativo en su geometría. Esta capacidad depende de propiedades como el

módulo de elasticidad y la resistencia a la fluencia. Hoy en día, los importantes logros obtenidos gracias al desarrollo de la química, la ingeniería y la electrónica, y los modernísimos sistemas de mediación, análisis y control, permiten extraordinarios incrementos de la producción y garantizan las más elevadas cotas de calidad del producto. No obstante, resulta todavía decisiva para el éxito, en determinados momentos del proceso, específicamente en el caso de la presente investigación en el momento del ablandado. El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura. La finalidad del proceso de ablandado e consiste entonces en descompactar las fibras compactas durante el secado, esto es hacer que las fibras que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico y promover una acción lubricante de los aceites de engrase instalados en la estructura fibrosa. Los resultados de esta investigación podrán ser aplicados por pequeños curtidores, curtidores artesanales y estudiantes que utilicen el laboratorio de curtiembre de la Facultad, que en diversas ocasiones, tienen que recurrir a la ciudad de Ambato a realizar el ablandado de los cueros incrementando por ende los costos de sus investigaciones. Por lo expuesto a continuación los objetivos fueron

- Implementar un Ablandador de pieles menores para el acabado en seco.
- Diseñar un Ablandador con materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación.
- Instalar el Ablandador de pieles menores en el laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias y controlar su funcionamiento.
- Descompactar las fibras trabadas del cuero, para que las que sufrieron retracción en el momento del secado, vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico y de esa manera evaluar las características físicas y sensoriales del cuero.
- Determinar los costos de diseño, construcción e instalación del equipo de ablandamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. LA PIEL

Adzet, J. (2005), manifiesta que la piel es la estructura externa de los cuerpos de los animales. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora: pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como:

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

Leach, M. (2005), manifiesta que la piel responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud.

1. Partes de la piel en bruto

Schubert, M. (2007), señala que la piel recuperada por desuello de los animales sacrificados, se llama "piel fresca" o piel en verde. En una piel fresca existen zonas de estructuras bastante diferenciadas en lo que respecta al espesor y la capacidad. Estos contrastes son sobre todo importantes en el caso de pieles grandes de bovinos. En una piel se distinguen tres zonas.

a. Crupon

Adzet J. (2005), manifiesta que el crupon corresponde a la parte de la piel de la región dorsal y lumbar del animal. Es la parte más homogénea, tanto en espesor como en estructura dérmica. Es además la más compacta y por lo tanto la más valiosa. Su peso aproximado es de un 46 % con relación al total de la piel fresca. La piel de la parte superior de la cabeza se conoce como testuz y las partes laterales se le llama carrillos. En el gráfico 1, se identifica el esquema de las zonas de una piel fresca.

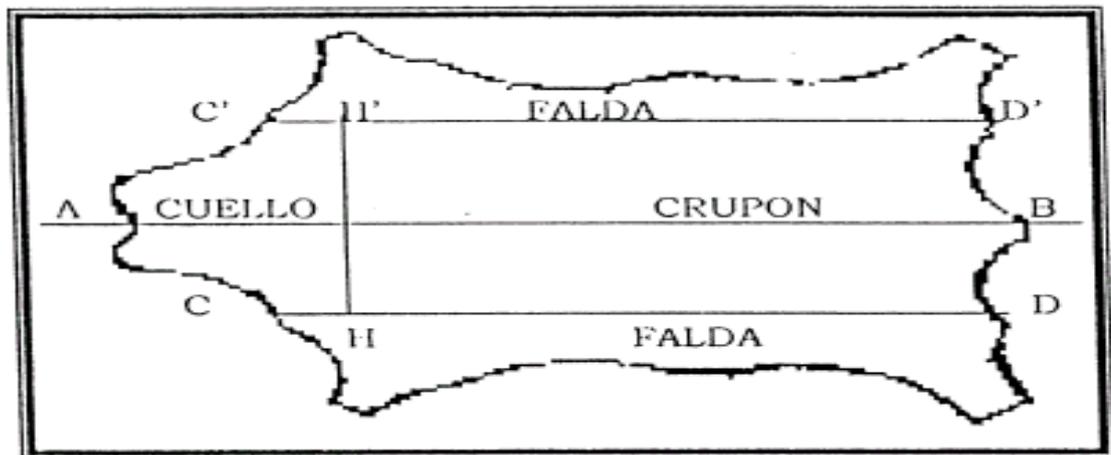


Gráfico 1. Esquema de las zonas de una piel fresca.

b. Cuello

Según <http://www.procesosiii.blogcindario.com>. (2014), el cuello corresponde a la piel del cuello y la cabeza del animal. Su espesor y compacidad son irregulares y de estructura fofa. La superficie del cuello presenta y profundas arrugas que fueron tanto más marcadas cuando más viejo sea el animal. La piel del cuello viene a representar un 26% del peso total de la piel.

c. Faldas

Para <http://www.cueroamerica.com>.(2014), las faldas corresponden a la parte de la piel que cubre el vientre y las patas del animal. Presenta grande irregularidades

en cuanto a espesor y capacidad, encontrándose en las zonas de las axilas las partes más fofas de la piel; las de las patas se encuentran algo cornificadas. El peso de las faldas corresponde un 28% del total. En una piel además se distinguen: el lado externo de la piel que contiene el pelaje del animal, y una vez eliminado este se llama lado de la flor. El lado interno de la piel, que se encontraba junto a la carne del animal se llama «lado de la carne».

2. Nombre de los diferentes cortes

Cotance, A. (2004), infiere que las pieles se pueden trabajar enteras y en otros casos se cortan en diferentes partes según su uniformidad. Así tenemos:

- Cuando se cortan en dos mitades siguiendo la línea de la espina dorsal, a cada una de las mitades se le llama: "hoja".
- Cuando la piel se corta según las líneas se obtienen cuatro trozos: el cuello, un crupón entero y dos faldas.
- Cuando se separan solamente las faldas, entonces queda una pieza formada por el crupón entero y el cuello que se llama "dosset", como se indica en el gráfico 2.

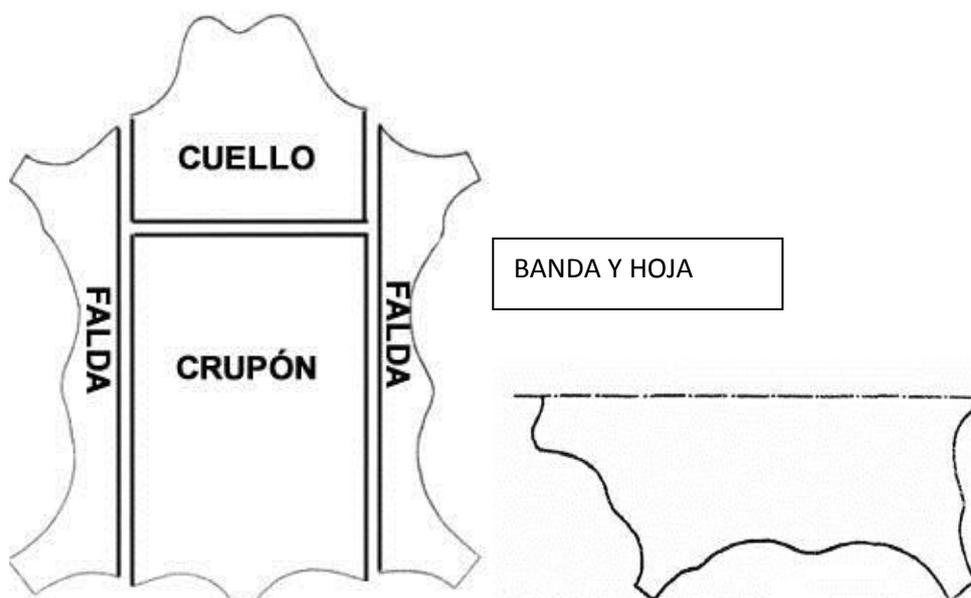


Gráfico 2. Cruponaje de las pieles.

B. OPERACIONES POSTERIORES AL ACABADO EN HÚMEDO

Frankel, A. (2009), ratifica que las operaciones posteriores al acabado en húmedo se describen a continuación:

1. Escurrido

Para escurrir, los cueros se pasan a través de una máquina que tiene dos cilindros recubiertos de fieltro. Al pasar el cuero entre ellos, éste expulsa parte del agua que contiene debido a la presión a la que se somete. Esta operación tiene además otra finalidad: dejar el cuero completamente plano y sin arrugas, aumentando al máximo la superficie. Una vez escurridos, los cueros irán a la máquina de repasar, (Frankel, A. 2009).

2. Repasado o estirado

Lampartheim, G. (2008), expone que esta operación se realiza para hacer más liso el grano de la flor, aplanar el cuero y eliminar las marcas que pueden ocasionar la máquina de escurrir. Si esta operación se realiza correctamente, aumenta el rendimiento en cuanto a la superficie del cuero, tema importante en el aspecto económico. Las máquinas de repasar son similares a las máquinas de descarnar con la diferencia de que las cuchillas no cortan y permiten estirar el cuero. La presión efectuada alisa el grano de la flor y permite evitar pérdidas de superficie.

3. Secado

Portavella, M. (2005), aduce que la función de la operación de secado es evaporar el agua que contienen los cueros, el secado es considerado una operación física tan simple, en la que se trata de evaporar el agua de la piel, que no debía influir sobre las características del cuero acabado, no obstante hay que

considerar que durante la operación del secado y dependiendo del tipo de aparato que se utilicen se producen migraciones de diversos productos, formación de enlaces, modificación del punto isoeléctrico, entre otras; es decir, que en esta operación existen modificaciones importantes. Se pueden distinguir dos formas de secar el cuero: sin someterlo a tensión o bien estirándolo, el primer tipo de secado se puede realizar:

- En cámara y en túnel: los cueros también se cuelgan y se secan por acción de aire caliente.
- Al aire libre: los cueros se cuelgan y se secan por acción del aire libre, o en una cámara, de forma tensionada si previamente se estiran las pieles y se sujetan sobre placas de formas o estructuras no compactas de madera o metal.
- Por bomba de calor: se cuelgan los cueros y se secan con aire a baja temperatura y seco (imitación controlada de secado al aire libre). Del segundo tipo de secado se destacan: El pasting. Se estira el cuero y por el lado flor se adapta a una placa de vidrio, la cual se hace circular por un túnel de secado. El secoterm. Se estira el cuero y por el lado carne se adapta a una placa metálica por la que, en su interior, circula un líquido caliente. El vacío. Se estira la piel sobre una placa metálica caliente, con otra placa se cierra de forma hermética y se provoca una gran bajada de presión.

Lultcs, W. (2003), indica que es importante controlar la humedad final de los cueros, es conveniente, una vez secos los cueros, dejarlos reposar en un ambiente con la humedad adecuada durante unas 48 horas, con el objetivo de obtener unos resultados más uniformes en el producto final. Finalizada la operación de ablandado es conveniente secar los cueros manteniéndolas planas hasta alcanzar un contenido final de humedad del orden del 10-12%, pero fundamentalmente para obtener el mayor rendimiento posible de superficie y retirar parte de su elasticidad, alcanzando una estabilidad de la forma, obteniendo un cuero más armado. El secado se considera una operación simple, tanto al aire como en máquina y aparentemente no influiría en las características del

cuero terminado, pero esto no es así. El secado es algo más que la simple eliminación de la humedad para permitir la utilización práctica del cuero, pues también contribuye a la producción de las reacciones químicas que intervienen en la fabricación del cuero, por lo que constituye uno de los pasos más importantes en la calidad del cuero. El escurrido y estirado son operaciones mecánicas para extraer el excedente de agua interfibrilar que se acumuló durante las operaciones anteriores de esta etapa, así como estirar y alisar los cueros utilizando una máquina que funciona con una cuchilla helicoidal. Finalmente, la última operación de esta etapa es el secado para evaporar el agua que contiene el cuero hasta alcanzar valores de humedad entre 14 y 16%. El cuero recurtido se conoce como cuero en crust.

4. Acondicionado

Shreve, R. (2004), infiere que después del secado del cuero y antes de pasar a realizar el acabado, se realizan una serie de operaciones según sea el artículo final deseado. Para realizar operaciones tales como el ablandado, el abatanado u otras, es necesario que el cuero contenga una humedad homogénea en todo el espesor del cuero. El acondicionamiento de los cueros tiene por finalidad rehumedecer uniformemente las superficies y regiones del cuero con un determinado grado de humedad, siendo una operación de gran importancia porque influye en la ejecución eficiente de las operaciones siguientes. Dicha humedad se consigue, o bien interrumpiendo el secado en el momento oportuno, o bien, de una forma más fiable, realizando un acondicionamiento.

Cotance, A. (2004), infiere que durante el secado las fibras del cuero se unen entre sí dando un cuero duro y compacto. El cuero secado a fondo no puede ablandarse directamente ya que se produciría la rotura de sus fibras obteniéndose un cuero fofo. Después del secado el cuero posee una humedad del 14-15% y así no puede ser sometido a ningún trabajo mecánico. La humedad en el cuero evita que se rompan las fibras en las operaciones mecánicas posteriores. Con el acondicionamiento la humedad se eleva al 28-30%. El tiempo necesario para que los cueros adquieran estos valores varía de 6, 8, 12 hasta 24 horas. Se utiliza

el medidor de humedad (higrómetro) para medirse como mínimo en 3 zonas: crupón, barriga y cabeza.

a. Métodos utilizados

Para <http://www.tecnicasdecueroelizerorjo.com>.(2014), los métodos utilizados para el acondicionamiento del cuero

- **Aserrín húmedo:** Este es el procedimiento más antiguo. Las pieles son apiladas alternando capas de aserrín húmedo con capas de pieles. El aserrín debe tener 40-50% de humedad y debe estar exento de taninos y de resinas que podrían producir manchas sobre el cuero; para ello debe proceder de maderas duras y blancas. El aserrín de maderas suaves no es apropiado porque tiene altas partes de resina y astillamientos. Logrado el equilibrio después de 1 o 2 días, los cueros presentan un 30 a 34 % de humedad. Se debe realizar con aserrín húmedo y en locales donde la temperatura oscile entre los 18 a 22°C. La pila debe cubrirse totalmente ya que en caso contrario las partes expuestas al aire se secan.
- **Pulverización con agua:** Este humedecimiento con agua puede realizarse de dos maneras: con máquina de humectar o con pulverización directa con pistola. En la máquina de humectar los cueros son transportados a través de una cinta con unos picos con pulverización de agua sobre las pieles. Después son colocados en pilas y dejados en reposo de 12 a 24 horas para permitir la distribución uniforme de la humedad. En el sistema de pulverización directa de agua con pistola se pulveriza el agua en pequeñas cantidades en los dos lados del cuero, apilándose flor sobre flor de otro cuero y cubriéndose la pila con plástico. Este cuero se deja en reposo de 8 a 12 horas.
- **Cámara húmeda:** Consiste en una sala con controladas, humedad relativa 85 a 97% y temperatura alrededor de los 40°C, sin circulación de aire, donde los cueros son colocados en pilas y dejados en reposo por más o menos 6 horas hasta que adquirimos la humedad adecuada para las operaciones siguientes.

- Otro sistema de acondicionado consiste en sumergir los cueros en agua durante un cierto tiempo, a determinar en cada caso ya que dependerá de la capacidad de absorción de cada tipo de piel, dejándolas apiladas de 24-48 horas para que la humedad se reparta uniformemente, lo cual debe realizarse en un local cerrado. Este tipo de acondicionado encuentra aplicación en pieles puro cromo que tienen poca absorción. Las pieles recurtidas, en general, tienen mayor absorción y retienen una cantidad excesiva de agua.

5. Ablandado

Leach, M. (2005), manifiesta que el objetivo es darle al cuero la flexibilidad necesaria para el artículo que deseamos, ya sea por palizón, ablandado a rueda o a pistón (mollisa). La elección de la máquina de ablandar y la forma de realizar el mismo depende del tipo de cuero a procesar y del artículo. Por ejemplo un cuero para capellada conviene ablandar cabeza y patas con palizón y luego pasar el cuero por mollisa. En el caso de un cuero para vestimenta conviene ablandar la periferia en la rueda-abridora y luego palizonar todo el cuero. Lo que en definitiva se quiere evitar es que el cuero se rompa. También se utiliza este tipo de máquina para ablandar cueros pequeños como cabritos, becerros y ovejas. Una vez ablandados los cueros y antes de que empiecen a secarse se los estiran en el togling para dejarles un 10-14% de humedad. El togling no debe estar muy caliente (30-35°) para no resecar y acartonar el cuero. Se desclavan y se dejan reposar un cierto tiempo para que vaya absorbiendo la humedad ambiente y uniformizar la partida.

6. Estirado o estacado

Herfeld, H. (2004), informa que el estirado consiste en darle al cuero una estabilidad dimensional, esto lo hacemos en tableros de madera o en una máquina estacadora llamada toggli que son unos marcos metálicos donde se agarra el cuero con unos ganchos y se lo estira, por medio de temperatura se le da la estabilidad de la superficie y se procede a sujetar y estirar el cuero,

colocando clavos es todo el contorno, luego estos tableros son expuestos al sol para que se mantenga en forma rígida y estabilidad dimensional para facilitar el proceso de pintado. En el caso de los tableros se estira el cuero y se lo sujeta con clavos y se expone al sol, es decir el estirado o secado se lo puede realizar manualmente para lo cual se coloca el cuero sobre marcos de madera y ayudándonos de una pinzas se le jalara desde las faldas para ganar mayor superficie y posteriormente se clava para que el cuero quede totalmente estirado, es un método muy dificultoso por lo cual se lo reemplaza con la utilización del toggling que consiste en el clavado del cuero en marcos metálicos de chapa perforada con ganchos especiales y secado controlado; en consecuencia, una unidad de toggling consiste en una cantidad de chapas perforadas colocadas en un secador de temperatura y humedad controladas. El cuero se estira y se sujeta mediante un número de abrazaderas (ganchos especiales o toggles), que se enganchan en las chapas. El toggling tiene la ventaja de permitir el secado de grandes cantidades de cuero en un espacio relativamente pequeño; además, durante el secado se estira el cuero. Tiene la desventaja de que resulta difícil mantener y controlar condiciones de temperatura y humedad constantes

Para <http://www.nuetralizacionfloter.com>.(2014), todos los cueros que son secados guindándose al aire libre presentan, de acuerdo al tipo de curtido, una crispación de la superficie del orden del 5-15%. La reducción de la superficie se debe fundamentalmente a aumentos de temperaturas en el secado en los estadios finales del proceso. Esta pérdida de superficie luego puede disminuirse en los procesos mecánicos del acabado como ablandar y clavar pero no se logra una compensación total. Es importante seleccionar temperaturas suaves de secado e insertar zonas de climatización en las etapas finales del proceso.

7. Recorte

Thorstensen, E. (2002), indica que el recorte de los cueros tiene como objetivo retirar pequeñas partes totalmente inaprovechables, eliminando marcas de secaderos de pinzas, zonas de borde endurecidas, puntas o flecos sobresalientes y para rectificar las partes desgarradas, buscando un mejor aprovechamiento de

los procesos mecánicos y un mejor aspecto final. El recorte mejora la presentación de los cueros y también facilita el trabajo de las operaciones siguientes. Evidentemente en los recortes realizados se retira lo estrictamente necesario, para no reducir considerablemente el área o el peso de los cueros. El recorte se realiza con tijeras, en pieles más duras con cuchillas más afiladas y también con máquinas especializadas.

8. Clasificación

La Casa Química Bayer. (2007), asegura que previo a las tareas de acabado, es necesario realizar una de clasificación de los cueros, que en realidad sería la segunda clasificación (la primera se hace en cromo). La misma debe ser realizada teniendo en cuenta, por ejemplo: la calidad, tamaño, el espesor, los daños de flor, ya sean los propios del cuero o por procesos mecánicos (mordeduras de máquinas), la firmeza, la uniformidad de tintura, la absorción de la flor. Se clasifica para destinar los cueros a los diferentes artículos: plena flor, nubuck, etc. y por lo tanto se determina a qué sección del acabado se envían. Es así que por ejemplo, los cueros de flor floja y dañada serán desflorados, y luego impregnados para darles firmeza; a los que no están bien tintados podemos remontarles el color mediante la aplicación de tinturas a soplete. Otro ejemplo es si el cuero tiene poca absorción, se la podemos mejorar por medio de penetrantes.

9. Esmerilado

Thorstensen, E. (2002), afirma que el esmerilado consiste en someter a la superficie del cuero a una acción mecánica de un cilindro revestido de papel de esmerilar formado por granos de materias abrasivas tales como el carborundo o el óxido de aluminio. El esmerilado puede realizarse:

- Por el lado carne de la piel con la intención de eliminar restos de carnazas y con ello homogeneizar y mejorar su aspecto, o bien la de obtener un artículo tipo afelpado.

- Por el lado flor de la piel puede ser con la intención de obtener un artículo tipo nubuck, que se realiza con pieles de buena calidad y que permite obtener una felpa muy fina y característica. Por el lado flor de la piel para reducir o incluso eliminar los defectos y en este caso la operación se conoce como desflorado.

Según <http://www.ifcifcextsustainability.com>. (2014), es común creer que con esta operación se eliminan los daños del cuero. Pero no es así, es importante insistir en que sólo disimularemos los mismos cuando son superficiales. Para eliminar las lesiones profundas, habría que raspar con tanta profundidad que transformaríamos el cuero en un descarne. Podemos decir entonces que la finalidad es disimular pequeños daños de flor y mejorar el aspecto de está, convirtiendo los poros grandes en poros finos y parejos. Si desfloramos por debajo del límite indicado (la profundidad viene dada en el límite inferior, por el poro de la piel), se corre el riesgo, por ejemplo, que cuando se arme el calzado el cuero tome aspecto de descarne en las partes de mayor estiramiento como ser la puntera del calzado. Para un desflorado uniforme es necesario que los cueros tengan uniformidad de espesor en toda la superficie. Los factores que influyen en la uniformidad del esmerilado:

- Curtido y recurtido: los cueros curtidos con taninos vegetales son más fácilmente lijados que los curtidos al cromo, y en los curtidos al cromo-vegetal el recurtido confiere mayor firmeza a la flor y ayuda en la operación de lijado.
- Engrase: en la cantidad y distribución de los aceites en el cuero. Por ejemplo, un cuero donde hubiera poca penetración de aceite ocasiona una flor muy engrasada y empasta la lija.

Hidalgo, L. (2004), reporta que los papeles de esmerilar o lijas se clasifican por el tamaño del grano en gruesas, medias y finas. Los granos gruesos corresponden a los números bajos 50-120, los intermedios a 150-220 y los grados finos a 250-400 y valores superiores a los más finos. Un buen esmerilado y desempolvado garantiza una buena adherencia y uniformidad en la formación del film del

acabado, disminuyendo algunos problemas durante la fabricación de calzados, tales como quiebres o rupturas del acabado.

10. Desempolvar

Bacardit, A. (2004), manifiesta que el desempolvado consiste en retirar el polvo de la lija de las superficies del cuero, a través de un sistema de cepillos o de aire comprimido. En el cuero no desempolvado, el polvo está fijado al cuero por una carga de estática, el polvo de la lija empasta, se acumula sobre el cuero dificultando las operaciones de acabado, no adhiriendo la tintura al sustrato. La máquina de desempolvar de cepillos, desempolva cepillando la piel con dos cepillos que giran a contrapelo de la piel. El polvo se lo lleva un sistema de aspiración. Desempolvan bastante, pero son poco productivas. Es una máquina de salida. Se pone la piel y se cepilla sacando la piel hacia afuera (contrapelo). La máquina de aire comprimido saca el polvo mediante el aire comprimido. Este es insuflado por unos sopladores situados por encima y por debajo de la piel. Hay un compresor que envía el aire a los sopladores. También hay un sistema para aspirar el polvo, las cintas transportadoras son de tela.

11. Medición

En <http://wwtauroquimica.com>.(2014), se ratifica que la industria del curtido comercializa los cueros por superficie, salvo en el caso de las suelas que se venden por peso. La medición de la piel depende del estado en el que se encuentra. Se estima que deben controlarse un 3% del número total de pieles para tener una idea exacta de la superficie de todo un lote. Las superficies del cuero se miden en pies cuadrados, pero hay países que manejan metros cuadrados. (1 pie cuadrado=929 cm²). Como la superficie del cuero varía de acuerdo a la humedad relativa del ambiente, antes de la medición se deberían acondicionar los cueros en ambientes de acuerdo a lo establecido en la Normas IUP3 (Climatizar los cueros para que haya condiciones de comparación entre los resultados). Esta norma establece una temperatura de entre 20°C + 2°C y una humedad relativa de 65 + 2 % durante las 48 horas que preceden a los ensayos

físicos). Debido a la forma irregular de los cueros para conocer su superficie se emplean sistemas manuales y también mecanizados. Entre los sistemas manuales podemos citar:

- Método del cuadro: consiste en un simple marco de madera cuya superficie interior tiene 3 x 4 pies cuadrados, dividido por alambres de dos colores diferentes, uno correspondiente a pies cuadrados y otro a 1/4 pie cuadrado.
- Recortado sobre papel: sirve como control y consiste en cortar un papel con la forma exacta de la piel que se desea medir y luego se pesa con balanza de precisión el trozo de papel. Por otro lado se cortan cuadrados de papel que tengan 30,48 cm. de lado lo que equivale a 929,03 cm² y que por consiguiente corresponden a un pie cuadrado y también se pesan. Por comparación entre el peso del papel en forma de piel y el peso del pie cuadrado se determina la superficie de la piel. El papel debe tener un gramaje homogéneo para manejar resultados exactos.
- Medición con planímetro: el planímetro consta de un brazo articulado sobre el cual va montado una rueda y en el extremo tiene un estilete. Para medir el área se sigue con el estilete la línea del contorno del cuero, empezando en un punto y terminando en el mismo. El área se determina a partir del número de vueltas que la rueda ha dado en un sentido determinado. Este sistema controla la superficie, pero no es de uso industrial.

Según <http://www.coselsacurtido.com>. (2014), la industria del cuero se manejaba hasta hace años con máquinas para la medición de pivotes y de ruedas, pero el desarrollo tecnológico ha puesto al servicio de las curtiembres máquinas de medir electrónicas de gran precisión. Estas máquinas constan de cintas transportadoras, cabezales de medida, marcado automático del pietaje e indicadores de pietaje y sumadora. En general poseen marcadores digitales.

C. ABLANDADO DE LAS PIELES

Para <http://www.fao.org/docs/2014>, el ablandado se realiza mediante la acción de un cilindro de cuchillas romas, entre las cuales se encuentran cerdas duras para eliminar el polvo. En el cilindro, a parte de las cuchillas romas y las cerdas también se encuentran piedras abrasivas, con lo cual, se obtiene un efecto combinado de ablandado y esmerilado. Para poder realizar la acción, la piel es presionada contra el cilindro mediante una cinta de presión con un ángulo de 135° y la fuerza de presión es regulada por el operario en función del efecto que se quiera obtener. El ablandado consiste en romper mecánicamente la adhesión entre fibras que se produce a consecuencia del secado y así lograr cuero flexible.

1. Finalidad del ablandado

Según <http://www.worldlingo.com/2014>, durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación (acomodación) y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas. El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura. Esto se logra sometiendo las fibras del cuero acondicionado a un repetido doblado y estirado, lo que provoca que las fibras se separen entre sí, dando un cuero más flexible. Las máquinas que se utilizan para el suavizado constan de cilindros rotativos. La finalidad del mismo consiste entonces en:

- Descompactar las fibras compactas durante el secado, esto es hacer que las fibras que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico.
- El ablandado de las pieles se realizan con el fin de devolver al cuero su flexibilidad y presentación, quitándole la característica de cuero acartonado en el secado. Debido a la fuerza de cohesión interfibrilar, el cuero después del primer secado es duro y sin flexibilidad.

- Promover una acción lubricante de los aceites de engrase instalados en la estructura fibrosa. En el gráfico 3, se indica los tipos de ablandados.

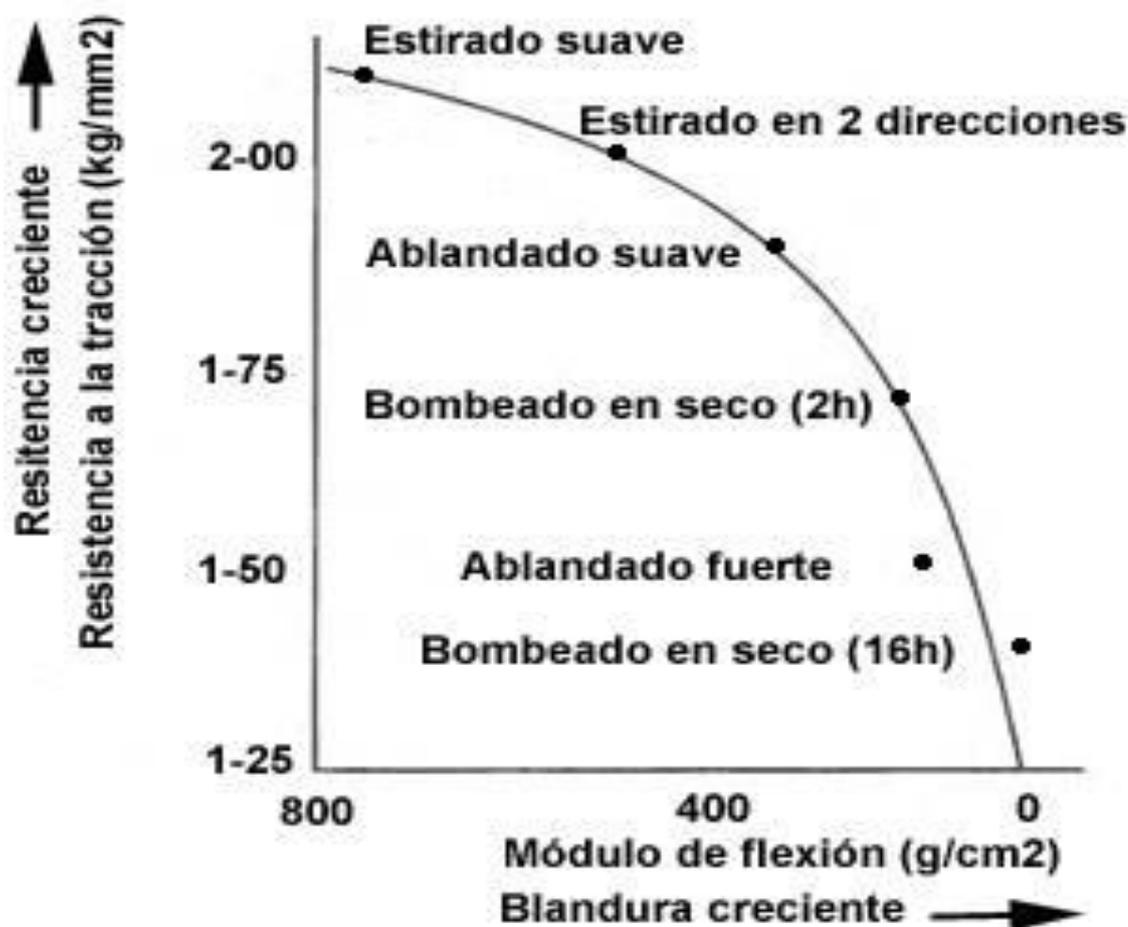


Gráfico 3. Tipos de ablandado y su efecto sobre las resistencias del cuero.

2. Factores que influyen en el ablandado

Córdova, R. (2009), señala que existen aspectos que deben ser cuidadosamente observados para garantizar la eficiencia de la operación, evitando así defectos irreversibles en la flor del cuero:

- Grado de humedad del cuero (28-30%): La importancia del acondicionamiento reside en la uniformidad de esta humedad sobre la superficie del cuero. Cifras bajas de humedad (14-15%) puede soltar la flor.

- **Espesor del cuero:** El cuero por lo general tiende a ser demasiado esponjoso perdiendo a característica natural de cuero por eso en el proceso del ablandado se compactan las fibras y el espesor de cuero se delimita hacia la calibración de la máquina.
- **Engrase y recurtido:** Estas operaciones deben ser uniformes en toda la superficie del cuero, para no encontrar regiones más blandas y más duras en un mismo cuero.
- **Regulado de los equipos:** Esto refiere al control de la presión de los pinos y cabezales, la velocidad del fulón de ablandar y tiempo de ablandado. El regulado debe ser hecho de acuerdo al espesor del cuero.
- **Son de uso corriente materiales de refuerzo** para aumentar la resistencia al desgarró y la tracción de los cueros blandos, para que puedan soportar las tensiones y exigencias de la fabricación y el uso de los calzados. Pero esto puede causar efectos colaterales indeseables, tales como rigidez y soltura de flor de los cueros, además de aumentar los costos. El ablandado de la piel seca por acción mecánica conlleva un descenso general de las resistencias de la piel, proporcional al grado de esfuerzo mecánico aplicado a la misma. En esta gráfica se observan los efectos del ablandado mecánico sobre la resistencia de la piel.
- Después de realizar el ablandado las fibras no se rompen al flexibilizarse. Luego se seca hasta dejar al cuero con un 12-14% de humedad. Obtendremos así el cuero deseado (blando, semiblando, etc.).
- El cuero seco es un cuero duro y compacto, porque sus fibras pueden unirse y no puede ablandarse directamente, ya que provocaría la rotura de sus fibras obteniéndose un cuero sin la resistencia al desgarró que se necesita para la fabricación del producto final. Por lo tanto, será necesario proceder a un acondicionado que permita incorporar al cuero una humedad homogénea del 20% al 22% en todo su espesor.

3. Máquinas para el ablandado del cuero

Para <http://www.papays.org>.(2014), existe varios métodos para ablandar el cuero entre los cuales podemos mencionar:

a. Rueda de ablandar

Esta máquina de ablandar consta básicamente de una rueda con una serie de paletas redondeadas. El cuero es colocado en la rueda por el lado de carnes y sostenido con tensión. Para que todas las partes del cuero sufran la acción de ablandado la posición del mismo va siendo modificada por el operador. Es ideal para pieles pequeñas, ovino, para vestuario, para pieles con pelo, conejos, pero es de baja producción (<http://www.papays.org>. 2014).

b. Palizonadora de brazo (Jacaré)

Para <http://www.acercar.org.com>. (2014), la palizonadora posee dos brazos móviles uno arriba y otro abajo del nivel de la mesa. El brazo superior presenta en su extremidad dos paletas y el brazo inferior una paleta. Por el funcionamiento, los brazos sufren un cerramiento en razón del movimiento, los cueros pasan entre las paletas. Durante la ejecución el operador varía la posición del cuero, de modo de proporcionar acción mecánica en todo. Esta acción mecánica es regulada por la mayor aproximación de las paletas y por la aplicación de mayor presión en el brazo inferior. La máquina posee un dispositivo destinado a agarrar el cuero durante el proceso de ablandado con el fin de evitar el desprendimiento durante la operación. Se usa para cueros secados a ambiente (napas) que necesitan de una acción sobre las fibras. Puede ser utilizado para ablandar todo cuero o solamente las partes más duras como cabeza y piernas. Entre las ventajas se destaca que tiene un mayor efecto de desconcentración de las fibras; puede ser utilizado para realizar un pre-acabado en las regiones de las piernas y la barriga donde el efecto de molisamento no es muy riguroso, pero en contrapartida es de baja producción y tiene altos riesgo de accidente. Con un mal regulado se puede causar soltura de

flor pronunciada o grandes rasgamientos en las partes laterales de medios cueros.

c. Máquina de ablandar

Lacerca, M. (2003), explica que este sistema de pinos, los cueros a ablandar se pasan entre placas que contienen pinos desencontrados. Las placas tienen movimiento vibratorio vertical, haciendo que los pinos inferiores penetren entre los pinos de las placas superiores. El movimiento de los cueros se ejecuta por cintas, siendo la alimentación hecha por un lado de la máquina y la salida por el otro lado. Es un sistema continuo y de alta producción pero no se gana en superficie.

d. Fulón de batanar

Libreros, J. (2003), reporta que, este sistema consiste en un fulón que no tiene trancas internas ni paletas para evitar que los cueros se rasguen, pero sí bolas de goma como carga, que al chocar con los cueros logran el ablandado de los mismos. Es una alternativa cuando el aspecto de la flor suelta no tiene importancia, así como la obtención de superficie. Es indicado para napas (vestuario y tapicería), gamuza, descarne y cueros con pelo (alfombras) etc. Su velocidad varía en la faja de 15-18 rpm, normalmente. Para descarnes, por ejemplo, puede ser utilizado con inyección de vapor, pues reacondiciona y ablanda al mismo tiempo, agilizando la producción. Los fulones de ablandado son generalmente más estrechos y con diámetro mayor que los de recurtido lo que causa la caída de los cueros a una distancia mayor dentro de los fulones.

Morera, J. (2000), indica que la elección de la máquina de ablandar y la forma de realizar el mismo dependerá del tipo de cuero a procesar y del artículo deseado. Por ejemplo: cuero para capellada conviene ablandar cabeza y patas con palizón, y luego pasar el cuero por mollisa. En el caso de cuero vestimenta conviene ablandar el cuero, su periferia, en la rueda de ablandar y luego palizonar todo el cuero. Lo que en definitiva estamos buscando es evitar que el cuero se

rompa. Una vez ablandados los cueros y antes de que empiecen a secarse se lo estiran en el togling para dejarle un 10-14% de humedad. El togling no debe estar muy caliente (30-35%) para no resecar y acartonar el cuero; se desclavan y se dejan reposar un cierto tiempo para que vaya absorbiendo la humedad ambiente y uniformizar la partida de cuero.

e. Máquina vibratoria

Según <http://www.tilz.tearfund.org>. (2014), las máquinas más usadas para vacuno son las vibratorias (tipo Mollisa) en las cuales, con la ayuda de unas cintas de goma, se pasan las pieles a través de unas placas con unos pivotes romos que al vibrar doblan la piel y la ablandan: Un esquema de la máquina se ilustra en el gráfico 4.

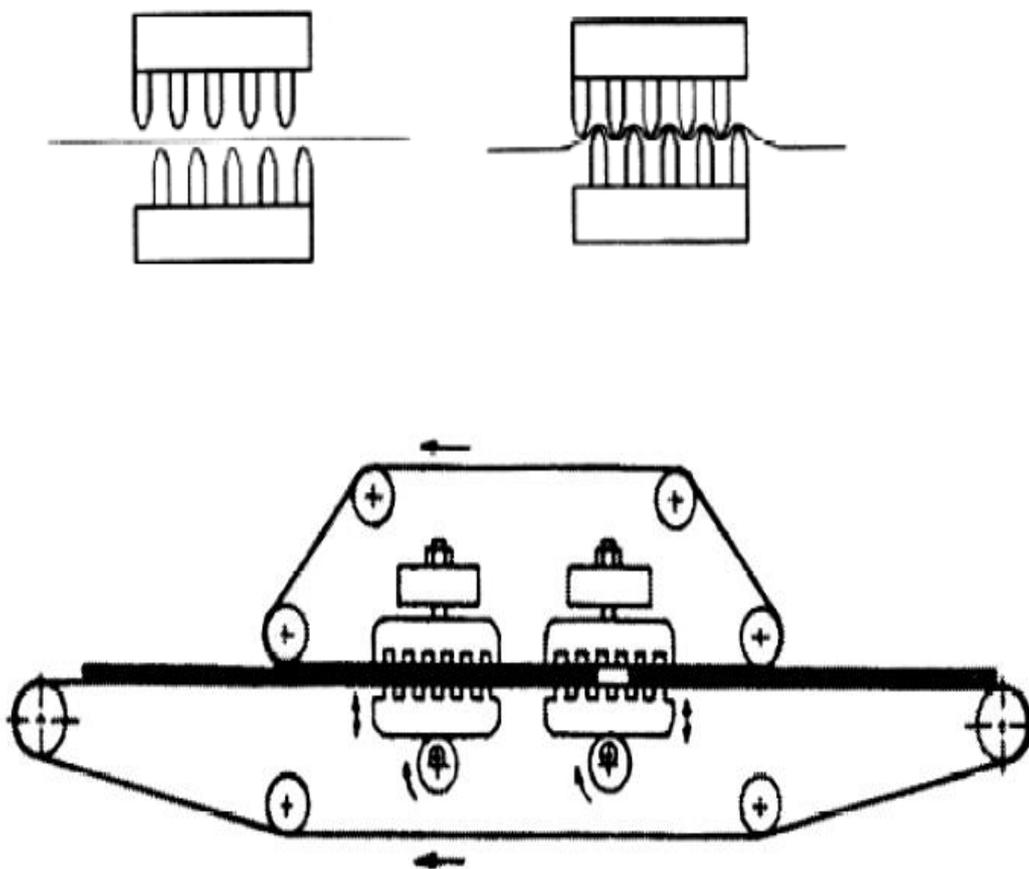


Gráfico 4. Esquema de una máquina vibratoria de ablandar.

Palomas, S. (2005), señala que las placas miden aproximadamente unos 30 cm x 30 cm. Se puede regular la introducción de los pivotes, ya que cada placa se puede regular independientemente. A más introducción (presión), más ablandado y además puede ser diferente según la parte del cuero. El ablandado también se puede regular por la velocidad de la cinta transportadora: a menos velocidad, más doblado y más ablandado. Normalmente, una vez regulada la presión de las placas, se separan las hojas derecha e izquierda y se pasan unas al revés. Estas máquinas, respecto a las más antiguas de mandíbula, presentan la ventaja de la productividad. Incluso se pueden pasar dos pieles a la vez. Hay máquinas en que la piel sale por el mismo lado que entra (por debajo) y las maneja un sólo hombre.

f. Máquina de mandíbula

Rieche, A. (2006). infiere que es una máquina que apenas se usa, salvo en casos en que la vibratoria no haga el efecto deseado. La máquina tiene dos brazos: el superior tiene un cilindro de goma y es móvil y el inferior tiene dos cuchillas romas de acero inoxidable y es fijo. El brazo móvil estira el cuero hacia atrás y lo dobla entre las dos cuchillas romas: La mandíbula va hacia delante y atrás y se ablanda por tiras, por lo que el operario debe saber dónde ablandar más. Se puede regular la velocidad y la presión sobre el cuero. Un esquema de la máquina de mandíbula se ilustra en gráfico 5.

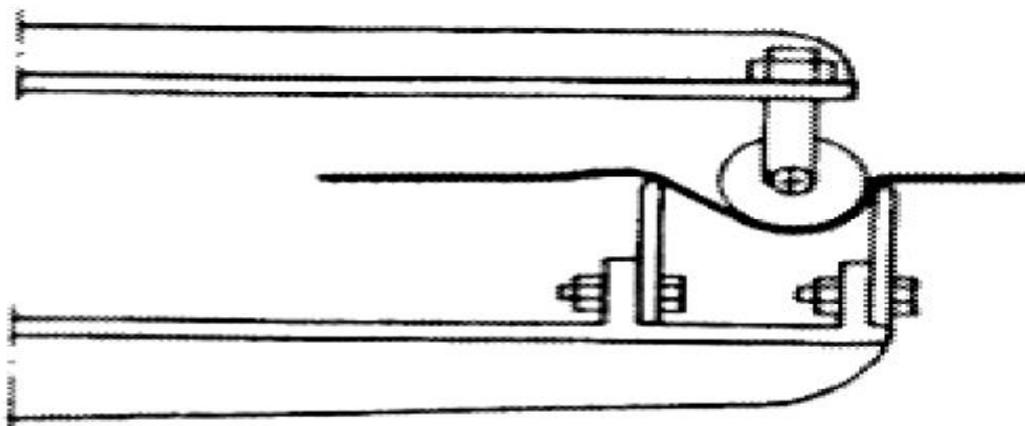


Gráfico 5. Esquema de la máquina de mandíbula para ablandar cueros.

g. Máquina rotativa o circular

Rivero, A. (2001), señala que esta máquina se usa para piel pequeña y consta de una rueda excéntrica (eje elevado) con cuchillas romas y protegida por los laterales, en el grafico 6, se ilustra un esquema de máquina rotativa o circular:



Gráfico 6. Esquema de máquina rotativa o circular

Shreve, R. (2004), infiere que en esta máquina la piel se extiende y se aguanta contra las cuchillas en la parte superior. El roce de éstas, produce el ablandado. Para piel pequeña hay otro tipo de máquinas, aunque el principio de actuación es el mismo.

D. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Según [http://www.wiki/Mecánicadesólidosdeformables\(2014\)](http://www.wiki/Mecánicadesólidosdeformables(2014)), en ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas con una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa), una deformación permanente o una fractura. La tensión es una fuerza que tira; por ejemplo, la fuerza que actúa sobre un cable que sostiene un peso. Bajo tensión, un material suele estirarse, y recupera su longitud original si la fuerza no supera el

límite elástico del material. Bajo tensiones mayores, el material no vuelve completamente a su situación original, y cuando la fuerza es aún mayor, se produce la ruptura del material. La Elasticidad es la propiedad de un material que le hace recuperar su tamaño y forma original después de ser comprimido o estirado por una fuerza externa. Cuando una fuerza externa actúa sobre un material causa un esfuerzo o tensión en el interior del material que provoca la deformación del mismo. En muchos materiales, entre ellos los metales y los minerales, la deformación es directamente proporcional al esfuerzo. Esta relación se conoce como ley de Hooke, así llamada en honor del físico británico Robert Hooke, que fue el primero en expresarla. No obstante, si la fuerza externa supera un determinado valor, el material puede quedar deformado permanentemente, y la ley de Hooke ya no es válida. El máximo esfuerzo que un material puede soportar antes de quedar permanentemente deformado se denomina límite de elasticidad.

Según [http://www.monografias.com/trabajos\(2014\)](http://www.monografias.com/trabajos(2014)), la relación entre el esfuerzo y la deformación, denominada módulo de elasticidad, así como el límite de elasticidad, están determinados por la estructura molecular del material. La distancia entre las moléculas de un material no sometido a esfuerzo depende de un equilibrio entre las fuerzas moleculares de atracción y repulsión. Cuando se aplica una fuerza externa que crea una tensión en el interior del material, las distancias moleculares cambian y el material se deforma. Si las moléculas están firmemente unidas entre sí, la deformación no será muy grande incluso con un esfuerzo elevado. En cambio, si las moléculas están poco unidas, una tensión relativamente pequeña causa una deformación grande. Por debajo del límite de elasticidad, cuando se deja de aplicar la fuerza, las moléculas vuelven a su posición de equilibrio y el material elástico recupera su forma original. Más allá del límite de elasticidad, la fuerza aplicada separa tanto las moléculas que no pueden volver a su posición de partida, y el material queda permanentemente deformado o se rompe.

- Fuerza: es toda acción que tiende a producir o produce un cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

- Carga: Se le llama así a las fuerzas externas que actúan sobre un material (kgF).
- Deformación: Es todo cambio de forma (mm).
- Deformación elástica: es el cambio en la forma que sufre un cuerpo bajo carga, el cual se comprime esta última.
- Deformación plástica: Es el cambio de forma que sufre un cuerpo bajo carga, el cual no se elimina al suprimir la carga que lo origina, obteniéndose una deformación permanente.
- Esfuerzo: Es la relación interna de los materiales cuando son sometidos a cargas. Generalmente se expresa en intensidad de fuerza, es decir la fuerza por unidad de área.
- Resistencia de proporcionalidad: Es el fenómeno que presentan los materiales, a ser sometidos a cargas en el que las deformaciones unitarias proporcionales a los esfuerzos que lo producen. (Ley de Hooke).
- Zona elástica: Es el área comprendida en un diagrama esfuerzo – deformación unitaria, por el trazo de la curva desde cero hasta el límite de elasticidad y por el valor de la abscisa, o sea la deformación correspondiente al límite elástico.
- Zona plástica: Es el área comprendida en un diagrama esfuerzo- deformación unitaria, por el trazo de la curva desde el límite elástico hasta el punto de ruptura y por el tramo de la abscisa comprendida desde el valor del límite elástico y el valor correspondiente al punto de ruptura.

1. Ensayo de tracción

Aneiros, M . (2005), indica que el ensayo de tracción consiste en estirar de forma controlada una pequeña probeta del material con forma de barra esbelta, generalmente hasta su rotura. Se trata de un ensayo muy común, probablemente el más común de los que cabe realizar a un material que se pretenda usar con

fines resistentes. Por ello, este ensayo está contemplado y regulado en la normativa (norma UNE EN 10002). El resultado del ensayo es una gráfica en la que se representa en abscisas el incremento de longitud de la probeta en cada instante, dividido entre su longitud inicial, y en ordenadas la fuerza aplicada en cada instante, dividida entre el área de la sección de la probeta. En el gráfico 7, se ilustra las magnitudes que intervienen en el trazado de la gráfica de ensayo de tracción.

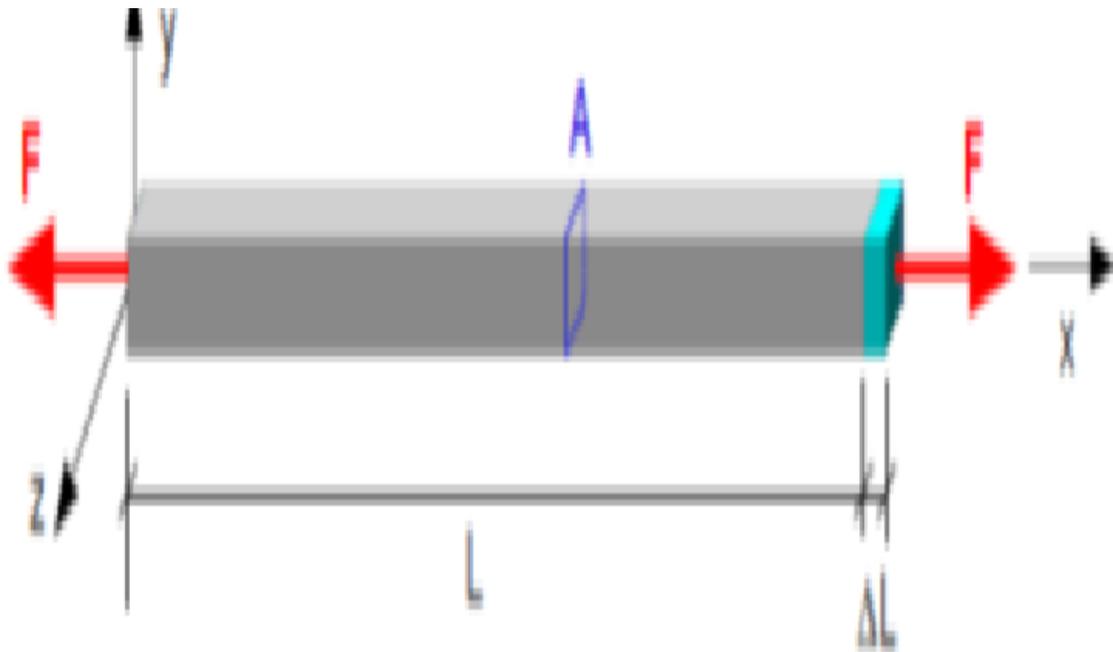


Gráfico 7. Magnitudes que intervienen en el trazado de la gráfica de ensayo de tracción.

En el ensayo de tracción:

$$\alpha_{xx} \approx F/A; \alpha_{xy} = \alpha_x^2 = \alpha_{yy} = \alpha_y^2 = \alpha_{yy} = 0$$

$$\epsilon_{xx} \approx \Delta L/L; \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz} \neq 0; \epsilon_{xy}; \epsilon_x^2; \epsilon_y^2 = 0.$$

Según <http://www.mater.upm.es>.(2014), tanto las soluciones analíticas conocidas como una amplia evidencia experimental muestran que, salvo en una pequeña zona cercana a las mordazas u otros dispositivos que se empleen para sujetar la

probeta por sus extremos y aplicar la fuerza, la distribución de tensiones y deformaciones es prácticamente uniforme en la probeta. Lo anterior es más cierto cuanto más esbelta sea la probeta, pero en todo caso en la práctica del ensayo se opera de forma que la medición se vea afectada lo menos posible por los efectos de borde, como se ilustra en el gráfico 8 del ensayo de tracción.

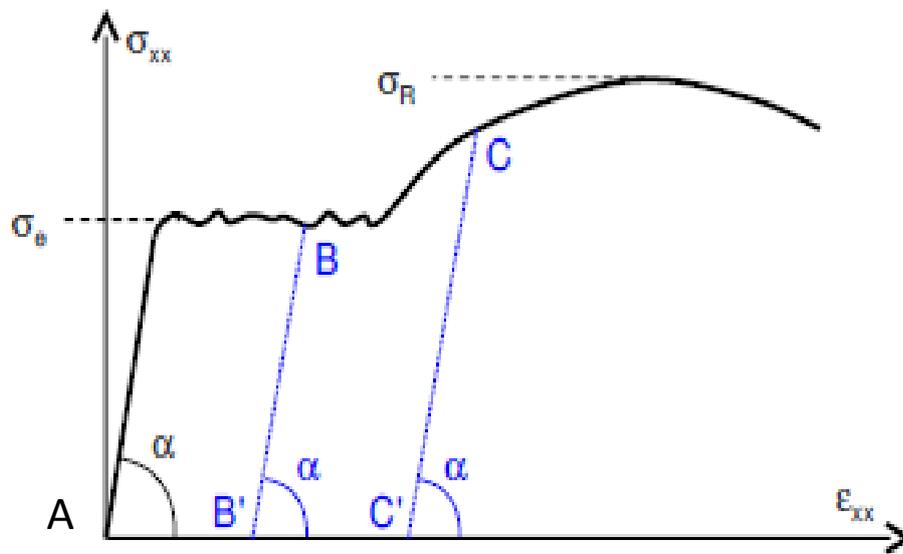


Gráfico 8. Magnitudes que intervienen en el trazado de la gráfica del ensayo de tracción.

Según <http://www2.ictp.csic.es>(2014), en concreto, para una probeta, es buena aproximación suponer que:

- Solamente existe componente de tensión σ_{xx} en la barra, la cual tiene un valor constante en todos los puntos. Un sencillo razonamiento de equilibrio conduce a que su valor debe ser $\sigma_{xx}=F/A$, que se representa en la gráfica del ensayo. El resto de componentes: σ_{xy} , σ_{xz} , σ_{yy} , σ_{yz} , σ_{zz} , son nulas.
- Solamente existen las componentes normales de deformación ϵ_{xx} , ϵ_{yy} , ϵ_{zz} , en la barra, teniendo cada una un valor constante en los puntos de la barra. Al ser constante, ϵ_{xx} debe coincidir con el incremento de longitud unitario de toda la barra, $\Delta L/L$, que se representa en la gráfica 9 del ensayo. Las componentes transversales de deformación, ϵ_{xy} , ϵ_{xz} , ϵ_{yz} , son nulas.

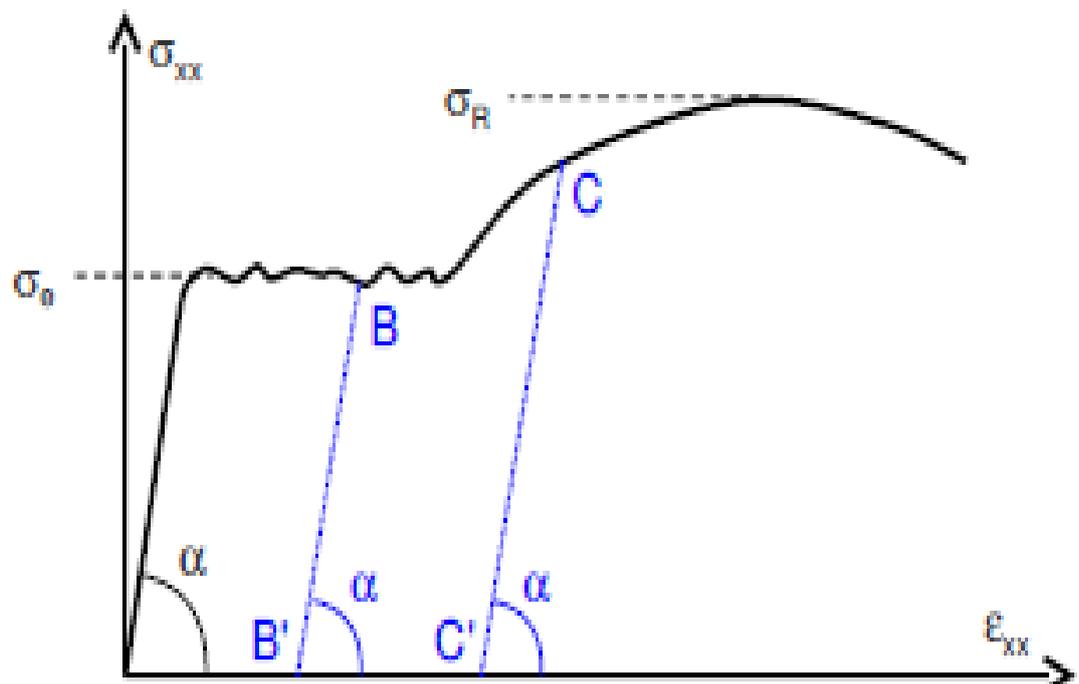


Gráfico 9. Resultado típico de un ensayo de tracción para un material sometido a fuerzas.

Aneiros, M. (2005), infiere que al llegar a la tensión del límite elástico, ocurre un fenómeno particular llamado “fluencia” del material. Como se aprecia, se trata de un aumento de la deformación a un valor de la tensión sensiblemente constante, que es el propio valor σ_e . El ensayo se suele realizar de forma que se impone a la probeta el incremento de longitud deseado en cada instante, gracias a lo cual es posible detener el ensayo en un punto como el B, si se desea. En ese caso, se desciende al nivel de tensión cero por una recta que es paralela a la de subida inicial, y la probeta descargada termina con la deformación correspondiente al punto B' . Se llaman deformaciones plásticas a estas deformaciones que no se recuperan tras la descarga. Si en lugar de interrumpir el ensayo en B, continuamos, no tarda en llegar un valor de la deformación para el que vuelve a ser preciso aumentar la tensión para obtener más deformación. Se llama etapa de fortalecimiento a esta fase del comportamiento del material. El punto marcado “C” se encuentra en esta zona. Nuevamente, si decidimos interrumpir el ensayo en este punto, descendemos al nivel de tensión cero por una recta de la misma pendiente que la recta inicial, y la probeta descargada termina con la deformación plástica correspondiente al punto C'.

Para <http://www.mater.upm.es>.(2014), si no se interrumpe el ensayo, se llega a una tensión α_R , que se denomina “tensión de rotura”. La misma corresponde al máximo indicado de la gráfica del ensayo. En la zona final descendente de la gráfica ocurren fenómenos de gran estrechamiento local de la sección de la probeta, que hacen que el parámetro F/A que se representa (siendo A el área inicial de la probeta), no es ya, ni siquiera aproximadamente, el valor real de la tensión α_{xx} en la zona del estrechamiento. En todo caso, en condiciones normales de trabajo, un material resistente soporta unas cargas dadas. En estas circunstancias, una zona descendente de la gráfica se recorre de manera incontrolada hasta la rotura efectiva de la probeta, por lo que el máximo antes citado es el que se toma como valor de la tensión de rotura.

2. Elongación

Para <http://www2.ictp.csic.es>(2014), la medida de la ductilidad de un material determinado en un ensayo de tracción. Es el incremento de la longitud en la distancia calibrada (medida después de la ruptura) dividido por la longitud original de la distancia calibrada. Una elongación mayor indica una mayor ductilidad. La elongación no se puede utilizar para predecir el comportamiento de los materiales sometidos a cargas repentinas o repetidas. La ductilidad es el grado en el cual un material se deformara antes de su fractura final. Lo contrario de ductilidad es fragilidad. Cuando se usan materiales dúctiles en elementos de máquinas, se detecta con facilidad la inminente falla, y es así una falla repentina. También, los materiales dúctiles resisten, bajo condiciones normales, las cargas repetidas sobre los elementos de máquina mejor que los materiales frágiles.

Según <http://www.wiki/Mecánicadesólidosdeformables>(2014), la medida usual de la ductilidad es el porcentaje de elongación o de alargamiento de la material cuando se fractura en una prueba normalizada de tensión. Antes de la prueba, se trazan marcas de calibración en la barra, por lo general a 2.00 pulgadas entre sí. Después, cuando se rota la barra, se acomodan las dos partes y se mide la longitud final entre las marcas de calibración. El porcentaje de elongación es la diferencia entre la longitud final y la longitud original, dividida entre la longitud

original y convertida a porcentaje. Esto es, porcentaje de elongación $= (L_f - L_0 / L_0) \times 100\%$. Se supone que el porcentaje de elongación se basa en una longitud calibrada de 2.00 pulgadas, a menos que otra longitud se indique en forma específica. En los aceros estructurales se usa con frecuencia una longitud calibrada de 8.00 pulgadas. Desde el punto de vista teórico, se considera que un material es dúctil si su porcentaje de alargamiento es mayor que 5% (los valores menores indican fragilidad). Por razones prácticas. Se aconseja usar un material con 12% o mayor de elongación, para miembros de máquinas sujetas a cargas repetitivas de choque o de impacto. El porcentaje de reducción del área es otro signo de ductilidad. Para calcularlo se compara el área de la sección transversa original con el área final en la ruptura para el espécimen de prueba de tensión. Para la preparación de las probetas de los métodos de ensayo especificados en los requisitos, se deben aplicar las condiciones establecidas en las normas: NTE INEN 553 y NTE INEN-ISO 4044, el muestreo se realizará de acuerdo a la NTE INEN 577.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de campo de la presente investigación comprendió las diferentes fases de construcción del ablandador de pieles menores, el cual se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo a una altitud de 2754 msnm, con una longitud oeste de 78°28 '00" y una latitud sur de 01°38'. Los análisis físicos se realizaron en el Laboratorio de Resistencias Físicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH. El tiempo de duración de la investigación fue de 126 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba, se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Temperatura (° C)	13.8
Humedad relativa (%)	63.2
Precipitación anual (mm/año)	465
Heliofania , horas luz	165.15

Fuente: Estación Agrometeorológica de la F.R.N. de la ESPOCH (2012).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

En la presente investigación se utilizaron 8 pieles de animales menores que fueron adquiridas por los estudiantes que se encuentran curtiendo en el laboratorio de curtiembre de la ESPOCH.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

1. Materiales

- Motor monofásico WEG de 1hp de 1750 rpm.
- Polea de 2pulg. de aluminio.
- Polea 21pulg.de aluminio.
- Banda Industrial.
- Templador de banda.
- Eje de acero inoxidable de 2 pulgadas con 2 rodamientos.
- Turbina de 80cm de diámetro, con aspas metálicas (37aspas).
- Estructura (placa de acero galvanizado de 0.5mm de espesor).
- Pintura.
- Pernos.
- Cable.
- Extensión.

2. Equipos

- Soldadora.
- Taladro.
- Pulidora.
- Moladora.
- Resistencia.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la valoración de la máquina ablandadora del cuero se utilizó una técnica de muestreo que comprendió un lote de 8 pieles de animales menores, y que vendrían a ser las unidades experimentales, y que correspondían a las pieles de las personas que en ese momento se encontraban curtiendo en el Laboratorio de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la ESPOCH.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

a. Mediciones físicas

- Área del cuero, dcm^2 .
- Grado de humedad del cuero, °C.
- Porcentaje de elongación, %.

b. Mediciones sensoriales

- Blandura del cuero, puntos.
- Flexibilidad del cuero, puntos.
- Llenura, puntos.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

- Media.
- Moda.
- Mediana.
- Desviación Standard.
- Coeficiente de variación.
- Histograma de frecuencias.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La implementación del presente equipo de curtiembre se realizó de la siguiente manera:

- Se evaluó la planta de curtiembre para realizar el equipo de ablandado de pieles, en el cual se determinara el área donde será colocado el equipo.

- Se procedió a medir la capacidad de la planta para poder diseñar el equipo para ablandar el cuero.
- Se realizó la compra de los materiales adecuados para la construcción del equipo, que nos servirá para el ablandado de los cueros.
- Inmediatamente se procedió a la construcción de la turbina, con un diámetro de 50 cm construido con una platina de acero de 5 mm de espesor, con sus respectivas aspas de 7x5 cm de 2 mm de espesor las mismas que son atornilladas en la turbina, por lo cual esta servirá para ablandar los cueros.
- Seguidamente se realizó el armazón del equipo, esto se lo construyo con una plancha de acero acorde a las necesidades del equipo con unas dimensiones de 80cm de espesor 20cm de ancho y 100cm de altura esto nos brinda la protección al momento de utilizar el equipo y para la protección de la turbina, polea y banda.
- Se procedió a instalar el motor monofásico de 1hp que es el encargado del funcionamiento del equipo con 166 rpm.
- Se procedió a colocar las poleas con sus respectivas chumaceras de pared de 1pulg. en la parte externa del equipo estas servirán para que gire la turbina con sus respectivas aspas.
- Se realizó la instalación en el laboratorio de curtiembre de la FCP.
- A continuación se realizará el montaje del equipo para comprobar su funcionamiento adecuado del mismo.
- Finalmente se realizó las pruebas con 8 pieles, haciendo pruebas sensoriales como de blandura, llenura y flexibilidad del cuero, para lo cual se utilizará pruebas piloto con pieles que se encuentren en proceso por los estudiantes de la asignatura de Curtiembre.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Área del cuero

La industria del curtido comercializa los cueros por superficie, salvo en el caso de las suelas que se venden por peso. La medición de la piel dependió del estado en el que se encuentra. Se estima que se debían controlar un 3% del

número total de pieles para tener una idea exacta de la superficie de todo un lote. Las superficies del cuero se midieron en pies cuadrados, pero hay países que manejan metros cuadrados. (1 pie cuadrado=9,29 dc²), como la superficie del cuero varía de acuerdo a la humedad relativa del ambiente, antes de la medición se debían acondicionar los cueros en ambientes de acuerdo a lo establecido en la Normas IUP3 (Climatizar los cueros para que haya condiciones de comparación entre los resultados. Esta norma establece una temperatura de entre 20°C \pm 2°C y una humedad relativa de 65 \pm 2 % durante las 48 horas que preceden a los ensayos físicos). Debido a la forma irregular de los cueros para conocer su superficie se empleó el método del cuadro que consistió en un simple marco de madera cuya superficie interior tenía 27.87 dm² x 37.16 dm², dividido por alambres de diferentes colores diferentes, para formar una cuadrícula y determinar cuántos decímetros tiene la piel.

2. Grado de humedad del cuero

Para determinar el grado de humedad del cuero se tomó en cuenta que durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación o acomodación y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas. El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura, por lo que fue necesario conocer la humedad con la que ingresa a la ablandadora y luego con la que sale de ella para por diferencia entre la humedad inicial y final determino el grado de humedad del cuero.

Humedad del cuero = Humedad inicial – humedad final

3. Porcentaje de elongación

El ensayo 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 es particularmente

necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación. La característica esencial del ensayo es que a diferencia de la 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 es más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. Existen varios procedimientos para medir este porcentaje pero el más utilizado es el método IUP 40 llamado desgarró de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se mide la fuerza media de desgarró y en IUP 44, se mide la fuerza en el instante en que comienza el desgarró, para lo cual :

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introdujeron en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas estuvieron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarró del cuero hasta su rotura total.
- La resistencia a la elongación se expresó en términos relativos, como el cociente entre la fuerza máxima y el grosor de la probeta, en Newtons/mm, aunque a efectos prácticos es más útil la expresión de la fuerza en términos absolutos, Newtons/cm².

4. Blandura del cuero

La medición de la blandura del cuero se la realizó sensorialmente es decir el juez calificador tomo entre las yemas de sus dedos el cuero y realizando varias torsiones por toda la superficie tanto en el lomo como en las faldas determinó la suavidad y caída del cuero y se lo calificó en una escala que fue de 1 que representa menor caída y mayor dureza, a 5, que es un material muy suave y con buena caída, mientras tanto que valores intermedios son sinónimos de menor blandura.

5. Flexibilidad del cuero

La flexibilidad del cuero fue evaluada por medio del sentido del tacto para lo cual se sujetara con las dos manos y se procedió a estirarlo hasta un punto que se considera total y por ende se calificó el grado de elasticidad y fue llevado este estiramiento a una calificación que fue de 1 a 5 en el cual la mayor puntuación la consiguió el cuero que logro mayor flexión sin provocar deformación o ruptura y valores más bajos fueron determinados en el cuero que no se flexionó correctamente y no regresó a su estado inicial si sufrir deterioro.

6. Llenura

La llenura fue una medición sensorial determinada por el juez calificador que primeramente visualizó, la superficie total del cuero para establecer las partes más y menos llenas y por ende calificara la acción descompactante de las fibras compactas durante el secado, esto es conocer que las fibras unidas que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico, que fue realizado por el ablandador.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

1. Determinación de la velocidad de las poleas

Para determinar la velocidad con que giraran la polea de transmisión de fuerza a las cuchillas se parte de la siguiente relación matemática:

$$n_2 = i * n_1$$

Dónde:

n_1 = velocidad de la polea de entrada en rpm.

i = relación de transmisión.

n_2 = velocidad de la polea de salida en rpm.

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Para determinar la relación de transmisión se parte de la siguiente expresión matemática que relaciona los diámetros de las poleas:

$$i = \frac{d_1}{d_2}$$

Dónde:

i = relación de transmisión.

d_1 = diámetro de la polea de entrada en in.

d_2 = diámetro de la polea de salida en in.

Conociendo que la polea de entrada, es decir la que está directamente conectada a el motor, tiene un diámetro de 2 in como se muestra en la figura 1, y que el diámetro de la polea de salida, es decir la polea que se encuentra conectada a las cuchillas de ablandado, tiene un diámetro de 21 in la relación de transmisión resultado:

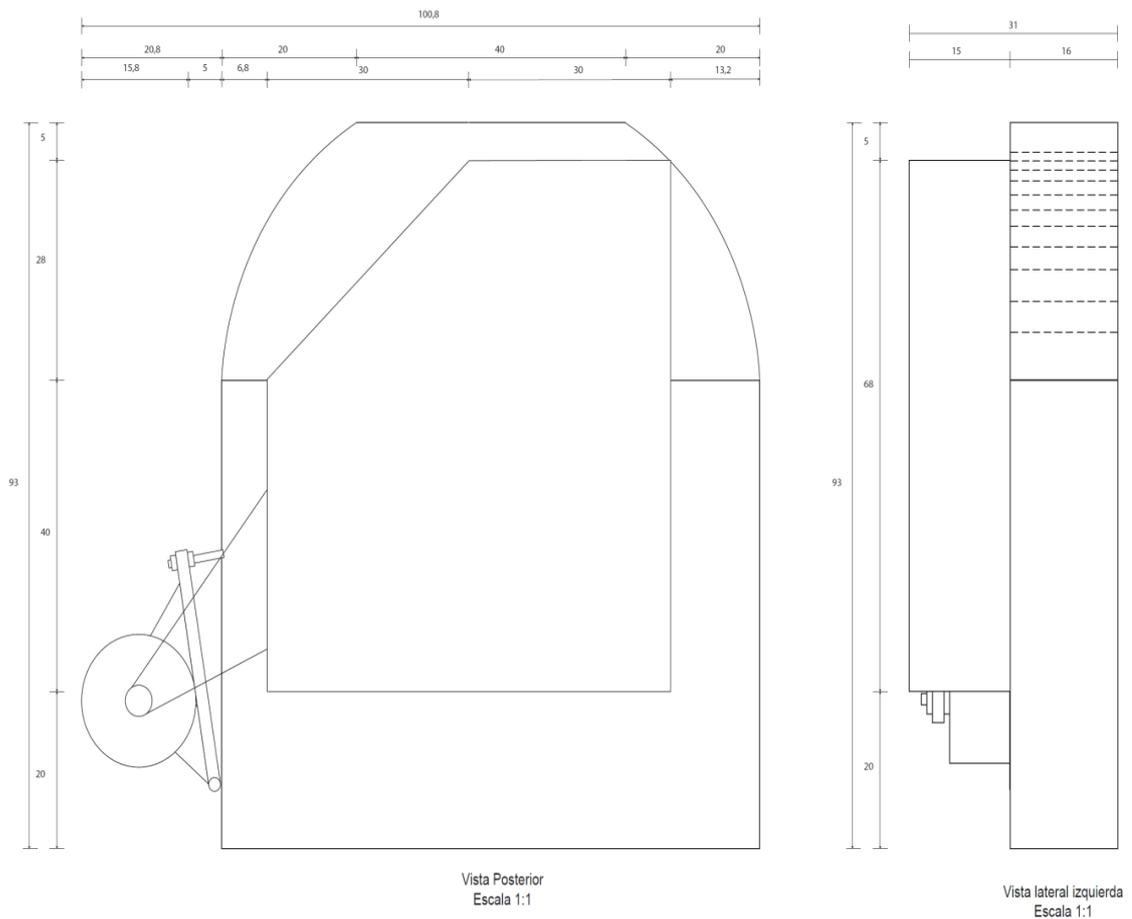


Figura 1. Dimensionamiento del sistema de poleas.

$$i = \frac{2in}{21in}$$

$$i = 0,095$$

Reemplazando el valor de la relación de transmisión obtenido y conociendo que el motor impulsa al eje de potencia a 1750 rpm se obtiene que la velocidad de giro de la polea de salida es:

$$n_2 = i * n_1$$

$$n_2 = 0,095 * 1750 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 166,25 \text{ rpm}$$

Es decir que la polea de salida que proporciona el empuje a las cuchillas gira a 166,25 rpm.

2. Calculo del torque de la polea de salida

Para determinar el torque que entrega la polea de salida a las cuchillas de ablandado se parte de la siguiente relación matemática:

$$\tau = \frac{\dot{W} * 716}{RPM}$$

Dónde:

τ = torque transmitido en kg.m

RPM = velocidad de giro de la polea de salida

\dot{W} = potencia del motor

Conociendo que la potencia del motor es igual a 1 HP y que la velocidad de giro de la polea es 166,25 rpm se obtiene:

$$\tau = \frac{1HP * 716}{166,25}$$

$$\tau = 4,31 \text{ kg} * \text{m}$$

Es decir que el torque aplicado a las cuchillas de ablandado, y que es el mismo que las cuchillas aplican sobre el cuero generando la acción de ablandamiento, es igual a 4,34kg*m, como se ilustra en la figura 2.

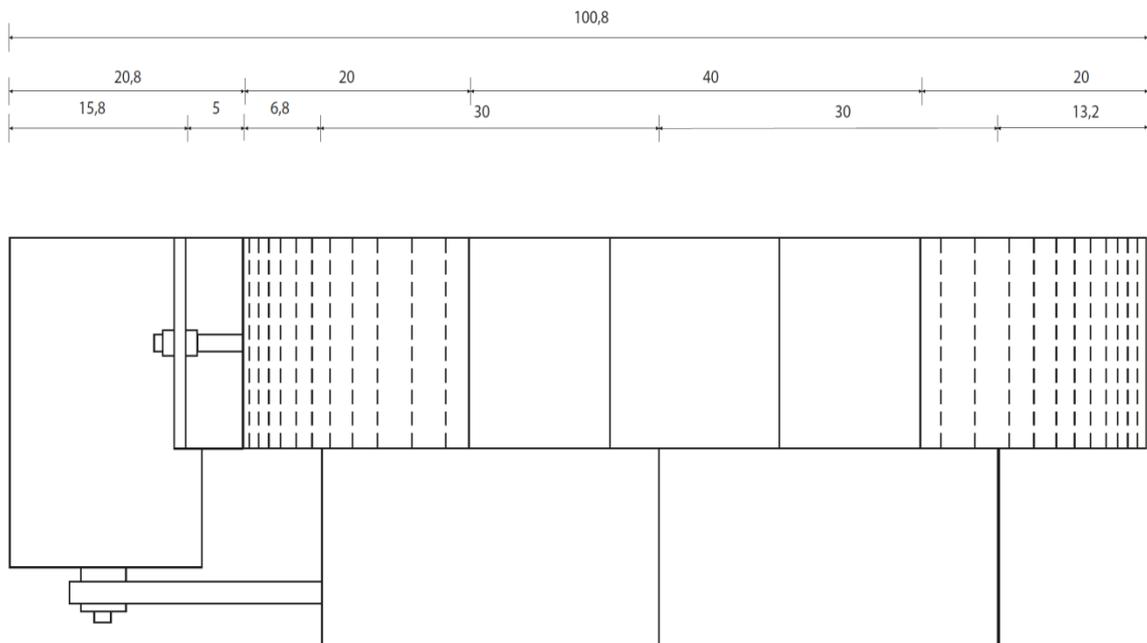


Figura 2. Dimensionamiento de las cuchillas.

3. Capacidad de operación del equipo

Se determinó experimentalmente, cronometrando cuanto se tarda en procesar un cuero a partir de pieles menores, el tiempo de operación por piel, el mismo que fue igual a 5 min. El tiempo de operación fue cuantificado desde el momento en que el operador manipula el cuero a tratar hasta que el mismo ha finalizado su tratamiento dentro del ablandador. Considerando que en un turno de operación de rutina se trabaja dentro de un lapso de 8 horas por día, para calcular la capacidad de procesamiento del equipo ablandador se aplica la siguiente relación matemática:

$$C_a = \frac{t_t}{t_c}$$

Dónde

C_a = capacidad de operación del equipo en cueros por día.

t_c = tiempo de procesamiento por cuero en minutos/cuero.

t_t = tiempo de operación diaria en minutos.

Previamente al cálculo final se debe homologar las unidades de las variables dentro de la ecuación, bajo las siguientes sucesiones matemáticas.

$$t_t = 8h * \frac{60min}{1h}$$

$$t_t = 480min$$

Posteriormente se procedió a reemplazar los valores dentro de la ecuación obteniéndose los siguientes resultados.

$$C_a = \frac{480min}{5 \text{ min}/cuero}$$

$$C_a = 96 \text{ cueros}$$

Es decir que en un turno de 8 horas y bajo condiciones de operación normal el equipo procesara un promedio de 96 cueros de animales menores.

4. Calculo del flujo másico del equipo

Para determinar el flujo másico que procesa el equipo se parte del número de pieles que logra tratar en un día de operación normal, es decir 96 cueros. Se parte de la siguiente expresión matemática.

$$\dot{m} = w_c * C_a$$

Dónde

\dot{m} = flujo másico en kg/h

w_c = peso por cuero en kg/cuero

C_a = capacidad de operación del equipo en cueros por día.

Para proceder con el cálculo de la variable de interés se debe proceder a la determinación del peso del cuero, para ello se parte de la siguiente expresión matemática:

$$w_c = V_c * \rho_c$$

Dónde:

w_c = peso de cada cuero en kg/cuero.

V_c = volumen de cada cuero en m³/cuero.

ρ_c = densidad del cuero en kg/m³.

Paralelamente se debió calcular el volumen del cuero, el mismo que resulta de la siguiente ecuación:

$$V_c = A_c * e$$

Dónde

V_c = volumen del cuero en m³/cuero.

A_c = área del cuero en m²/cuero.

e = espesor del cuero en m.

Conociendo experimentalmente que en promedio el área de cada cuero procedente de pieles menores es igual a 1,5 m² y que en promedio el espesor o

calibre de dichos cueros es igual a 0,0012 m se obtuvo que el volumen del cuero es igual a:

$$V_c = A_c * e$$

$$V_c = 1,5 \text{ m}^2 / \text{cuero} * 0,0012 \text{ m}$$

$$V_c = 0,0018 \text{ m}^3 / \text{cuero}$$

Aplicando el resultado del volumen de cada cuero y conociendo que la densidad del cuero es 870 kg/m³ se procedió a calcular el peso por cuero obteniéndose:

$$w_c = V_c * \rho_c$$

$$w_c = 0,0018 \text{ m}^3 / \text{cuero} * 870 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$w_c = 1,59 \text{ kg} / \text{cuero}$$

Posteriormente se procedió al cálculo del flujo másico del equipo bajo la relación matemática previamente descrita, obteniéndose:

$$\dot{m} = w_c * C_a$$

$$\dot{m} = 1,59 \text{ kg} / \text{cuero} * 96 \text{ cuero} / \text{operacion}$$

$$\dot{m} = 152,64 \text{ kg} / \text{operacion}$$

Conociendo que una operación se realiza en un lapso de 8 horas bajo condiciones normales, es decir 480 min se obtiene que el flujo másico es igual a:

$$\dot{m} = 152,64 \frac{kg}{operacion} * \frac{1-operacion}{480min}$$

$$\dot{m} = 0,318 \frac{kg}{min}$$

Es decir que el equipo tiene una capacidad de ablandado a un régimen de 0,318 kg/min de cueros procedentes de pieles menores.

B. BALANCE DE MASA

Para realizar el balance de masa aplicado al ablandador se parte de la teoría que indica que dentro de una operación industrial la masa de la materia prima se transforma en productos y generación de residuos se tiene en la figura 3:

$$E = P + R + A$$

Dónde:

E = Corrientes de entrada de materia prima e insumos

P = Corriente de productos

R = Corriente de residuos generados

A = Acumulación

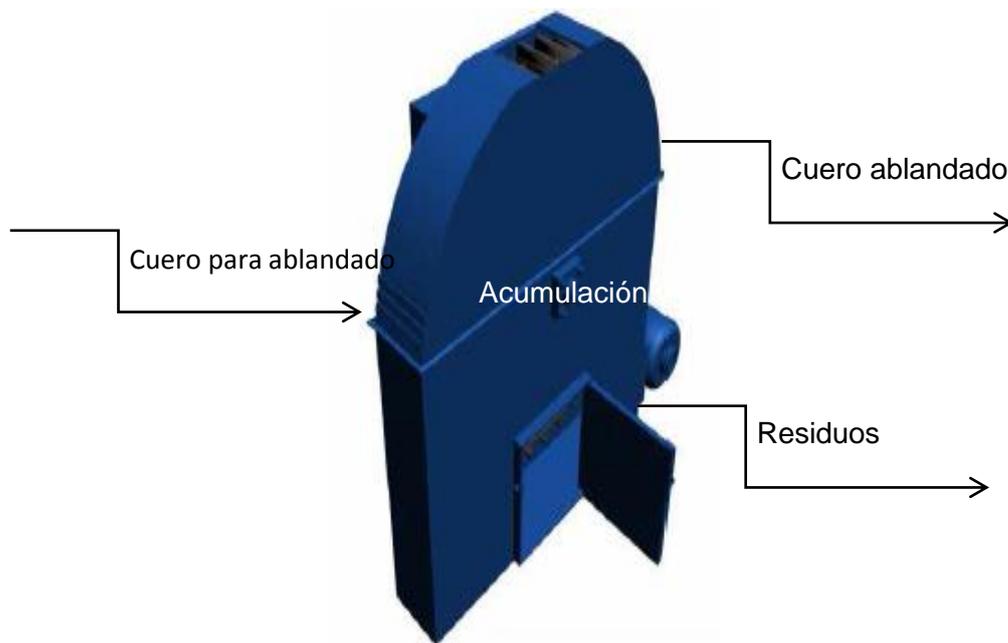


Figura 3. Representación de las corrientes de materia prima y productos del ablandador.

Considerando que una operación de ablandado consiste en la entrada y salida de un cuero al equipo se puede despreciar la acumulación y las pérdidas, obteniéndose la siguiente relación:

$$E = P + R + A$$

$$E = P$$

Conociendo que el flujo másico en que opera el ablandador es igual a 0,318 kg/min se tiene que:

$$E = P$$

$$E = P = 0,318 \text{ kg/min}$$

C. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO

Para determinar la eficiencia del ablandador se parte de la siguiente expresión matemática:

$$\eta = \left(1 - \frac{B_e - B_r}{B_e}\right) * 100$$

Dónde

η = eficiencia del ablandador en %.

B_e = Blandura esperada en puntos.

B_r = Blandura resultante en puntos.

Conociendo las puntuaciones de los cueros que fueron tratados en el equipo, descrito en el cuadro 1, se tiene que la blandura promedio que obtuvieron los cueros fue de 4 puntos.

Cuadro 2. PUNTUACIÓN DE LOS CUEROS TRATADOS EN EL ABLANDADOR.

Nº MUESTRA	BLANDURA
1	5
2	2
3	5
4	4
5	5
6	5
7	3
8	3
Promedio	4

Es decir que la blandura de los cueros obtenida en el equipo es igual a 4, lo que representa la blandura resultante. La blandura esperada para tener la mejor

aparición sensorial de los cueros es igual a 5, por lo que la eficiencia del equipo resulta:

$$\eta = \left(1 - \frac{B_e - B_r}{B_e}\right) * 100$$

$$\eta = \left(1 - \frac{5 \text{ puntos} - 4 \text{ puntos}}{5 \text{ puntos}}\right) * 100$$

$$\eta = 80\%$$

La eficiencia con la que operara el equipo es igual a 80%, lo que indica que el ablandador tiene una elevada eficiencia.

D. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES MENORES, DESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES

1. Resistencia a la tensión

La evaluación de la resistencia a la tensión determinó de acuerdo a la prueba de t student diferencias altamente significativas (0,000017**), entre muestras, con una media de 358,30 N/cm², así como una mediana de 397,20 N/cm²; y un desviación estándar de 92,07, que es un indicativo de que los datos se encuentran bastante dispersión en relación a la media, además el error típico que es una medida de dispersión promedio de las desviaciones de los valores muestrales hacia su valor medio fue de 32,55 y que es un indicio de que los datos no se asemejan mucho en relación a su valor medio, como se indica en el cuadro 3.

Una vez analizadas las estadísticas descriptivas en forma general se aprecia, que individualmente en la muestra de cuero número 3, el resultado de la resistencia a la tensión fue el más alto con una tensión de 457,447 N/cm², lo cual al ser

Cuadro 3. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES MENORESDESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DISEÑADO E INSTALADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH.

Estadísticas descriptivas	VARIABLES						
	Resistencia a la tensión	Porcentaje de elongación	Área	Humedad	Blandura	Flexión	Llenura
Media	358,30	43,51	38,75	29,75	4,00	3,13	3,50
Mediana	392,70	45,50	38,00	30,50	4,50	3,00	3,00
Moda	--	--	43,00	32,00	5,00	3,00	3,00
Desviación estándar	92,07	6,46	3,06	2,19	1,20	1,25	1,31
Varianza	8477,71	41,74	9,36	4,79	1,43	1,55	1,71
Error típico	32,55	2,28	1,08	0,77	0,42	0,44	0,46
Probabilidad	0,000017**	0,000011**	0,00003**	0,0003**	0,089**	0,163ns	0,000017**

cotejada con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la Industria del Cuero (2002), donde se establece según norma técnica IUP 6, un límite mínimo permisible para cueros de animales menores de 150 N/cm², se aprecia que el valor reportado es superior, mientras tanto que la respuesta más baja fue determinada en el cuero número 2, ya que el resultado fue de 237,5 N/cm², sin embargo al ser cotejada con el referencial antes mencionado se aprecia que se está cumpliendo con las exigencias de calidad del cuero, en tanto que las respuestas intermedias que varían de 253,968 N/cm², en el cuero número 1, a 447,92 N/cm², en el cuero número 5, como se ilustra en el gráfico 10, sin embargo podemos apreciar que se enmarcan dentro de los valores permisibles de la norma IUP 6, sin existir una resistencia menor al límite referencial.

De acuerdo a los reportes indicados de cada una de las muestras que fueron sometidas a la máquina de ablandar diseñada, construida e implementada en el laboratorio de Curtiembre de pieles, se puede apreciar que en todas las muestras se superan con las exigencias de calidad de las normativas españolas, lo que es un indicativo que al ablandar los cueros no sufrió daños en las resistencias físicas del cuero lo que es corroborado según Adzet J. (2005), quien menciona que durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas.

El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura, descompactar las fibras compactas durante el secado, esto es hacer que las fibras que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico, sin embargo no se produce debilitamiento del entretamo fibrilar por lo que se aprecia según los resultados que la resistencia a la tensión es alta, y que es beneficiosa especialmente en el paso de la forma plana del cuero a la tridimensional del artículo confeccionado en la cual se tiene que someter al cuero a tensiones multidireccionales que producirán ruptura del cuero. Cuando la resistencia a la tensión es baja desmejorando la calidad del mismo.

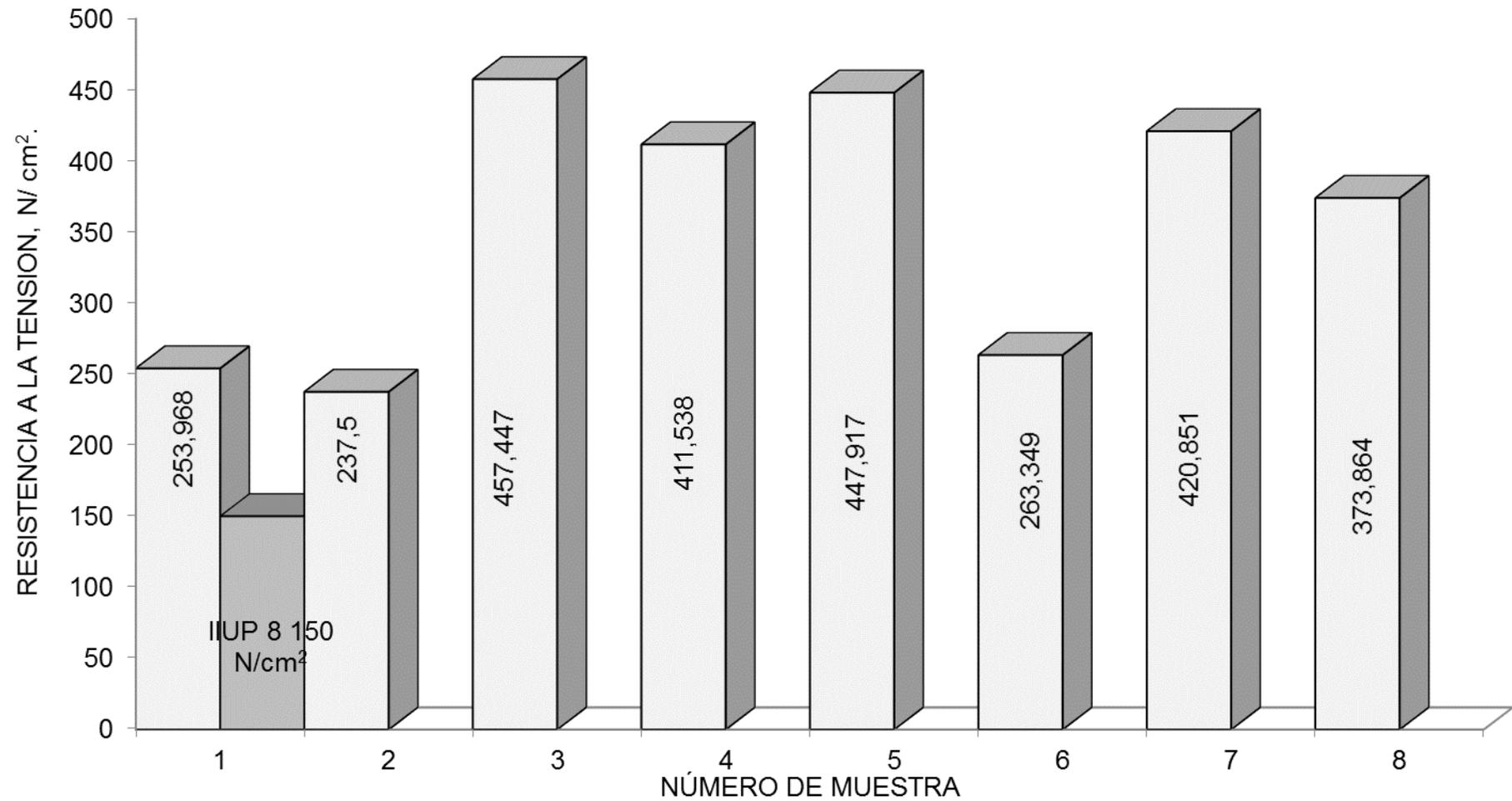


Gráfico 10. Resistencia a la tensión de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

De acuerdo a los criterios emitidos se puede concluir que el cuero al ser ablandado en el prototipo mecánico que se construyó para el laboratorio de curtiembre no pierde sus resistencia únicamente estamos rompiendo la adhesión de las fibras y se ordene y por lo tanto adquiera su forma original, para que no se presente duro y acartonado más bien suave y flexible pero al mismo tiempo muy resistente.

2. Porcentaje de elongación

Los valores determinados por el porcentaje de elongación de un grupo de pieles menores sometidos a la tracción de la ablandadora construida en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles, determinaron de acuerdo a la prueba de tstudentdiferencias altamente significativas ($P < 0,000011^{**}$), entre muestras, una media de 43,51%, así como también el valor central que corresponde a la mediana fue de 45,50%, y una desviación estándar en relación a la media de 6,46; así como un error típico de 2,28 que es un indicativo de que las respuestas de las muestras se asemejan.

De acuerdo a los reportes de cada una de las muestras se aprecia que la elongación más alta se consiguió en la muestra número 4, ya que el valor reportado fue de 52,43% y que desciende a 48,13% en la muestra 6; así como a 47,47% en la muestra 2, en tanto que la elongación más baja fue la registrada en la muestra número 1, cuya respuesta fue de 33,77%, como se ilustra en el gráfico 11. Al cotejar las respuestas obtenidas de elongación del cuero con los límites referenciales de la Asociación Española del cuero (2002), que en la norma técnica IUP 6, infiere como mínimo los 35%, se aprecia que en todas las valoraciones de elongación alcanzadas en las 7 muestras se superan con estas exigencias y únicamente en la muestra número 1, no se llega a este límite de calidad lo que producirá que los cueros resulten sumamente armados y que no se alarguen fácilmente para la confección de los artículos deseados inclusive podría romperse al alargar demasiado el cuero

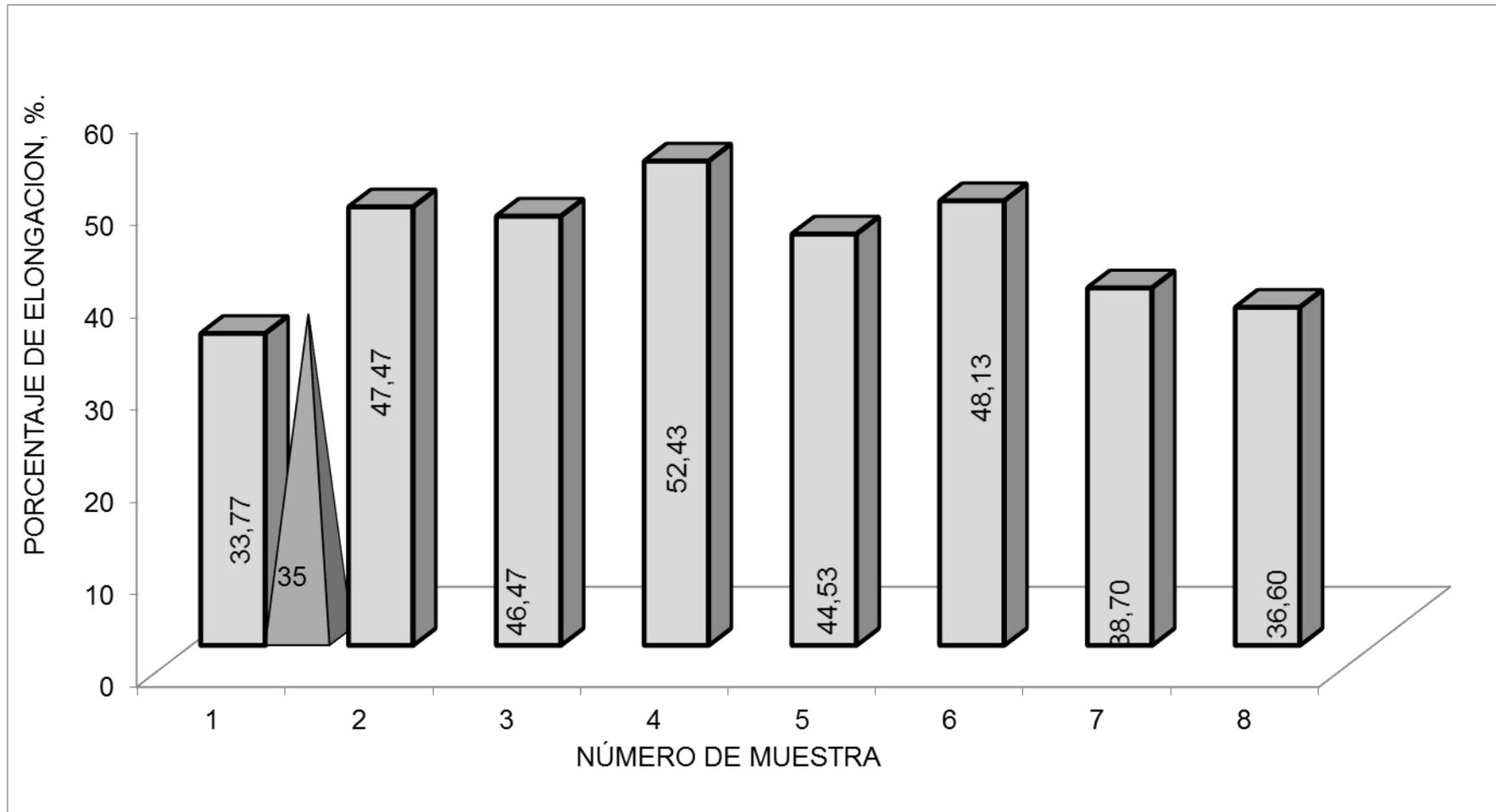


Gráfico 11. Porcentaje de elongación a la ruptura de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

Sin embargo la elongación no únicamente puede ser ocasionada por el método de ablandamiento de las pieles, si no existen otros factores como son la calidad de la materia prima y sobre todo del método de conservación que influyen directamente sobre la capacidad de alargamiento ya que si se ha iniciado un proceso de putrefacción se provoca que las fibras se encuentren rotas y al compactarse en el proceso de secado se trisan fácilmente por eso es su valor bajo de elongación, sin embargo al no encontrarse muy por debajo del límite permisible es un defecto que puede corregirse con la aplicación de ceras u otros productos químicos que repararan este defecto.

De acuerdo a los reportes indicados anteriormente se aprecia que el porcentaje de elongación se mejora al someter a las pieles de animales menores a un estiramiento con el ablandador que fue construido para el Laboratorio de Curtiembre de Pieles, lo que es corroborado según Aneiros, M. (2005), quien señala que las determinaciones que más indican el probable comportamiento de la piel en las operaciones de transformación en artículos de consumo y en el uso final son: la resistencia al desgarró, la resistencia y alargamiento a la tracción, el alargamiento antes de la rotura de flor y la resistencia a la abrasión.

El porcentaje de elongación nos da información sobre el estado de la resistencia estructural de la piel para conocer hasta qué punto puede alargarse y es útil su medición aunque sea de forma manual y subjetiva, para tener una estimación rápida del posible comportamiento de la piel, frente a casi cualquier esfuerzo. Debe cuidarse siempre, pero es necesario hacer hincapié especial en ella, en el caso de pieles para la confección de prendas de vestir con pieles de grosor muy bajo, ya que pueden romperse durante el uso o en los lavados posteriores al primer uso. Por lo tanto es necesario realizar un ablandado adecuado de las pieles por acción mecánica que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre fibras que se produce a consecuencia del secado y así lograr un cuero más flexible, para que se pueda alargar sin perder su forma ni romperse, en el momento de la confección.

3. Área del cuero

El análisis estadístico del área de un grupo de pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado y construido para el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias, reporto diferencias altamente significativas de acuerdo a la prueba de t student (0,00012), entre muestras, determinándose de acuerdo a las estadísticas descriptivas que el valor de la desviación estándar fue de 3,06 en relación a la media que fue de 38,75 dm²; además se aprecia un valor central de 38 dm²; así como una moda o la respuesta que más se repite de 43 dm², el valor del error típico infiere que las respuestas del área se diferencian unas a otras, en forma considerable ya que el valor fue de 1,08.

En la evaluación de cada una de las muestra se aprecia que en la muestra número 2 y 3 , se reporta un área de 43 dm²; para los dos casos en estudio seguida de los registros de la muestra número 4, que estableció un área de 40 dm²; muy similar al registrado en la muestra número 6, ya que el valor fue de 39 dm²; así como también en las muestras número 7 y 8 el área fue numéricamente igual con 37 dm²; mientras tanto que los áreas más bajos fueron los reportados en la muestra número 1 y 6 con resultados de 35 d,m² y 36 dm², respectivamente, como se ilustra en el gráfico 12.

Por lo tanto al considerar que al ablandar la piel se consigue un estiramiento es necesario que se trabaje en una maquinaria adecuada para pieles menores como es el caso de la ablandadora del laboratorio de curtiembre en la cual la piel se extiende y se aguanta contra las cuchillas en la parte superior. El roce de éstas, produce el ablandado, la máquina se abre para introducir la piel a ablandar y ésta sale de la máquina arrastrada por los cilindros, la cinta mantiene la piel tensa para que el cilindro de cuchillas pueda ablandarla, procurando el estiramiento homogéneo en la piel y así evitar pérdidas en el área. La industria del curtido comercializa los cueros por superficie, salvo en el caso de las suelas que se venden por peso.

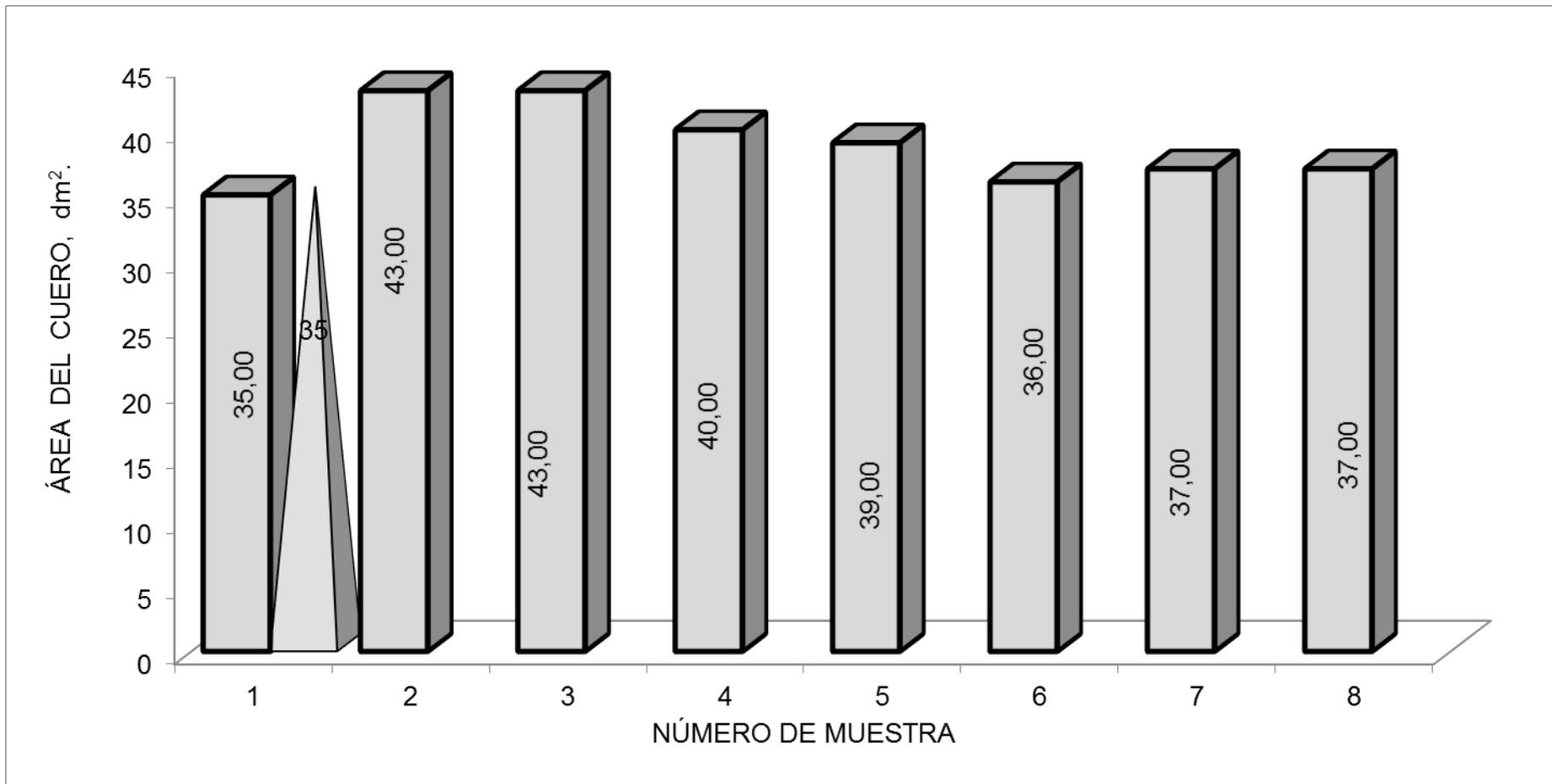


Gráfico 12. Área de las de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

La medición de la piel depende del estado en el que se encuentra. Se estima que deben controlarse un 3% del número total de pieles para tener una idea exacta de la superficie de todo un lote. Las superficies del cuero se miden en pies cuadrados, pero hay países que manejan metros cuadrados. (1 pie cuadrado=929 cm²). Como la superficie del cuero varía de acuerdo a la humedad relativa del ambiente, antes de la medición se deberían acondicionar los cueros en ambientes de acuerdo a lo establecido en la Normas IUP3(Climatizar los cueros para que haya condiciones de comparación entre los resultados. Esta norma establece una temperatura de entre 20°C \pm 2°C y una humedad relativa de 65 \pm 2 % durante las 48 horas que preceden a los ensayos físicos.

4. Porcentaje de Humedad

La evaluación del porcentaje de humedad de un lote de cueros sometidos al proceso de ablandamiento con el ablandador diseñado y construido para el Laboratorio de Curtiembre, determinó diferencias altamente significativas (0,0003**), entre las muestras, por lo que en el análisis de las estadísticas descriptivas se estableció una media de 29,75%; una mediana de 30,50% así como también una desviación estándar de 2,19 que determina el grado de lejanía de los puntajes respecto del promedio en el diámetro de las pieles menores, y una varianza en relación a la media de 4,79; que es un indicativo de que existe mayor dispersión entre cada una de las muestras, sin embargo el error típico es bajo (0,77), pudiéndose afirmar además que de acuerdo al valor de la moda en las muestras se repite una humedad del 32%.

En el análisis individual de las 8 muestras evaluadas se aprecia que en las muestras número 2 y 4, existe mayor humedad en el cuero y que corresponde a 32% mientras que desciende a 31% en las muestras 5 y 6; así como también a 30% en la muestra 3, y a 28% en las muestras 7 y 8, mientras tanto que la humedad más baja fue determinada en los reportes de la muestra 1, con 26%, como se ilustra en el gráfico 13, cuando se analiza la humedad que presentan los cueros después de ser sometidos al proceso de ablandamiento en la maquinaria del laboratorio, es necesario considerar que los resultados con los que estamos

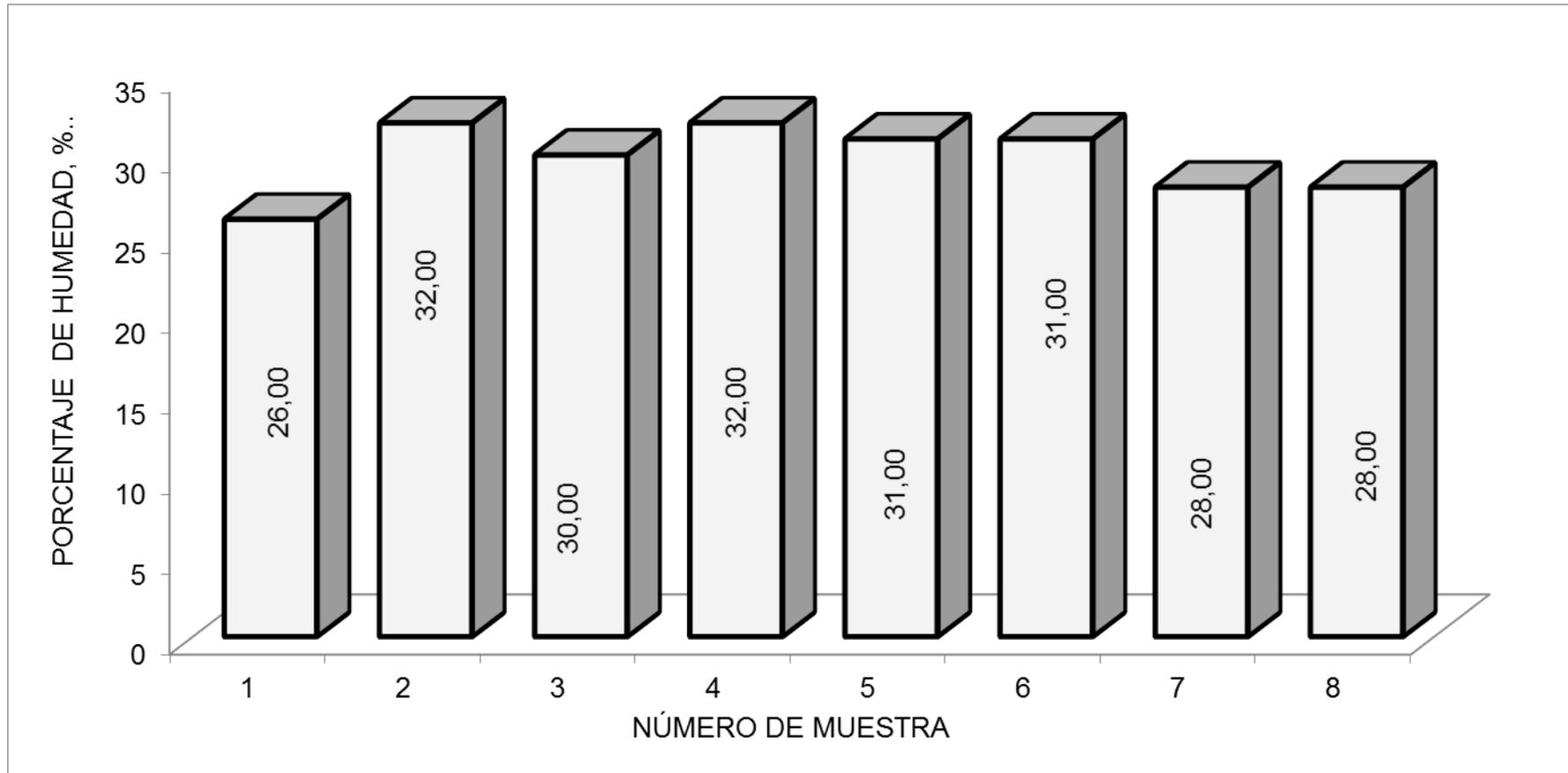


Gráfico 13. Porcentaje de humedad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

trabajando son la diferencia de la humedad inicial de la final y se puede ver que el margen de pérdida de humedad no es significativo ya que los valores referenciales indican que al realizar un buen ablandado del cuero la humedad debe estar entre 30 a 34% que se enmarcan dentro de los requerido por lo tanto la eficiencia de la máquina es óptima ya que no comprime demasiado las fibras pues si esto ocurre puede producirse cueros muy duros, ya que no se ha conseguido descompactar muy bien a las fibras del entretejido fibrilar, La importancia de ablandar las pieles reside en la uniformidad de esta humedad sobre la superficie del cuero. Cifras bajas de humedad que podrían estar entre 14 a 15% puede soltar la flor.

Para realizar la estimación de que si el grado de humedad de las pieles menores ablandadas es la ideal es necesario considerar lo que se indica en <http://www.cueronet.com/flujograma/secado.htm>.(2014), en que evaporando el agua de los capilares ocurrirá una retracción fibrilar resultando un cuero rígido en ciertas áreas. Cuando comienzan a surgir formas de retracción en el cuero ya está relativamente seco (20% de humedad). No quiere decir que antes de ese valor no ocurra retracción, apenas a partir de ahí ella es más intensa. Esto se explica por el hecho de que para retirar agua de los capilares necesitamos de grandes cantidades de calor. Durante la operación de secado la temperatura del cuero es constante a 38°C por una hora y luego deberá subir rápidamente. La retracción del cuero se paraliza cuando la humedad esta entre 34 --36%, que es la requerida para iniciar el proceso de ablandado.

El ablandado es una operación mecánica cuya finalidad es obtener un cuero menos rígido es decir más flexible, en esta operación se deberá tener mucha precaución que la humedad con la que ingresa al proceso sea a ideal para que se logre el deslizamiento de las cuchillas y pueda ablandarse correctamente las pieles. Esto se logra sometiendo las fibras del cuero acondicionado a un repetido doblado y estirado, lo que provoca que las fibras se separen entre sí dando un cuero más flexible. Las máquinas de ablandar de este tipo se adaptan para el trabajo de pieles caprinas y ovinas destinadas a artículos muy blandos como pueden ser confección o guantería. Es necesario que el cuero contenga una

cierta humedad (20-26%). Dicha humedad se consigue, o bien interrumpiendo el secado en el momento oportuno, o bien, de una forma más fiable, realizando un acondicionado. La humedad en el cuero evita que se rompan las fibras en las operaciones mecánicas posteriores, y de esa manera no se pierda su carácter blando.

D. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES MENORES, DESCOMPACTADAS EN EL ABLANDADOR DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES

1. Blandura

La blandura es la característica que se consigue cuando se trabaja con una máquina ablandadora bien diseñada y construida como es la del laboratorio de Curtiembre, por lo que al realizar evaluación descriptiva se observa que no existieron diferencias estadísticas (0,30**), según el estadístico de rating test que compara varias muestras entre sí, reportándose una media de 4,0 puntos ; una mediana de 4,5; es decir las calificaciones se enmarcan dentro del rango de una blandura muy alta, ya que se le compara con 5 puntos que es la ideal; la desviación estándar fue de 1,19 indicando una desviación notoria de las respuestas en relación a la media, así como un error típico de 0,43, que demuestra que los datos se asemejan unos con otros, reportándose además datos que van de 2 a 5 puntos.

En la dispersión de los datos se aprecia que en las muestras 1,3,5 y 6 se alcanzaron las máximas puntuaciones y que correspondieron a 5 puntos, que en la escala de calificación de Hidalgo, L.(2014), establece una puntuación de excelente como se ilustra en el gráfico 14, es decir cueros cuya suavidad y caída son adecuadas para la elaboración especialmente de artículos de fina confección, puntuaciones que desciende a 4 puntos y calificación muy buena en las muestra 4; repitiéndose posteriormente una calificación de 3 puntos, en las muestras 7 y 8, y existiendo únicamente una ponderación baja de 2 puntos, en la

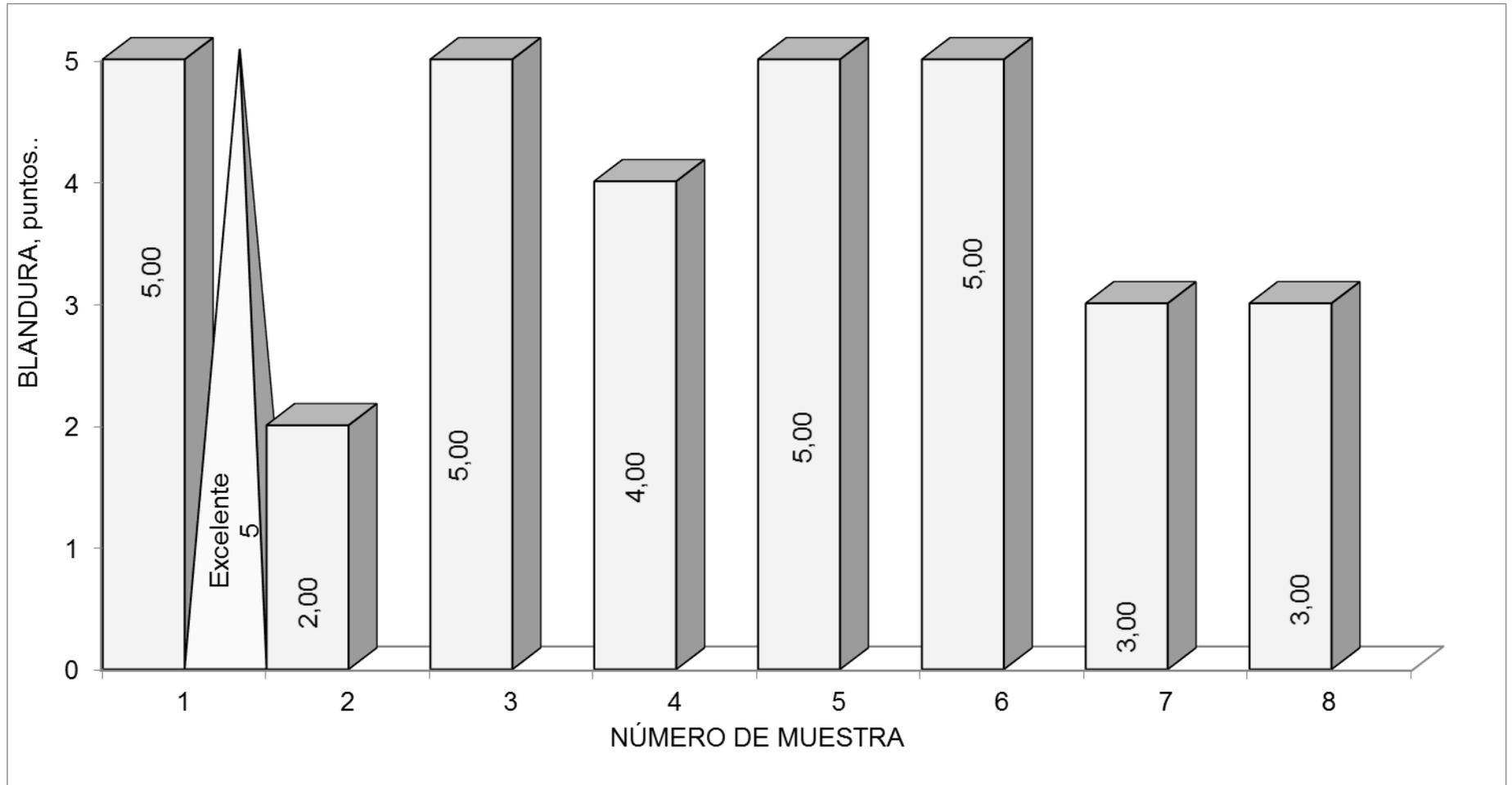


Gráfico 14. Blandura de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

muestra número 2, que es representativo de un cuero muy duro, acartonado, que causara molestias tanto al artesano especialmente en los cocidos y piezas sobrepuestas, así como también al usuario que muchas veces los usa por tiempos prolongados y en condiciones climáticas muchas veces adversas o en contacto directo con la piel, produciendo molestias severas, y que se traduce en un descenso en la clasificación del cuero.

La blandura de los cueros es una característica sensorial muy difícil de conseguir ya que depende de muchos factores especialmente por los productos químicos empleados o la calidad de la materia prima por lo que es sumamente necesario tomar muy en cuenta la utilización de una maquinaria de ablandado para conseguir este fin ya que según <http://www.worldlingo.com>.(2014), durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación (acomodación) y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas, por lo tanto el ablandamiento persigue la descompactación de las fibras compactas durante el secado, esto es hacer que las fibras que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un traccionamiento mecánico, promover una acción lubricante de los aceites de engrase instalados en la estructura fibrosa, y de esta manera el cuero se presente con mayor blandura, es decir el ablandado de las pieles se realizan con el fin de devolver al cuero su flexibilidad y presentación, quitándole la característica de cuero acartonado en el secado.

Hidalgo, L. (2014), manifiesta que La operación de ablandado debe ser uniforme en toda la superficie del cuero, para no encontrar regiones más blandas y más duras en un mismo cuero. Entre las ventajas de la máquina ablandadora del taller de curtiembre se destaca que tiene un mayor efecto de desconcentración de las fibras; puede ser utilizado para realizar un pre-acabado en las regiones de las piernas y la barriga donde el efecto demolisamento no es muy riguroso. Con un mal regulado se puede causar soltura de flor pronunciada o grandes rasgamientos en las partes laterales de medios cueros.

2. Flexibilidad

La evaluación de la flexibilidad de un lote de pieles menores ablandadas en el laboratorio de curtiembre de pieles no reporto diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de t student, sin embargo se aprecia que los resultados reportan una media de 3,13 puntos y una mediana de 3 puntos así como un error típico de 0,44 que es un indicativo de que los resultados se asemejan unos a otros, estableciéndose únicamente una desviación estándar de 1,25 puntos en relación a la media y además se aprecia que el valor que más se repite y que corresponde a la moda es 3 puntos es decir cueros con buena flexión.

En la evaluación individual de la flexibilidad de las pieles menores, que se ilustra en el gráfico 15, se aprecia que en la muestra número 3, se alcanzó la máxima puntuación que fue de 5 puntos, y que corresponde a excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2014), seguida de las respuestas de flexibilidad alcanzadas en las muestras 1 y 6, ya que la calificación fue de 4 puntos y condición muy buena según la mencionada escala, a continuación se encuentran los resultados obtenidos en las muestras número 2,4 y 6, en las cuales se estableció una respuesta de 3 puntos y calificación buena, mientras tanto que los resultados más bajos fueron reportados en la muestra número 5 y ya que la flexión fue de 1 punto que es la más baja y que demuestra ser un cuero sumamente armado que no se dobla fácilmente y que puede romperse.

De lo expuesto anteriormente se deduce que es necesario realizar un ablando lo que es corroborado con las apreciaciones de Schubert, M. (2007), quien señala que la mayoría de las propiedades únicas del cuero son consecuencia de su estructura fibrosa, la cual es muy importante en el secado y ablandado del cuero. La piel con la cual se produce cuero consiste de dos capas principales, la epidermis y el corium. La estructura de la fibra del corium es de interés particular ya que los haces de fibras están formados por un grupo de fibras entrelazadas de tal forma que proporcionan gran resistencia y flexibilidad a la piel, al mismo tiempo

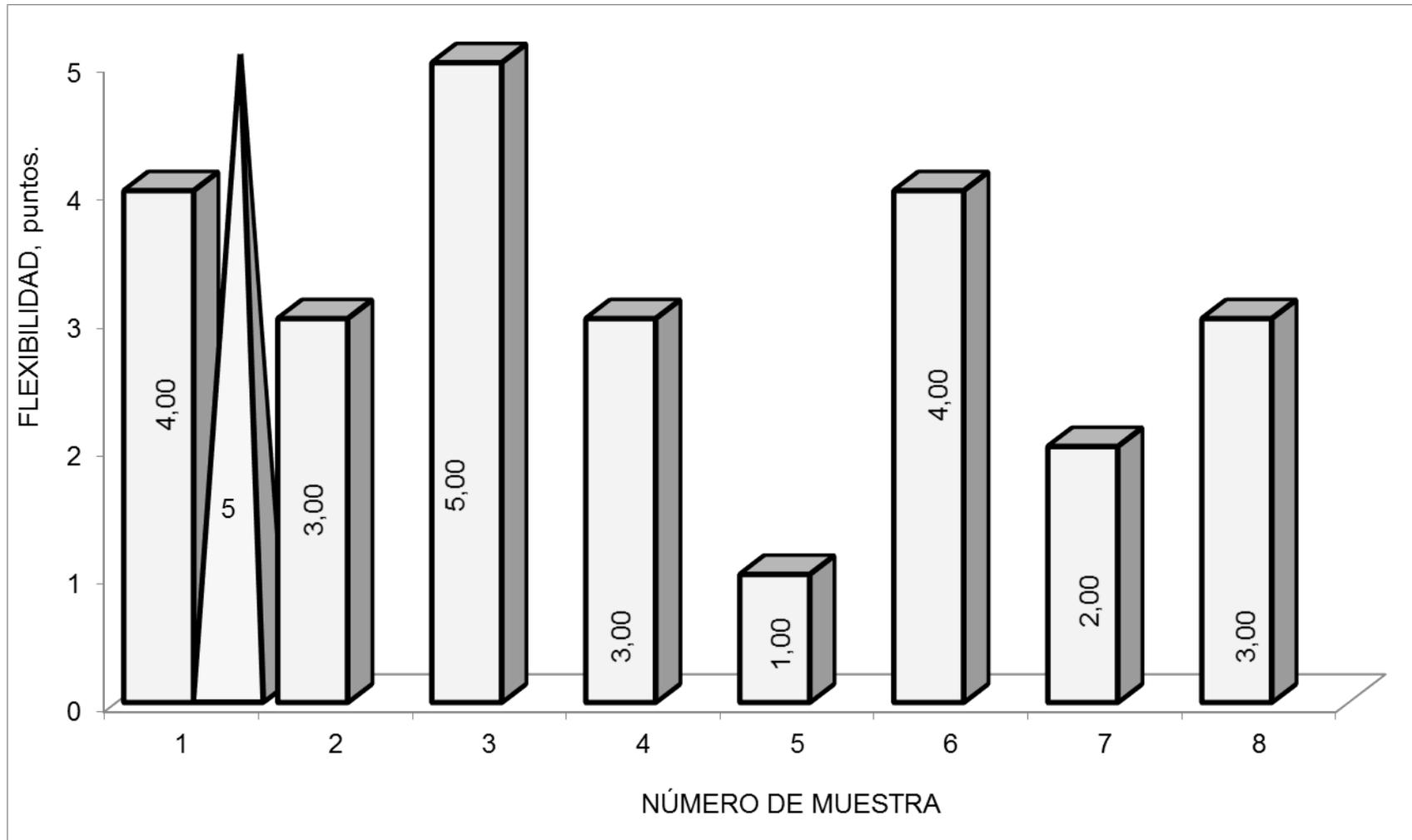


Gráfico 15. Flexibilidad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

que permite que el aire y el vapor de agua pasen a través de ella. El ablandado consiste en romper mecánicamente la adhesión entre fibras que se produce a consecuencia del secado y así lograr un cuero más flexible. Se ablanda el cuero por acción mecánica para darle flexibilidad ya que si el ablandado no es correcto la piel no se flexionara correctamente volviéndose rígida y apareciendo la temida soltura de flor que se pone de manifiesto al doblar la piel con la flor hacia dentro de la doblez debido entre otros hechos, a que la tendencia natural de la piel es doblarse al revés (con la flor hacia fuera).

Las fibras de la flor son más compactas que las del corium y se comprimen con dificultad, lo cual provoca que la flor tenga poca tendencia a comprimirse sobre sí misma, provocándose arrugas al obligar a la flor a ocupar menor superficie, al doblarla sobre sí misma hacia dentro. Por lo tanto de un buen proceso de ablandado depende que el cuero se presente muy flexible pero son arrugar y sobre todo que al ser estirado no se rompa y al soltarlo regrese a su forma inicial. El objetivo es darle al cuero la flexibilidad necesaria para el artículo que deseamos, ya sea por palizón, ablandado a rueda o a pistón (mollisa). La elección de la máquina de ablandar y la forma de realizar el mismo depende del tipo de cuero a procesar y del artículo. Por ejemplo un cuero para capellada conviene ablandar cabeza y patas con palizón y luego pasar el cuero por mollisa. En el caso de un cuero para vestimenta conviene ablandar la periferia en la rueda-abridora y luego palizonar todo el cuero. Lo que en definitiva se quiere evitar es que el cuero se rompa. También se utiliza este tipo de máquina para ablandar cueros pequeños como cabritos, becerros y ovejas.

3. Llenura

La evaluación de lllenura de las pieles menores ablandadas en el laboratorio de curtiembre, no registro diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre muestras, observándose al realizar la estadística descriptiva una media de 3,50 puntos; y un error típico de 0,46 que al ser bajo demuestra que los datos son similares entre sí, además el valor central que corresponde a la mediana fue de 3 puntos, demostrándose por lo tanto que los resultados de llenura de las muestras

alcanzan una calificación central de buena , similar resultado se aprecia con respecto a los reportes de la moda. Además se indica que entre el valor más alto que fue de 5, y el más bajo que fue de 2, existe una desviación estándar de 1,46 y una varianza de la muestra de 1,71,

En el análisis de llenura de cada una de las pieles menores se aprecia que en las muestras 2,7 y 8, los resultados fueron los más altos con una puntuación de 5 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2014), seguida de las respuestas registradas en las muestras 1,4 y 6, con valores medios de 3 puntos y condición buena; mientras tanto que los resultados más bajos le correspondieron a las muestras 3 y 5 puntos con valores medios de 2 puntos y condición baja, como se registra en el gráfico 16.

De acuerdo a los registros se aprecia que la máquina ablandadora diseñada y construida para el laboratorio de curtiembre ejerce una acción favorable sobre la compactación de las fibras de colágeno ya que se acomodan homogéneamente de tal manera que se presente una piel con una llenura ideal que no sea muy acompasada o muy débil, lo que es corroborado con las apreciaciones de Hidalgo, L. (2014), quien indica que Durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación (acomodación) y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas.

El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura, y por lo tanto con una llenura ideal ya que la densidad de los tejidos y la orientación de las fibras no es uniforme a lo largo y ancho del cuero por lo que en los flancos no se dará la misma absorción de los productos que en el crupón o en la cabeza, y por lo tanto al ablandar por acción mecánica se produce el deslizamiento de todos ellos por el entretejido fibrilar dando como resultado una piel bastante uniforme en toda la superficie, por lo que es necesario el control de la presión de los pinos y cabezales, la velocidad del fulón de ablandar y tiempo de ablandado. El regulado debe ser hecho de acuerdo al espesor del cuero.

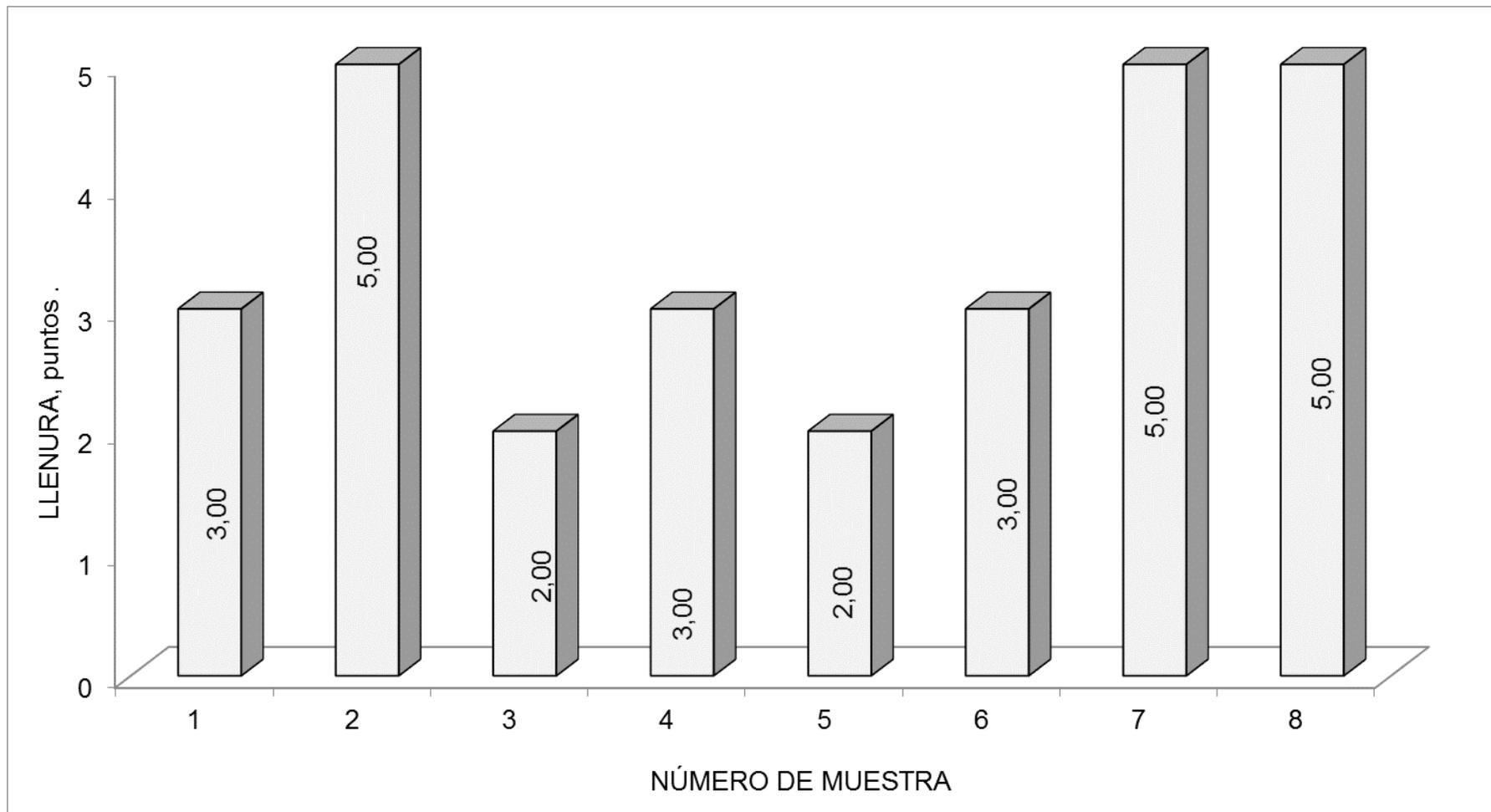


Gráfico 16. Flexibilidad de las pieles menores descompactadas en el ablandador diseñado e instalado en el Laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

V. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de la presente investigación se basó en una proyección de los beneficios que proporciona el diseñar, construir e implementar la máquina ablandadora, para el laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, ya que el objetivo que se persigue es de servicio y no económico, por lo tanto únicamente se tomó en cuenta que los egresos producto de la compra de los diferentes materiales como son poleas, chumaceras, placas de acero, entre otras y los imprevistos que se suscitaron por posibles correcciones en el momento de la calibración proporciono un total de 1088,45 dólares americanos, como se ilustra en el cuadro 4, que al ser comparadas con máquinas similares pero de marcas internacionales son muy inferiores; puesto que, en el país no es conocido que se las construya, por lo tanto resulta altamente beneficioso la construcción de este prototipo mecánico que servirá básicamente para devolver la suavidad y blandura a los cueros y sobre todo evitar que se pierda pietaje al someterlos especialmente a los procesos de secado.

De acuerdo a lo expuesto es recomendable desde el punto de vista económico la construcción de este tipo de maquinarias ya que, una necesidad muy grande que existía en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles es la maquinaria necesaria para la ejecución de los procesos productivos lo que obliga a transportarse a la provincia de Tungurahua, con sus consecuentes gastos, en la cual se cancela por cada piel alrededor de 1 dólar americano por el proceso de ablandado y si se requiere ablandar semanalmente en el laboratorio 40 pieles se estaría recuperando 40 dólares semanales por 4 semanas 160 dólares por cada mes por 8 meses se labora daría un total de 1280 dólares al año, lo que representa que en un año se recupera el costo de la maquinaria y los restantes años únicamente serán utilidad descontando por supuesto el rubro de servicios básicos y depreciación de la máquina. Por lo tanto al automatizar el taller se optimizara el proceso de producción del cuero y se reducirán costos sin desmejorar las cualidades del cuero.

Cuadro 4.EVALUACIÓN ECONÓMICA

MATERIALES	VALOR	CANTIDAD	TOTAL
Motor monofásico WEG de 1hp de 1750rpm	200,00	1	200,00
Polea de 2" de Aluminio	4,50	1	4,50
Polea de 21" Aluminio	90,00	1	90,00
Banda industrial	10,00	1	10,00
Templador de banda	5,00	1	5,00
Eje de acero inoxidable de 2pulg.	5,00	1	5,00
Chumaceras de 1pulg.	10,00	2	20,00
Turbina	200,00	1	200,00
Placa de acero de 0.50mm de espesor	45,00	1	45,00
Placa de acero de 2mm de espesor	60,00	1	60,00
Pintura azul Gal.	5,00	1	5,00
Cable y demás implementos eléctricos	20,00		20,00
Pernos	20,00		20,00
Cable #10	5	3	15,00
Mano de obra	250,00		250,00
Análisis del cuero	8	5	40,00
Subtotal			989,50
Imprevistos 10%			98,95
Total			1088,45
INGRESOS			
Pieles ablandadas a la semana	1	40	40
Número de semanas/año	32	40	1280

VI. CONCLUSIONES

- La construcción de una maquinaria que acelere la transformación de piel en cuero es muy necesaria ya que se reduce costos de mano de obra y tiempo con lo que se consigue reducir el precio del pie cuadrado ya que al efectuar un ablandado, se eleva el pietaje y la calidad del cuero.
- Se determinó la eficiencia del ablandador de cuero en función de costos, tiempo y mano de obra requerida obteniendo un índice del 80%, valor que al relacionarlo con otros equipos cuya eficiencia esta en promedio del 65 -75% se puede concluir que el equipo proporciona una mayor calidad del cuero a menor costo.
- En el análisis estadístico de los datos obtenidos por las pruebas para calibrar el ablandador se estableció que para el diámetro se registró una media de 38,75 dm², una humedad de 29,75%, una blandura de 4, flexión de 3,13 y una llenura de 3,50 puntos; que al ser comparadas con las características que se reportan en las especificaciones técnicas de una variedad de cueros, son superiores determinándose que la máquina tiene un funcionamiento óptimo.
- La automatización del Laboratorio de Curtiembre de Pieles es una necesidad para el sector estudiantil de la Facultad de Ciencias Pecuarias; ya que, necesitan involucrarse en el funcionamiento de este tipo de equipos ,si su inclinación está en el campo de la curtición de pieles.
- La evaluación económica determinó que la investigación resulta rentable ya que en un año de trabajo del laboratorio ya se estaría recuperando el capital invertido en la construcción de la máquina y el tiempo restante de vida útil de la máquina se convertirá en utilidad neta.

VII. RECOMENDACIONES

- En el diseño de la máquina para ablandar las pieles de animales menores se deberá tomar en cuenta las características tanto de la materia prima como del lugar en donde se la implementara para conseguir la eficiencia que se ha calculado como es del 80%.
- Se recomienda la creación de un manual de trabajo de la maquina en posteriores investigaciones para conseguir que las pieles que serán ablandadas presenten las características deseadas y se mejore la clasificación y por ende se eleve su precio en el mercado.
- Al diseñar una máquina para el ablandado de las pieles de recomienda trabajar con materiales de alta calidad, para evitar desperfectos que recortarían la vida útil de la máquina.
- Construir maquinarias similares que permitan la automatización del Laboratorio de Curtición de Pieles, que ira en beneficio directo del sector estudiantil ya que se estáotorgando los instrumentos necesarios para mejorar el aprendizaje tornándole más práctico.

VIII. LITERATURA CITADA

1. ADZET J. 2005. Química Técnica de Tenería. España. 1a ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pp. 109,198 – 205.
2. ANEIROS, M. 2005. “Problemas de Diseño de elementos de maquinarias” 3a ed. Chihuahua, Mexico. Edit. Pueblo. pp. 201-208
3. ÁNGULO, A. 2007. Guía Empresarial del Medio Ambiente, ComisiónRelocalización y Reconversión de la Pequeña y Mediana Empresa. 1a ed. Barcelona, España. sl. pp. 30 – 43.
4. ARANGO, M. 2002. Proyecto final de carrera de curtiembre. 1a ed. Igualada, España. EditLeatherChem. pp 12 -19.
5. BACARDITT, A. 2004. Procesos de curtidos. 2a ed. Catalunya, España. Edit. CETI. pp. 3, 5, 45, 49,80.
6. BUXADE, C. 2004. Técnicas Especiales de Curtido. 2a ed. México, México D.F. Edit. LACE. pp. 15, 25, 32.
7. CASA QUÍMICA BAYER. 2007. Curtir, teñir, acabar. 1a ed. Munich, Alemania. Edit. BAYER. pp. 11 – 110.
8. CÓRDOVA, R. 2009. Industria del proceso químico. 2a ed. Madrid, España. Edit. Dossat, S.A. pp. 42 – 53.
9. COTANCE, A. 2004. Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. Curtidores Europeos. pp. 23 - 32.
10. FRANKEL, A. 2009. Manual de Tecnología del Cuero. 2da ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 112 -148.

11. HERFELD, H. 2004. Investigación en la mecanización racionalización y automatización de la industria del cuero. 2a ed. Rusia, Moscú Edit. Chemits. pp 157 – 173.
12. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.
13. <http://www.cueroliquido.es>. 2014. Barriona, H. Repasado o estirado de las pieles menores.
14. <http://www.mater.upm.es>. 2014. Camelos, P. Grado de humedad del cuero en las curtiembres.
15. <http://www.tecnicasdecueroelerizorojo.com>. 2014. Carmelos, J. Palizonadora de brazo (Jacaré).
16. <http://www.tauroquimica.com>. 2014. Dominguez, J. Máquina de mandíbula proceso de curtición.
17. <http://www2.ictp.csic.es> .2014. Espinoza, G. Métodos utilizados en la industria de curtiembre.
18. <http://www.procesosiii.blogcindario.com>. 2014. Eucerín, E. Partes de la piel en bruto.
19. <http://www.coselsacurtido.com>. 2014. Flecher W. Acondicionado de pieles menores.

20. <http://www.cueronet.com>. 2014. Kabdasli Y. Estirado o estacado en las curtiembres de nuevo mundo.
21. <http://www.wiki/Mecánicadesólidosdeformables>. 2014. López, A. Propiedades mecánicas de los materiales.
22. <http://www.companiadecueros.com>. 2014. Manual de Tecnología Repasado o del Cuero. Estirado.
23. <http://www.worldlingo.com>. 2014. Miratoba, G. Ensayo de Tracción en las pieles menores.
24. <http://www.papays.org>. 2014. Morales, L. Crupon parte de la piel de especies menores.
25. <http://www.acercar.org.com>. 2014. Muñoz, M. Escurrido tradicional en las curtiembres.
26. <http://www.faolex.fao.org/docs>. 2014. Ortega M. Máquina de mandíbula de pieles de especies menores.
27. <http://www.es.made-in-china.com>. 2014. Peñaloza, G. Máquina de ablandar en curtiembres del nuevo mundo.
28. <http://www.hewit.com>. 2014. Peñaloza, A. Acondicionado proceso de curtición de pieles menores.
29. <http://www.cueroamerica.com>. 2014. Perdomo, K. Nombre de los diferentes cortes.
30. <http://www.tilz.tearfund.org>. 2014. Pereira, L. Fulón de batanar en el proceso de estacado.

31. <http://wwwforos.hispavista.com>. 2014. Rodriguez, G. Elongación de las pieles de especies menores.
32. <http://wwwtilz.tearfund.org>. 2014. Rosales, J. Factores que influyen en el ablandado.
33. <http://www.ifcifcextsustainability.com>. 2014. Sánchez V. Operaciones posteriores al acabado en húmedo.
34. <http://www.car.gov.codocumentos>. 2014. Santana, P. Esmerilado en la industria del cuero.
35. <http://wwwes.wikipedia.wikiCueroorg>. 2014. Tinajero, V. Finalidad del ablandado del cuero.
36. <http://www.mater.upm.es>. 2014. Zachara, H. Máquina vibratorio de las curtiembres modernas.
37. <http://www.proquimsaec.com>. 2014. Zachara, M. Rueda de ablandar en el proceso de curtido.
38. JONES, C. 2002. Manual de Curtición Vegetal. se. Buenos Aires Argentina. Edit. LEMIN. pp. 32 -53.
39. LACERCA, M. 2003. Curtición de Cueros y Pieles. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 1, 5, 6, 8, 9,10.
40. LAMPARTHEIM, G. 2008. Curtición de pieles de animales domésticos. 1 a ed. Lima, Perú. Edit. El Inca. pp. 52, 63, 96, 102, 123.

41. LEACH, M. 2005. Utilización de Pieles de Conejo. Curso llevado a cabo por el Instituto de desarrollo y recursos de Inglaterra, en colaboración con la Facultad de Zootecnia en la Universidad Autónoma de Chihuahua. 1a ed. Edit. UACH. pp. 12 –25, 25 – 42.
42. LIBREROS, J. 2003. Manual de Tecnología del cuero. 1. a ed. Igualada, España. Edit. EUETII. pp. 13 – 24, 56, 72.
43. LULTCS, W. 2003. Physical Testing Commission. sn. Belmont, Estados Unidos. Edit. Leather Techno Chem. pp. 5- 23.
44. MORERA, J. 2000. Química técnica de la curtición. 1a. ed. Igualada, España. Edit CETI. pp. 233 – 255.
45. PALOMAS, S. 2005. Química técnica de la tenería. 1a ed. Igualada, España. Edit. CETI. pp. 52, 68, 69,78.
46. PORTAVELLA, M. 2005. Tenería y medioambiente, aguas residuales. 4a ed. Barcelona, España Edit. Cicero. pp.91-234.
47. RIECHE, A. 2006. Química orgánica. 1a ed. Igualada, España. Edit. Dorssat. pp. 78 – 86.
48. RIVERO, A. 2001. Manual de Defectos en Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. CIATEG A.C. pp. 23 – 29.
49. SCHUBERT, M. 2007. Procesos de tratamiento de los baños de depilado para reducir la polución de las aguas residuales. 2a ed. Munich, Italia. Edit. Technologist. pp. 46 – 89.
50. SHREVE, R. 2004. Industrias de proceso químico. 2a ed. Madrid, España. Edit. Dossat, S.A. pp. 45 -63.

51. SOLER, J. 2005. Procesos de Curtido I. 1a ed. Barcelona, España. Edit. CETI. pp. 12, 45, 97,98.
52. THORSTENSEN, E. Y NOSTRAND, N. 2002. El cuero y sus propiedades en la Industria. 3a ed. Múnich, Italia. Edit. Interamericana. pp. 325- 386.
53. TRAUTMANN, A. 2009. Histología y Anatomía de animales. 2a ed. La Habana, Cuba. Edit. Instituto Cubano del Libro. pp.378-491.

ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva de la tensión de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Tensión			
1	253,968	358,30425	-104,33625	10886,0531
2	237,5	358,30425	-120,80425	14593,6668
3	457,447	358,30425	99,14275	9829,28488
4	411,538	358,30425	53,23375	2833,83214
5	447,917	358,30425	89,61275	8030,44496
6	263,349	358,30425	-94,95525	9016,4995
7	420,851	358,30425	62,54675	3912,09594
8	373,864	358,30425	15,55975	242,10582

b. Estadística Descriptiva

Tensión	Datos
Media	358,30425
Error típico	32,5532484
Mediana	392,701
Moda	#N/A
Desviación estándar	92,0744909
Varianza de la muestra	8477,71187
Curtosis	-2,05075151
Coefficiente de asimetría	-0,40543836
Rango	219,947
Mínimo	237,5
Máximo	457,447
Suma	2866,434
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	358,30425	
Varianza	8477,71187	
Observaciones	8	
Varianza agrupada	4241,85594	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	10,8646336	
P(T<=t) una cola	1,6566E-08	**
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	3,3132E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 2. Estadística descriptiva del porcentaje de elongación de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Elongación			
1	33,77	43,51	-9,75	94,97
2	47,47	43,51	3,95	15,64
3	46,47	43,51	2,95	8,73
4	52,43	43,51	8,92	79,53
5	44,53	43,51	1,02	1,04
6	48,13	43,51	4,62	21,35
7	38,70	43,51	-4,81	23,16
8	36,60	43,51	-6,91	47,78

b. Estadística Descriptiva

Elongación	Datos
Media	43,51
Error típico	2,28
Mediana	45,5
Moda	#N/A
Desviación estándar	6,46
Varianza de la muestra	41,74
Curtosis	-1,17
Coefficiente de asimetría	-0,33
Rango	18,66
Mínimo	33,77
Máximo	52,43
Suma	348,10
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	43,512125	4,5
Varianza	41,7424241	6
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	23,8712121	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	15,9695386	
P(T<=t) una cola	1,108E-10	
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	2,2161E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 3. Estadística descriptiva del diámetro de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Diámetro			
1	35,00	38,75	-3,75	14,06
2	43,00	38,75	4,25	18,06
3	43,00	38,75	4,25	18,06
4	40,00	38,75	1,25	1,56
5	39,00	38,75	0,25	0,06
6	36,00	38,75	-2,75	7,56
7	37,00	38,75	-1,75	3,06
8	37,00	38,75	-1,75	3,06

b. Estadística Descriptiva

Diámetro	Datos
Media	38,75
Error típico	1,08150028
Mediana	38
Moda	43
Desviación estándar	3,05894473
Varianza de la muestra	9,35714286
Curtosis	-1,26351611
Coefficiente de asimetría	0,47414445
Rango	8
Mínimo	35
Máximo	43
Suma	310
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	38,75	4,5
Varianza	9,35714286	6
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	7,67857143	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	24,7201076	
P(T<=t) una cola	2,9904E-13	
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	5,9807E-13	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 4. Estadística descriptiva del grado de humedad de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Grado de Humedad			
1	26,00	29,75	-3,75	14,06
2	32,00	29,75	2,25	5,06
3	30,00	29,75	0,25	0,06
4	32,00	29,75	2,25	5,06
5	31,00	29,75	1,25	1,56
6	31,00	29,75	1,25	1,56
7	28,00	29,75	-1,75	3,06
8	28,00	29,75	-1,75	3,06

b. Estadística Descriptiva

Grado de H.Datos	
Media	29,75
Error típico	0,77344314
Mediana	30,5
Moda	32
Desviación estándar	2,18762755
Varianza de la muestra	4,78571429
Curtosis	-0,81835598
Coefficiente de asimetría	-0,66861773
Rango	6
Mínimo	26
Máximo	32
Suma	238
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	29,750	4,5
Varianza	4,786	6
Observaciones	8,000	8
Varianza agrupada	5,393	
Diferencia hipotética de las medias	-	
Grados de libertad	14,000	
Estadístico t	21,746	
P(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,761	
P(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	2,145	

Anexo 5. Estadística descriptiva de la blandura de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Blandura			
1	5,00	4,00	1,00	1,00
2	2,00	4,00	-2,00	4,00
3	5,00	4,00	1,00	1,00
4	4,00	4,00	0,00	0,00
5	5,00	4,00	1,00	1,00
6	5,00	4,00	1,00	1,00
7	3,00	4,00	-1,00	1,00
8	3,00	4,00	-1,00	1,00

b. Estadística Descriptiva

BlanduraDatos	
Media	4
Error típico	0,42257713
Mediana	4,5
Moda	5
Desviación estándar	1,19522861
Varianza de la muestra	1,42857143
Curtosis	-1,204
Coefficiente de asimetría	-0,66932802
Rango	3
Mínimo	2
Máximo	5
Suma	32
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	4	4,5
Varianza	1,42857143	6
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	3,71428571	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-0,51887452	
P(T<=t) una cola	0,30597623	
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	0,61195246	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 6. Estadística descriptiva de la flexión de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Flexión			
1	4,00	3,13	0,88	0,77
2	3,00	3,13	-0,13	0,02
3	5,00	3,13	1,88	3,52
4	3,00	3,13	-0,13	0,02
5	1,00	3,13	-2,13	4,52
6	4,00	3,13	0,88	0,77
7	2,00	3,13	-1,13	1,27
8	3,00	3,13	-0,13	0,02

b. Estadística Descriptiva

Flexión Datos	
Media	3,125
Error típico	0,44067724
Mediana	3
Moda	3
Desviación estándar	1,24642345
Varianza de la muestra	1,55357143
Curtosis	0,14649227
Coefficiente de asimetría	-0,304319
Rango	4
Mínimo	1
Máximo	5
Suma	25
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	3,125	4,5
Varianza	1,55357143	6
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	3,77678571	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-1,41504914	
P(T<=t) una cola	0,08945563	
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	0,17891126	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 7. Estadística descriptiva de la llenura de las pieles menores utilizando el ablandador diseñado e instalado en el laboratorio de curtiembre de pieles de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH.

a. Datos

Muestra	Llenura				
1	3,00	3,50	-0,50	0,25	
2	5,00	3,50	1,50	2,25	
3	2,00	3,50	-1,50	2,25	
4	3,00	3,50	-0,50	0,25	
5	2,00	3,50	-1,50	2,25	
6	3,00	3,50	-0,50	0,25	
7	5,00	3,50	1,50	2,25	
8	5,00	3,50	1,50	2,25	

b. Estadística Descriptiva

Llenura Datos	
Media	3,5
Error típico	0,46291005
Mediana	3
Moda	3
Desviación estándar	1,30930734
Varianza de la muestra	1,71428571
Curtosis	-1,925
Coefficiente de asimetría	0,25458754
Rango	3
Mínimo	2
Máximo	5
Suma	28
Cuenta	8

c. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	3,5	4,5
Varianza	1,71428571	6
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	3,85714286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-1,01835015	
P(T<=t) una cola	0,16289402	
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	0,32578804	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	