



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA MEDIR LA  
RESISTENCIA A LA ROTURA DE LA FLOR DE CUERO (LASTÓMETRO)”**

**TRABAJO DE TITULACION**

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

**AUTORES**

**ADRIANA ESTAFANIA BAIZA DELGADO**

**MILLER ARNALDO CHAFLA BERRONES**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros Adriana Estefanía Baiza Delgado y Miller Arnaldo ChafíaBerrones, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 22 de diciembre del 2015.

Adriana Estefanía Baiza Delgado

CI: 060391372-4

Miller Arnaldo ChafíaBerrones

CI: 060547930-2

El trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal

---

Ing. Adriana Alexandra Pesantez Erazo.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

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

Riobamba, 4 de Diciembre del 2015.

## **DEDICATORIA**

A Dios ya que sin el nada de este sueño se haría realidad, quien me ha dado el privilegio de la vida, y que a través de pruebas me ha hecho crecer como persona, el que me ha dado la fortaleza para continuar permitiéndome valorarle cada día más.

A mis padres Patricio y Lupita que siempre han estado ahí con sus consejos, su apoyo interminable, su cariño y comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos, y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, siendo el soporte necesario para mi desarrollo, brindándome las herramientas necesarias para persistir hasta alcanzar mis metas haciendo de esta no solo una victoria mía sino de todos nosotros,

**ADRIANA ESTEFANIA BAIZA DELGADO**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que me dio la bienvenida al mundo universitario como tal, abriéndome las puertas de su seno científico, brindándome oportunidades para mi formación profesional.

Agradezco mucho por la ayuda a los docentes que me brindaron su apoyo y conocimientos, a mis compañeros de clase, ya que gracias a la amistad y al apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de salir adelante durante este largo trayecto.

A mi Director y Asesor de tesis los Ingenieros Edwin Zurita y Luis Hidalgo, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades , su colaboración y sus conocimientos científicos, así como para guiarme en el desarrollo de este Trabajo de Titulación y llegar a la culminación del mismo.

Y para finalizar a la Facultad de Ciencias Pecuarias por toda la formación, conocimientos y sabiduría que me ha otorgado.

**ADRIANA ESTEFANIA BAIZA DELGADO**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres Rodolfo y Rosaura por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos Johnny y Kevin por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

**Miller Arnaldo ChafíaBerrones**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad.

Le doy gracias a mis padres Rodolfo y Rosaura por apoyarme en todo momento, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Johnny y a Kevin por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO en especial a la Facultad de Ciencias Pecuarias por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional de excelencia.

A mi director de tesis, Ing.M.C. Edwin Zurita y asesor de tesis Ing.M.C. Luis Hidalgo y demás docentes que por sus esfuerzos y dedicación, quienes con sus conocimientos, sus experiencias y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A Estefanía Baiza por haber sido una excelente compañera de tesis y amiga, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A todos mis demás familiares por siempre brindarme el apoyo espiritual y moral.

## 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 LA LITERATURA</u>	3
A. LA PIEL	3
1. Partes de la piel en bruto	3
a. Crupón	4
b. Cuello	4
c. Faldas	5
2. Histología de la piel	5
a. La epidermis	6
b. La dermis o corium	8
c. Tejido conectivo	9
d. El tejido subcutáneo	11
B. CURTICIÓN DEL CUERO	11
1. <u>Operación del remojo</u>	12
2. <u>Pelambre y calero</u>	12
a. Pelambres de cal	13
3. <u>Depilado, descarnado y dividido</u>	14
a. Depilado	14
b. Descarnado	15
c. Dividido	15
4. <u>Desencalado</u>	16
5. <u>Rendido</u>	17
6. <u>Piquel</u>	17
7. <u>Curticiones con productos orgánicos</u>	18
8. <u>Curtición con productos orgánicos</u>	19
9. <u>Neutralizado del cuero al cromo</u>	19

10.	<u>Recurtición del cuero al cromo</u>	20
C.	NORMALIZACIÓN DEL ENSAYO DEL CUERO	21
1.	<u>Tipos de normas para el control de calidad del cuero</u>	22
2.	<u>Normas Internacionales</u>	22
a.	Normas de la IULTCS	25
b.	Normas ISO	25
c.	Normas EN	26
d.	Normas Nacionales	26
e.	Relación de Normas IUP de ensayos físicos	27
D.	LOCALIZACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS EN EL CUERO	29
E.	DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO	30
1.	<u>Resistencia a la rotura de la flor</u>	31
a.	Procedimiento	31
F.	LASTÓMETRO	32
1.	<u>Características técnicas y de construcción</u>	37
2.	<u>Realización de la prueba</u>	39
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	41
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	41
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	42
1.	<u>Materiales</u>	42
2.	<u>Equipos</u>	42
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	43
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	43
a.	Mediciones físicas	43
b.	Mediciones sensoriales	43
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	44
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	44
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	45
1.	<u>Espesor del cuero</u>	45

2.	<u>Resistencia a la rotura de la probeta</u>	46
3.	<u>Tiempo a la rotura de la probeta</u>	46
4.	<u>Resistencia a la tensión</u>	47
5.	<u>Porcentaje de elongación</u>	51
6.	<u>Resistencia a la rotura de la capa de flor</u>	52
7.	<u>Blandura del cuero</u>	53
8.	<u>Llenura</u>	54
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	55
A.	DIMENSIONES DEL EQUIPO	55
1.	<u>Dimensión del área requerida para instalar el quipo</u>	55
2.	<u>Determinación de la potencia consumida</u>	57
a.	Determinación de la fuerza aplicada al cuero	57
b.	Determinación de la aceleración	59
c.	Determinación de la masa del conjunto de transmisión de la fuerza	59
d.	Determinación del trabajo ejecutado por el motor	60
e.	Determinación de la distancia que recorren el pistón	60
f.	Potencia requerida para el ensayo	63
g.	Determinación de la potencia consumida en base a la eficiencia	63
B.	RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL	65
1.	<u>Espesor</u>	65
2.	<u>Lastometría</u>	68
3.	<u>Tiempo a la rotura de la flor</u>	70
4.	<u>Resistencia a la tensión</u>	72
5.	<u>Porcentaje de elongación</u>	74
C.	RESULTADO DE LAS PRUEBAS SENSORIALES REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL	76

1.	<u>Llenura</u>	76
2.	<u>Blandura</u>	80
D.	MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL LASTÓMETRO IMPLEMENTA EN EL LABORATORIO DE CURTICIÓN	81
E.	MANUAL DE OPERACIÓN	84
1.	<u>Operación del equipo</u>	86
F.	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	87
D.	COSTOS DEL EQUIPO	88
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	91
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	92
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	93
	ANEXOS	

## RESUMEN

En las instalaciones de la Constructora “Velásquez e hijos se realizó el diseño y construcción del prototipo mecánico lastómetro, para su validación se realizó pruebas tanto en el Laboratorio de Control de calidad de ANCE como en la ESPOCH, que se constituyeron las unidades experimentales y los resultados adquiridos fueron comparados utilizando una estadística descriptiva para determinar si existen o no diferencias entre laboratorios. Por lo tanto se afirma que para la construcción e implementación del prototipo mecánico, se utilizó materiales de primera calidad, para asegurar la precisión en el ensayo así como para la aplicación de la técnica de manufactura y el cálculo de la potencia del equipo que fue de 559,25 watts, ya que la eficiencia del equipo fue igual a 75%. En la evaluación de las resistencias físicas del cuero se determinó que al curtir las pieles se obtienen mayores resultados de espesor del cuero (1,12 mm), y lastrometría 10,06 mm, mientras tanto que la mayor resistencia a la tensión (1809,83 N/cm<sup>2</sup>), y porcentaje de elongación (62,50%), se registró al curtir las pieles al vegetal. Se afirma que la construcción e implementación del equipo mantuvo un protocolo de producción de primera calidad que resulta competitiva para la industria nacional. Los costos de producción al reportar un valor de 3177 dólares americanos, son inferiores a los registrados en preformas tanto nacionales como internacionales que determinan un precio de venta de 10000 dólares por lo que representa una disminución considerable en la manufactura, y con resultados de precisión satisfactoria.

## ABSTRACT

At "Velasquez and children" construction company, it was developed the design and construction of a mechanical prototype lastometry, for its validation some tests were developed either at the Laboratory of quality control from the ANCE as in ESPOCH which constituted the experimental units and the results obtained were compared using descriptive statistics in order to determine if there are any differences between laboratories. For instance, it is said that for the construction and implementation of the mechanical prototype, high quality materials were used in order to make sure the precision in the essay as well as the application of the manufacturing technique and the equipment power record was 559,25 watts, since the efficiency of the machine was 80%. In the evaluation of physical resistance of the leather, it was determined that when tanning the fur, the thickness of the leather is better (1,12mm), lastometry (10,06 mm) and time for breakage (1,01 s) which was obtained when tanning leather with chrome meanwhile the highest resistance to tension is (1809,83 N/cm<sup>2</sup>) and a percentage of lengthen (62,50 %) was registered when tanning leather with vegetables. It is claimed that the construction and implementation of the equipment kept a high quality protocol which is competitive for national industry. The production costs of over 3117 American dollars are lower to those registered in the national and international budgets which state a price of 10000 dollars; this represents a meaningful reduction in manufacturing and satisfactory precision results.

**LISTA DE CUADROS**

N°		Pág.
1.	NORMAS INTERNACIONALES DE ALGUNOS PAÍSES.	27
2.	RELACIÓN DE LOS ENSAYOS FÍSICOS IUP QUE SE ENCUENTRAN EN DESUSO EN LA ACTUALIDAD.	28
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	41
4.	TIEMPO REGISTRADO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ROTURA DE LAS MUESTRAS DE LOS CUEROS ELABORADOS BAJO UN SISTEMA DE CURTICIÓN AL CROMO VERSUS CURTICIÓN CON EXTRACTOS VEGETALES.	64
5.	RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL.	66
6.	RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL.	77
7.	RESULTADO DE EFICIENCIA DEL EQUIPO.	82
8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.	89

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°		Pág.
1.	Resultado del espesor de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	67
2.	Resultado de la lastimetría de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	69
3.	Resultado de la resistencia a la rotura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	71
4.	Resultado de la resistencia a la rotura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	73
5.	Resultado del porcentaje de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	75
6.	Resultado de la llenura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.	79
7.	Lastimetría determinada en el equipo frente a la lastimetría determinada por un laboratorio acreditado.	83

**LISTA DE FIGURAS**

N°		Pág.
1.	Esquema de las zonas de una piel fresca	4
2.	Epidermis de la piel animal.	6
3.	Localización de la toma de muestras para los ensayos físicos del cuero.	30
4.	Ilustración de un Lastómetro.	35
5.	Evaluación de material con un lastómetro instantánea.	36
6.	Dispositivo empleado en un lastómetro.	38
7.	Dimensiones del lastómetro.	39
8.	Planos de diseño del equipo.	56
9.	Ilustración del equipo para medir la lastometría del cuero.	85

## LISTA DE ANEXOS

N°

1. Espesor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
2. Lastimetría del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
3. Tiempo a la Rotura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
4. Resistencia a la tensión de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
5. Resistencia a la tensión del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
6. Resistencia a la tensión de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
7. Porcentaje de elongación de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
8. Blandura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
9. Llenura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.
10. Equipo para medir la lastimetría del cuero.
11. Medidor de la rotura del cuero.
12. Botones para encendido y apagado del prototipo mecánico.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En todos los procesos de fabricación existen variaciones que pueden afectar la calidad final del producto. En el caso de la industria del cuero al trabajar con productos químicos y materia prima de diversas procedencias y calidades, estas variaciones se vuelven más subjetivas. De ahí nace la necesidad del control de calidad para reducir al mínimo estas variaciones y obtener en el producto final los resultados deseados, para ello debe contar con límites aceptables de calidad. Uno de los controles de calidad que se realiza en el cuero es el análisis físico y mecánico que son realizados a través de equipos y personas entrenadas, no dejando dudas en relación a los resultados obtenidos.

Es habitual estudiar las características mecánicas de la estructura fibrosa del cuero sometiendo a esfuerzos normalizados a muestras representativas de los mismos y estudiando las deformaciones resultantes, que llegan comúnmente a la rotura de la probeta ensayada. El lastómetro es un equipo mecánico, el cual evalúa la capacidad de resistencia a la rotura de la flor del cuero permitiendo realizar la medición de la calidad al desgarrar; es decir, se puede estirar el cuero de forma simultánea (distendido), sin que el material haya sufrido daños físicos como agrietamiento del grano o rotura de la capa flor.

La flor del cuero será considerada como la superficie acabada, de tal manera que simule la flor, o que pretenda ser usada en lugar de la flor de un cuero ordinario. La carga de rotura de fibra es capturado con mucha exactitud en rotura de fibra también se identifica con precisión. Una de las problemáticas que presenta el cuero en el momento de industrializarlo es el estirado de la superficie del grano de cuero, hay un riesgo de que se pueda romper. Esto puede ser, por ejemplo, como resultado del cuero de mala calidad o si es demasiado seco. Por consiguiente, se puede tomar en cuenta que este prototipo, permite llevar a cabo un aprendizaje con mayor tecnología para determinar el análisis físico del cuero que es indispensable pues determina el tipo de artículo a confeccionar y la clasificación a la que pertenece ya que en los cueros son comercializados como primera,

segunda y tercera clase. En Ecuador las empresas que elaboran artículos en cuero que quieran surgir y competir en el entorno actual, globalizado y con apertura al cambio, deben tener como premisa fundamental aumentar su productividad, su competitividad, tecnología e innovación, que permita resolver problemas de falta de materia prima para el sector del cuero .

El control de calidad que se realiza en la industria del calzado, vestimenta y marroquinería se aplica a materias primas, productos en proceso y producto terminado, actualmente nadie pone en duda la necesidad o al menos la conveniencia de realizar ensayos de control pero con más frecuencia que la que cabría imaginar, las ideas no son claras respecto a para que sirven, hasta que punto es utilizable la información que proporcionan y que ensayos hay que realizar, sin embargo su utilidad más importante es la de predecir el comportamiento del material en su uso práctico y para mantener en lo más posible reducido el número de reclamos o reproceso . Este tipo de pruebas se realizan en cuero semi - acabado y acabado, la finalidad que persiguen es demostrar la resistencia del cuero, flexión, calor, luz, etc. Las empresas que no cumplan con estándares altos de calidad, producción, bajos costos y tiempos, eficiencia, nuevos métodos de trabajo y tecnología entre otros aspectos, están lejos de aumentar el primer objetivo que es la productividad. Por lo expuesto anteriormente los objetivos planteados fueron:

- Construir e implementar un prototipo para realizar ensayos de lastometría en el laboratorio de curtación de pieles en la Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Determinar qué tipo de curtientes (cromo o tanino vegetal), tiene mayor resistencia a la rotura de la flor luego de curtir pieles de cabra.
- Validar el funcionamiento del prototipo construido, mediante la evaluación de cueros de cabra curtidos con cromo o tanino vegetal.
- Evaluar los costos de construcción del prototipo de Lastómetro.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **A. LA PIEL**

Hidalgo, L. (2004), 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. 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. 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.
- Es un órgano sensorial ya que posee diseminados en toda su superficie una serie de ramificaciones nerviosas con funciones motoras.
- Almacenar sustancias grasas.
- Proteger el cuerpo de la entrada de bacterias.

#### **1. Partes de la piel en bruto**

Abraham, A. (2001), indica 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 3 zonas:

- El crupón.
- El cuello.
- Las faldas.

### a. Crupón

Adzet, J. (2005), reporta que el crupón 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, como se ilustra en el (figura 1).

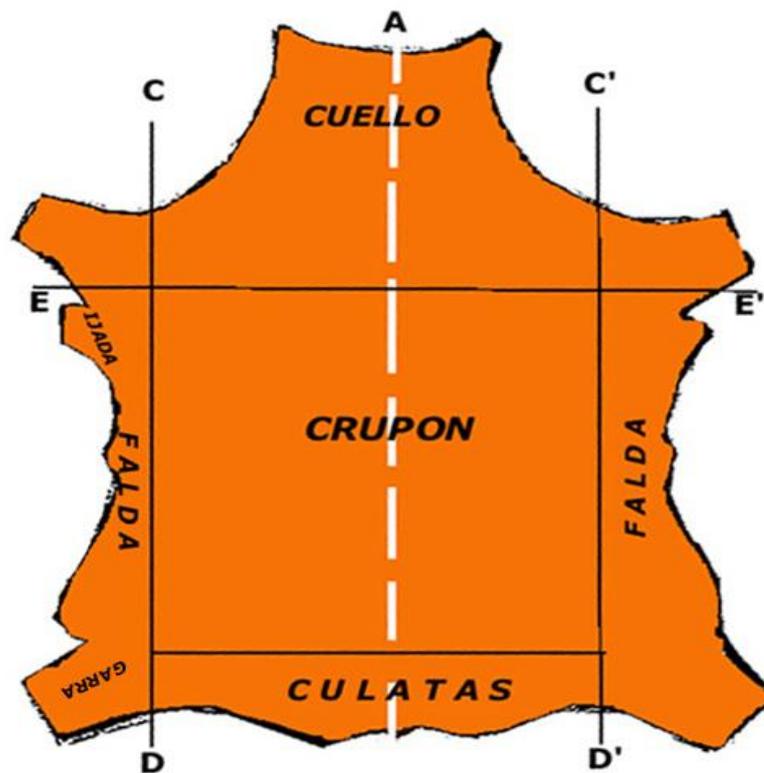


Figura 1. Esquema de las zonas de una piel fresca.

### b. Cuello

Artigas, M. (2007), reporta que el cuello corresponde a la piel del cuello y la cabeza del animal. Su espesor y compacidad son irregulares y de estructura fofo. La superficie del cuello presenta y profundas arrugas que serán 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**

Cotance, A. (2004), indica que las faldas corresponden a la parte de la piel que cubre el vientre y las patas del animal. Presenta grandes 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 carnificadas. 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. Histología de la piel**

Frankel, A. (2009), manifiesta que la estructura histológica de una piel se diferencia de unas especies a otras y aún dentro de un mismo animal. Según la parte de la piel que se haya tomado como muestra. Dentro de una misma especie, todas las pieles tienen estructuras idénticas y pueden presentar diferencias profundas que provienen de numerosos factores. Los que tienen una mayor influencia son: la raza de los animales, las regiones de procedencia y las condiciones de crianzas de los animales. Estos factores influyen sobre las características del cuero acabado. Sin embargo y a pesar de estas diferencias la estructura de la piel es fundamentalmente similar para los mamíferos tales como los bovinos, ovinos y equinos: buey, vaca, ternera, becerro, caballo, oveja cordero y cabra. De acuerdo con esto y para, su estudio se tomará como estructura tipo la correspondiente a una piel vacuna fresca, teniendo en cuenta que después de la conservación su estructura varía.

Según <http://www.cueronet.com/tecnica/lapiel.htm>.(2015), para conocer la estructura interna de la piel es necesario efectuar cortes transversales de la misma con micrótomos de congelación. Los cortes de la piel se someten a diversas técnicas de tinción que diferencian sus elementos y se observan al microscopio. Desde el exterior hacia dentro se distinguen las siguientes capas: epidermis, dermis o corium y tejido subcutáneo, como se ilustra en la (figura 2).

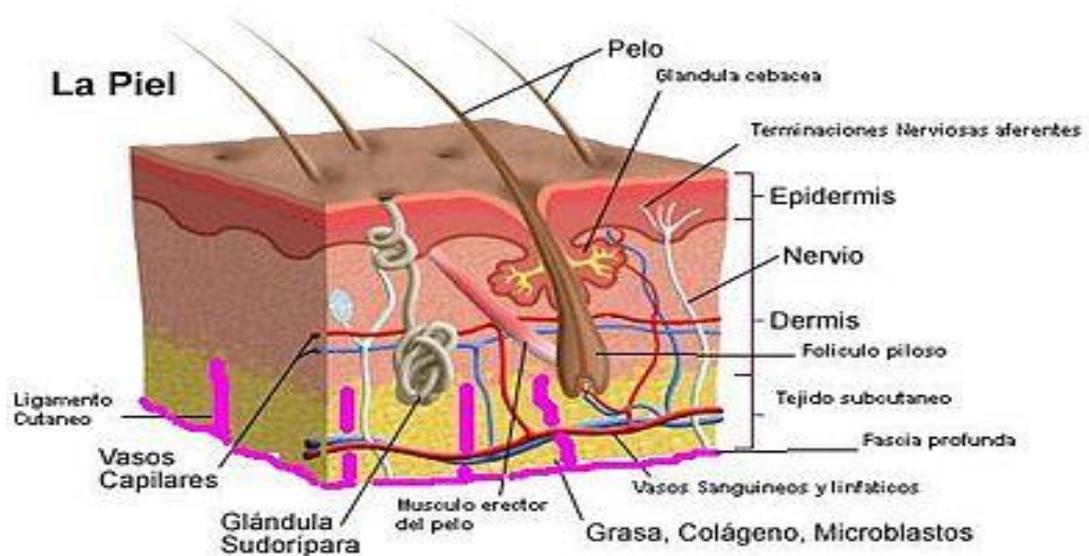


Figura 2. Epidermis de la piel animal.

### a. La epidermis

Ullman, T. (2006), reporta que la epidermis es una capa delgada y estratificada. Aproximadamente representa el 1% de espesor total de la piel en bruto. Durante la fabricación del cuero la epidermis se elimina en las operaciones de pelambre o embadurnado. Toda piel, una vez retirada del tronco del animal, pasa inmediatamente a un estado de tremenda labilidad, si no se toma una medida inmediata para deshidratar esa piel que está recubierta de gérmenes que producen en pocas horas la autólisis de esa piel. Desde fuera hacia dentro la epidermis contiene las siguientes capas: Capa cornea, capa granular y capa mucosa de Malpighi o capa basal.

- La capa de malpighi: Forma la capa más profunda de la epidermis y es la que se encuentra, más próxima a la dermis. Formada por células vivas de aspecto mucoso o gelatinoso que tiene; poca resistencia y son fácilmente atacadas por la acción de las bacterias de la putrefacción y de las enzimas.
- En las zonas más profundas de esta capa mucosa se encuentra la capa generadora que está formada por una sola capa de células de forma prismática, colocadas una al lado de otras. Su cara inferior se apoya sobre la

membrana hialina, y posee unas finas prolongaciones dirigidas hacia la dermis las cuales sirven para fijar la epidermis a la dermis.

- La capa granular: Esta capa presenta un desarrollo variable, según la especie de mamíferos de que se trate y también de la parte de la piel que se tome. Su grosor es siempre menor que el de la capa de Milpighi. A partir de esta capa, comienza producirse la degeneración de los núcleos.
- La capa córnea: A partir de la capa granular y a medida que ascienden las células éstas se van secando gradualmente, pierden sus estructuras nucleares y se van volviendo aplastadas, en forma de escamas. Las células en esta capa ya están muertas. Al mismo tiempo que se aplastan, se funden gradualmente para formar la densa capa queratinizada del estado córneo o capa córnea. Durante la vida animal, esta capa córnea se va desprendiendo en forma de finas láminas o costras las cuales van siendo reemplazadas por otras células que están por debajo y que las van empujando.
- Producciones epidérmicas: Tienen su origen en la epidermis y son de tipo córneo; entre ellas se encuentra: el pelo, lana, pezuñas, cuernos, etc. El pelo es la producción epidérmica más importante para el curtidor. Su raíz se encuentra alojada dentro de unas bolsas formadas por un repliegue de la epidermis llamadas folículos pilosos. La base del pelo llega casi hasta el fondo de la capa papilar.

Graves, R. (2007), manifiesta que en el folículo piloso se distinguen:

- La vaina epitelial externa que es una funda formada por la capa mucosa de Milpighi que se encuentra en el exterior de la dermis.
- La papila forma la fase del folículo piloso, constituido por la vaina epitelial externa. Y presenta un entrante por donde penetra la dermis.
- La vaina epitelial interna es una funda que está unida a la raíz del pelo y la recubre hasta una altura aproximada de un tercio de la del folículo piloso.

Herfeld, H. (2004), expone que la mayoría de los mamíferos tienen dos clases de pelo: los de papila o papilares y los primarios. Los pelos papilares se encuentran acentuados en zonas más profundas de la piel y además, firmemente sujetos a ellas, son cortos y sedosos, mientras que los primarios son más largos y fuertes. Los pelos primarios son más numerosos y en ellos se diferencian tres zonas: la médula, el cortex y la cutícula.

- La médula. Es la parte central del pelo, formada por grandes células redondas colocadas unas encima de otras.
- El cortex. Es el constituyente principal del pelo, formado por una capa de células más pequeñas y dispuestas paralelamente al eje del pelo.
- La cutícula. Es una envoltura externa del pelo, formada por una capa fina de células planas carnificadas colocadas como las tejas de un tejado.
- Glándulas sebáceas: Se encuentran en la parte superior de la dermis a nivel del bulbo piloso. Se presentan en forma de bolsas llenas de células que elaboran productos grasos que después los segregan. Estos productos sirven para lubricar el pelo y la capa córnea de la epidermis.
- Glándulas sudoríparas: Situadas en la misma zona de la piel y a la misma altura. Su finalidad es la de eliminar las sustancias de desecho que forman el sudor y regular la temperatura del cuerpo. Las hay en dos clases: las que descargan directamente la epidermis y las que hacen en los folículos pilosos.

#### **b. La dermis o corium**

Hidalgo, L. (2004), reporta que la dermis es la capa que se encuentra situada por debajo de la epidermis y que se extiende hasta la capa subcutánea. Está separada de la epidermis por la membrana hialina. La membrana hialina es ondulada, transparente, que forma una superficie pulida, la cual constituye "la flor del cuero acabado". Esta membrana presenta el tipo "poro" o grano el cual es característico en cada tipo de animales. La dermis constituye la parte principal de

la piel y su espesor representa aproximadamente el 84% del espesor total de la piel en bruto. Se distinguen dos capas: la capa flor o papilar y la capa reticular.

- La capa flor o papilar: Se extiende desde la membrana hialina hasta aproximadamente la base de los folículos pilosos. Está formada por un entret Tejido de fibras que se adaptan a la superficie de los folículos pilosos que adquieren una orientación sensiblemente perpendicular a la superficie de la piel. Químicamente está formada por fibras de colágeno y por bastantes fibras elásticas que sirven para reforzar su estructura. Además de este tejido fibroso, la capa flor, contiene capilares sanguíneos, glándulas sudoríparas y sebáceas, el músculo erector del pelo y nervios sensoriales. Por este motivo, esta capa presenta, el nivel de los bulbos pilosos, una resistencia muy débil. La capa capilar es la capa que condiciona el aspecto del cuero acabado contribuyendo, sobre todo, a su apariencia estética.
- La capa reticular: Se extiende, aproximadamente, a partir de la base de los folículos pilosos y se llama así por su aspecto de red. Está formada por fibras gruesas y fuertes que se entrecruzan formando un ángulo aproximado de 45° con relación a la superficie de la piel. Su espesor representa entre el 50 - 80% del total de la dermis, dependiendo de la edad del animal. Al ir éste envejeciendo, la relación entre la capa reticular y la de la flor sería cada vez mayor.

### **c. Tejido conectivo**

Para <http://www.monografias.com>.(2015), la dermis está formada esencialmente por las células conectivas y las fibras. Las células conectivas son de un tipo especializado y se llaman fibroblastos porque generan las fibras. Como cualquier otra clase de células su protoplasma está constituido por proteínas solubles en medio acuoso, las cuales puedan desnaturalizarse mediante el calor y las sustancias químicas. Las principales fibras son las de: colágenos, elásticas y reticulares.

- **Fibras de colágeno:** La estructura fibrosa de la dermis está constituida fundamentalmente por un entramado irregular de fibras de colágeno, así llamadas por que por acción del agua caliente se transforman en gelatina. En este entramado fibroso aparecen en primer lugar los haces de fibras, con un diámetro aproximado de 20 micras. Los cortes transversales de estas fibras elementales dejan ver que poseen diferentes formas y tamaños. Sometiendo estas fibras a fuertes campos en radiaciones ultrasónicas se puede conseguir su desfibrilación en otras más finas llamadas fibrillas en filamentos. Que son los elementos más simples observados con el microscopio electrónico todavía con aspecto fibroso. La molécula de colágeno tiene una longitud y un diámetro aproximado de 3.000 y 14 Å respectivamente, sus tres cadenas están unidas entre sí por uniones químicas estables y por enlaces tipo puente de hidrógeno entre un átomo de hidrógeno de una cadena con otro átomo de oxígeno de otra cadena vecina.
- **Fibras elásticas:** Se llaman fibras elásticas por tener la propiedad de recuperar su forma primitiva cuando son estiradas, de una manera similar a la goma. Se presentan en dos formas diferentes. En forma de fibras con un diámetro más fino que las fibras de colágeno, individuales y ramificadas, formando un enrejado de fibras. En este caso se encuentran distribuidas en la piel de una manera no homogénea, acostumbran a ser muy abundantes en la capa papilar y se encuentran solo algunas en las capas intermedias. Su gran estabilidad hidrotérmica, pues resiste la acción del agua hirviendo sin transformarse en gelatina, es digerida por las enzimas elásticas.
- **Fibras de retícula:** Cuando se aplican técnicas de tinción con sales de plata se observan sobre las preparaciones microscópicas y al lado de las fibras de colágeno que aparecen en tono rosado, otro tipo de fibras en tono negro, que son las fibras de reticulina, las cuales forman el llamado tejido reticular. Las fibras de reticulina se diferencian de las fibras de colágeno por su alto contenido en materia glucídica - proteica.
- **Otros componentes:** Además de las fibras que forman fundamentalmente la dermis, se encuentran también otros componentes: vasos sanguíneos nervios.

- células, grasas y tejido muscular. La dermis esta regada por una abundante red de arterias que llevan la sangre hasta el mismo borde de la capa de la flor y por otra red de venas que la recogen.

Para <http://wwwfcmjtrigo.sld.com>.(2015), en la piel se encuentran sustancias grasas, en forma de depósitos grasos localizados en las glándulas sebáceas, y en el tejido adiposo que a veces lleva adherido por el lado carne la piel desollada, repartida por todo su espesor en forma de células grasas. La sustancia grasa contenida en las glándulas sebáceas, es cuantitativamente poco importante, la grasa celular de la dermis, sin embargo acostumbra a ser causa de grandes inconvenientes, principalmente cuando se procesan varios tipos de pieles.

#### **d. El tejido subcutáneo**

Lacerca, M. (2003), indica que el tejido subcutáneo constituye aproximadamente el 15% de espesor total de la piel en bruto y se eliminan mecánicamente en la rivera mediante una operación que se denomina descarnado. Es la parte de la piel que asegura la unión con el cuerpo del animal. El tejido subcutáneo está constituido por un fieltro muy lacio a base de fibras largas dispuestas casi paralelamente a la superficie de la flor, entre sus fibras se encuentran células grasas en mayor o menor cantidad según la especie del animal, por esto, a veces al tejido subcutáneo se le llama tejido adiposo. Todos estos tejidos combinados forman la carne, como se expresa en la práctica de curtidos, referente a la piel fresca o bien carnaza una vez la piel está en tripa.

## **B. LA CURTICIÓN DEL CUERO**

Para <http://wwwgob.mx> (2015), la curtición es un proceso que pretende estabilizar las propiedades de la piel del animal sin que sufra cambios naturales de descomposición y putrefacción. Las pieles que se usan en un calzado o que son procesadas en la curtición son generalmente de vacuno o caprino. También se usa para forros ganado caballar o porcino. La curtición mantiene las propiedades

más deseadas de la piel: resistencia al desgaste, a la humedad, flexibilidad y aspecto exterior agradable al tacto y a la vista. La piel tratada por curtición rara vez produce intolerancias de tipo alérgico. De ocurrir estas alergias suele ser a causa de los tintes que se usan en las pieles ya curtidas.

## **1. Operación del remojo**

Según [http://www.slideshare.net/fyug/curtición-del-cuero.\(2015\)](http://www.slideshare.net/fyug/curtición-del-cuero.(2015)), el remojo es la primera operación a que se someten las pieles en la fabricación y consiste en tratarlas con agua dentro de una tina, molineta o bombo. El objetivo del remojo es limpiar las pieles de todas las materias extrañas y devolverlas al estado de hidratación que tenían cuando eran pieles frescas. La complejidad de la operación de remojo depende fundamentalmente del método de conservación. Las pieles frescas no necesitan un remojo propiamente dicho, sino más bien un lavado a fondo para limpiar la piel, eliminando la sangre, linfa y excrementos. En el caso de las pieles saladas además de limpiarlas deberemos eliminar la mayor parte de la sal común y devolver a la piel su estado original de hidratación. La operación es bastante simple ya que al disolverse la sal que existe entre las fibras, se facilita la entrada del agua. El proceso de humectación de una piel seca es tanto más difícil cuanto más gruesa es la piel y mayor fue la temperatura de secado. Los problemas de remojo de las pieles ovinas son mayores por la presencia de la elevada cantidad de grasa que contiene este tipo de pieles.

## **2. Pelambre y Calero**

Bacardit, A. (2004), Informa que la piel debidamente hidratada, limpia y con parte de sus proteínas eliminadas en el remojo, pasa a las operaciones de pelambre, cuya doble misión radica en eliminar del corium la epidermis con el pelo o la lana y producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno con el fin de prepararla adecuadamente para los procesos de curtición. el depilado de la piel puede efectuarse de múltiples maneras, que pueden agruparse en procedimientos químicos y procedimientos enzimáticos. En los procedimientos químicos se emplean principalmente productos que en solución acuosa

suministran iones  $\text{OH}^-$  o  $\text{SH}^-$ . En otras variantes de depilado químico se emplean amoníaco, aminas, sustancias reductoras, productos hidrotrópicos, ácidos, etc., pero son de poca significación para la práctica de fabricación de curtidos. En los procedimientos enzimáticos se hace una distinción entre los métodos llamados de resultado, en los que las pieles se dejan en cámaras a temperatura y humedad controladas bajo la acción de los microorganismos y los métodos de depilado enzimático propiamente dicho, en los que se trabajan con preparados enzimáticos debidamente dosificados.

#### **a. Pelambres de cal**

Para <http://www.upb.edu/es/node.2015>, los pelambres de cal, comúnmente conocidos por el nombre de caleros, se preparan con cal apagada o con hidróxido cálcico en polvo. El apagado de la cal se efectúa por tratamiento de la cal viva con agua, según la siguiente reacción exotérmica. El hidróxido cálcico es muy soluble (1.29 g / l a 20 °C) y los baños se preparan con un exceso de cal (unos 10 g / l), lo que sedimenta en los depósitos con ellos se dispone de una reserva de hidróxido cálcico para asegurar la saturación del baño. En la práctica de la industria de los curtidos se observa un distinto comportamiento de las diferentes clases de cal, sobre todo entre la cal recientemente apagada y el hidróxido cálcico en polvo.

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que en el caso de baños preparados con hidróxido cálcico en polvo la velocidad de sedimentación, por ser las partículas de mayor magnitud, es mayor que cuando se preparan los caleros con cal recientemente apagada. Saturación del baño y únicamente en este sentido puede haber un diferente comportamiento entre las distintas clases de cal. las adiciones de sal, hidróxido sódico, y acetato sódico, aceleran la sedimentación de las partículas de cal, mientras que el nitrato cálcico, cloruro cálcico y amoníaco la retardan. El aflojamiento del pelo se debe a los iones  $\text{OH}^-$  del baño de apelmbrado; se considera que únicamente puede lograrse un depilado eficiente si el pH del baño es de 11 como mínimo.

### **3. Depilado, descarnado y dividido**

#### **a. Depilado**

Bello, M. (2010), señala que el objetivo principal de los trabajos de ribera es de eliminar del corium aquellos elementos que le acompañan en la piel en bruto y que no son adecuados para su transformación en cuero, se produce la eliminación de los mismos después de un aflojamiento en productos químicos o enzimáticos. La separación de la epidermis con el pelo o lana y del tejido conjuntivo subcutáneo con los tejidos adiposos que le acompañan tiene lugar en las operaciones de depilado o deslanado y de descamado respectivamente. La depilada sobra, en general, en aquellos casos en que la piel se ha apelambrado en bombo o tina con molineta, empleando baños con elevada concentración de sulfuro, por la acción mecánica, junto con un lavado posterior con agua, son suficientes para separar el pelo de la piel en tripa.

Según <http://www.clariant.com>.(2015), el depilado o deslanado por vía mecánica es indispensable cuando se trabajan por embadurnado, resudado, procedimiento enzimático por apelambrado en tina sin acción mecánica o empleo de soluciones de moderada concentración. En estos casos se benefician el pelo o la lana como subproducto de los trabajos de ribera. Puede depilarse a mano con ayuda de la cuchilla o hierro de depilar de borde romo, aplicados sobre la piel extendida encima de un caballete semicircular, inclinado y forrado con material elástico.

Corengia, C. (2004), menciona que de mucho mayor rendimiento es el depilado a máquina. Prácticamente todas, las máquinas de depilar se basan en el mismo principio, los pelos son separados de la piel extendida, mediante un cilindro rotatorio de cuchillas de romas dispuestas en un espiral, el cual puede desplazarse o permanecer fijo en su posición. Después del depilado es conveniente efectuar un lavado con agua, una adición de ácido para neutralizar su alcalinidad, en el caso de haber efectuado el aflojamiento capilar.

## **b. Descarnado**

Para <http://www.bvsde.paho.org>.(2015), el principal objetivo de esta operación es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben quitarse en las primeras etapas de fabricación, con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en fases posteriores y tener un espesor de lo más regular posible para la adecuada realización de las operaciones que le siguen. El estado de la piel más adecuado para la realización del descarnado es con la piel en tripa, debido al grosor y consistencia que posee la piel en tripa. La operación de descarnar la piel también puede efectuarse en la fase de remojo cuando se trata de pieles muy grasientas; al inicio de la operación con pieles saladas y bacía la mitad o el final si las pieles se van conservado por secado.

Cantera, A. (2009), infiere que la operación de descarnado realizada en la fase de remojo se llama graminado. La piel para poderla descamar tiene que tener una consistencia análoga a la de una piel en tripa, para evitar tensiones excesivas sobre la estructura fibrosa. El descarnado de la piel puede realizarse, manualmente mediante la cuchilla de descarnar, pero es una operación lenta, pesada y que necesita una mano de obra especializada. Este es el mejor sistema de obtener una piel bien descarnada, pero en la práctica se realiza con el empleo de la máquina adecuada.

## **c. Dividido**

Juran, J. (2003), Menciona que la operación de dividido se realiza introduciendo la piel por la culata tanto si se trata de pieles enteras como de hojas o crupones. El estado de la piel para ser dividido es tradicionalmente en estado de tripa descarnada. Puede realizarse no obstante empleando maquinas más modernas después de curtir al cromo y aunque menos frecuentemente en pieles piqueladas, pieles en bruto y pides secas. El realizarlo en uno u otro estado de la piel tiene sus ventajas e inconvenientes. El dividido en tripa tiene como ventajas que se

obtiene un lado de flor más delgado que la piel de que procede y será más fácil realizar las operaciones químicas que siguen al mejorar la penetración de los productos. De esta forma se consigue una mejor calidad del cuero terminado y mayor pie taje al existir una menor tendencia al encogimiento en la curtición. El recorte del cerraje se valora al poderse emplear para la obtención de gelatina. Existe la posibilidad de tratar a partir de este momento el cuero y el cerraje de forma distintas obteniéndose una mayor flexibilidad en la fabricación. No se consume cromo en la parte del cerraje, que será recorte con poco valor al dividir en cromo.

#### **4. Desencalado**

Para <http://www.inti.gov.ar/oferta/citec.pdf>.(2015), el desencalado es la operación que sirve para eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero, y por lo tanto la eliminación del hinchamiento alcalino de la piel apelambrada. Es conveniente en esta operación una elevación de la temperatura para reducir la resistencia que las fibras hinchadas, oponen a la tensión natural del tejido fibroso, esto hace que disminuya suficientemente la histéresis del hinchamiento. El des hinchamiento se logra por la acción conjunta de la neutralización aumento de temperatura y efecto mecánico. La cal durante el apelambrado y calero se encuentra combinada con la piel de distintas formas; combinada por enlace salino con los grupos carboxílicos del colágeno, disuelta en los líquidos que ocupan los espacios interfibrilares, depositada en forma de lodos sobre las fibras y en forma de jabones cálcicos formados por saponificación de grasas.

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que para eliminar esta cal, una parte se hace con los lavados previos al desencalado de la piel en tripa. Se elimina la cal que está depositada sobre las fibras y la disuelta en los líquidos interfibrilares. Si intentásemos hacer un lavado de 3- 4 horas veríamos que el agua residual del baño de lavado ya no contiene hidróxido cálcico. Para eliminar la cal combinada con los grupos carboxílicos del colágeno es necesario el empleo de agentes desencalantes. Estos agentes suelen ser ácidos o bien sales amónicas. Es muy conveniente usar un agente desencalante que al combinarse con los productos

alcalinos de la piel apelmbrada, de productos solubles en agua, ya que de esta manera se podrán eliminar por simple lavado, y que no contengan efecto de hinchamiento o poder liotrópico sobre el colágeno.

## **5. Rendido**

Para <http://www.clubensayos.com>.(2014), el rendido es un proceso enzimático que permite un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa que hayan quedado de los procesos anteriores. Se usan enzimas proteasas absorbidas sobre aserrín de madera y agentes descalcantes (cloruro de amonio). El rendido se puede realizar en los mismos recipientes de encalado o en uno distinto. el objeto del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel del resto de la epidermis, pelo y grasa como efecto secundario. La acción de las enzimas proteolíticas sobre el colágeno, consiste en una degradación interna de las fibras colagénicas sin producirse producto de solubilización. Está degradación debilita de tal forma la resistencia de la estructura que elimina prácticamente la histéresis del hinchamiento. Es muy importante el rendido en aquellos artículos que deben ser de un tacto blando y suave, con capa de flor fina y sedosa, ya que no es suficiente el aflojamiento estructural logrado por el apelmbrado y descalcado. Durante el rendido no se elimina ni elastina, ni el músculo erector del pelo sufriendo sólo una ligera degradación.

## **6. Piquel**

Lozada, A. (2002), señala que el piquel puede considerarse como un elemento del descalcado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición mineral. En las operaciones de descalcado y rendido no se elimina toda la cal que la piel absorbe en el pelambre y calero. La operación del piquelado es muy importante, en lo que respecta a la operación posterior de curtición, ya que si la piel no estuviera

piquelada el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirán una elevada viscosidad reaccionando rápidamente las fibras de colágeno. En el piquelado se produce, también el ataque químico de las membranas de las células grasas, especialmente en piel muy grasienta, tipo lanar. Para este tipo de pieles es recomendable, hacer un piquel muy ácido y posteriormente desengrasar. La piel piquelada presenta un hinchamiento menor que el de la piel en tripa procedente del rendido y del desencalado. Como resultado de esta deshidratación, la piel adquiere estado húmedo el tacto de una piel curtida, y después de secar no nos da un material traslucido y corneo como ocurre con la piel en tripa sin piquelar, sino un producto blanco, opaco y suave y muy parecido al que, se obtiene por curtición al alumbre.

## **7. Curticiones con productos orgánicos**

Para <http://www.mailto.hotmail.com>.(2015), la curtición vegetal es una de las técnicas más antiguas utilizadas por el hombre. Los curtientes vegetales o taninos son producidos por diversas plantas, árboles y hongos. Entre las más utilizadas se encuentran los extractos de quebracho, pino, mimosa y castaño. Los taninos vegetales son solubles al agua, dan colores marrones y son responsables del típico olor del cuero. La entrada de los taninos hacia el interior de la piel es una operación lenta que puede durar semanas o meses cuando se realiza en tintas estáticas. Este proceso puede acelerarse utilizando la acción mecánica del bombo para facilitar la penetración de los taninos. Debido a que los taninos son productos naturales, aparecen variaciones en su composición dependiendo de las materias primas empleadas. Así, para conseguir una estructura molecular más uniforme, se empezaron a utilizar taninos sintéticos (sintanes), que permiten obtener cueros con unas características más concretas.

Aleandry, F. (2009), manifiesta que los curtientes vegetales se utilizan para la fabricación de cueros para suelas, arreos, sillas de montar, cinturones, encuadernaciones, etc. Los extractos vegetales, sintanes y resinas se utilizan mucho en recurticiones o precurticiones para rellenar las partes blandas y de poca consistencia de las pieles curtidas al cromo. Las pieles con curtición vegetal

alcanzan temperaturas de contracción de alrededor de los 75°C. bajo esta denominación hemos incluido las curticiones realizadas con productos orgánicos tales como son los numerosos extractos vegetales y sintanes, diversos adheridos y quinoas, así como las parafinas sulfocloradas y múltiples resinas. En cuanto a la importancia económica la curtición con extractos vegetales es la más importante de todas ellas, se utiliza como una curtición única y proporciona un tipo de cuero con identidad de propia. La curtición al aceite, sola o bien aplicada conjuntamente con aldehídos o parafina sulfocloradas en el tratamiento de pieles de cordero desflorada permite fabricar pieles para gamuza. Este tipo de pieles presenta como característica su elevada absorción de agua, lo cual las hace útiles para la limpieza.

## **8. Curtición con productos inorgánicos**

Lozada, A. (2002), reporta que normalmente se utilizan las sales de cromo, aluminio, circonio, silicio, titanio, etc. Una característica importante de las pieles curtidas al cromo es que presentan una temperatura de contracción alrededor de los 100°C. Un cuero curtido al cromo seco contiene alrededor del 4% de óxido de cromo, mientras que un cuero de curtición vegetal puede llegar a contener entre un 40-50% de extracto vegetal. Los cueros al cromo presentan una estructura fibrosa de gran resistencia a la tracción y al desgarró, al mismo tiempo que son suaves y flexibles. En la curtición con productos inorgánicos, a parte de las sales de cromo cuya acción curtiente es muy notoria, tienen aplicación industrial las curticiones con sales de aluminio y circonio, los tratamientos con sales de sílice y con polifosfatos. En que otras sales tales como las de cobre, vanadio, zinc, mercurio. Cloro, cobalto, estaño, plomo y plata tienen un cierto efecto curtiente sobre la piel, pero no han encontrado aplicación industrial.

## **9. Neutralizado del cuero al cromo**

Hidalgo, L. (2004), señala que si se seca el cuero al cromo sin haberlo previamente neutralizado, al ponerlo en contacto con diversos metales, durante

largos periodos de tiempo y en condiciones desfavorables de humedad y temperaturas elevadas se observa que provoca una corrosión del metal. Está en parte se debe a la acidez al cromo sin neutralizar y la presencia de sales concretamente el cloruro sódico es un producto muy agresivo. Al coser cuero al cromo sin neutralizar con hilos de algodón o lino y dejarlos un tiempo largo se pueden presentar problemas de que los hilos se deterioran. Si el cuero no está neutralizado y se pone en contacto con la piel humana, puede producirse irritación en la zona de contacto.

#### **10. Recurtición del cuero al cromo**

Juran, J. (2003), menciona que la recurtición del cuero al cromo es el tratamiento de dicho cuero con uno o más productos, en determinados fases de la fabricación con el objeto de obtener unas cualidades del cuero terminado, que no son fácilmente obtenidas con una sola curtición al cromo. La variedad de productos existentes para la recurtición hace casi imposible estudiarlos uno por uno. Para simplificar su estudio podemos agrupar de la siguiente forma:

- Productos catiónicos tipos sales mecánicas; sales de cromo, aluminio, circonio, órgano-cromo y órgano aluminio.
- Productos aniónicos tipo extracto vegetales: mimosa, quebracho, castaña, gambier con zumaque; productos sintéticos, productos y mezclas mixtas.
- Resinas aniónicas, catiónicas, anfóteras, prepolimerizados, polimerizados, monoméricas. de base úrea, melaminas y acrílicas.
- Recurtientes varios, como el silicato, los aldehídos, polifosfatos, azufre, aceites curtientes y rellenantes de varios tipos.

Cantera, A. (2009), infiere que las fases de fabricación donde se pueden utilizar los productos recurtientes son varios y su empleo depende del producto. Las principales son: Como precurtición antes, después o durante el piquel, en algunos casos junto con el cromo como curtición mixta; después de la curtición al cromo;

antes, después o en lugar de la neutralización; en tintura, en general se añaden después del colorante.

### **C. NORMALIZACIÓN DEL ENSAYO DEL CUERO**

Para <http://www.ehowenespanol.com>.(2014), el cuero es un material proteico fibroso (colágeno), que se trata químicamente con material curtiente, generalmente cromo, para obtener las propiedades físicas deseadas para el fin al cual se destinará. Algunas de las propiedades físicas más importantes desde el punto de vista de la confección de calzado son el espesor, la resistencia a la tracción, la resistencia al desgarre y el porcentaje de alargamiento a la rotura. el control de la calidad en la fabricación de curtidos precisa disponer de métodos de análisis y ensayo adecuados para examinar las primeras materias, verificar los procesos de producción, vigilar las emisiones y sus tratamientos, y en definitiva, para controlar la calidad del producto final.

Hidalgo, L. (2004), señala que el ensayo del cuero terminado sirve para comprobar que posee la calidad suficiente que su consumidor demanda. En los apartados siguientes se estudiarán los parámetros físicos y químicos que sirven para examinar la calidad de materias primas y cuero terminado. También se estudiarán los análisis más importantes en el control de efluentes líquidos. Por el contrario, los procedimientos para el control de los procesos de fabricación no se tratan en este libro puesto que resulta mucho más didáctico considerarlos en los libros dedicados al estudio de los procesos.

Según <https://www.aenor.es/aenor>.(2014), para que los resultados del ensayo del cuero sean reproducibles en diferentes laboratorios es necesario unificar y normalizar estrictamente los ensayos de forma que en todos ellos se midan los mismos parámetros por los mismos procedimientos e instrumentos. La necesidad de la normalización es especialmente acusada para los ensayos físicos y sólidos, en primer lugar por la irregular distribución de las propiedades físicas a lo largo del cuero, y en segundo lugar por la considerable dependencia de los resultados respecto de las características del método utilizado.

## **1. Tipos de normas para el control de calidad del cuero**

Según <http://www.faunagua.org>.(2014), hay dos tipos diferentes de normas las cuales se describen a continuación:

- Procedimientos de ensayo.
- Especificaciones de calidad.

Para <https://www.aenor.es/aenor>.(2014), los procedimientos de ensayo describen, lo más exactamente y minuciosamente posible, cómo, por qué medios y en qué condiciones debe medirse un parámetro sobre una muestra dada. Siguiendo estrictamente el método descrito se obtendrán mediciones objetivas y reproducibles. No obstante, estas normas no indican cual es el resultado que debería alcanzarse para que el material ensayado fuera considerado adecuado para su uso previsto. Las especificaciones de calidad son normas que indican los parámetros que deben medirse, los procedimientos de ensayo que deben aplicarse, y los resultados que deberían obtenerse para comprobar que el material ensayado sea adecuado para el propósito para el que se ha fabricado.

## **2. Normas Internacionales**

Para <http://www.normalizacion.gob.ec>.(2015), la tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto. IULTCS es una organización mundial de sociedades profesionales de las industrias del cuero fundada en 1897, con la misión de favorecer el avance de las ciencias y tecnologías del cuero. IULTCS tiene tres comisiones, que son responsables del establecimiento de los métodos internacionales de toma de muestras y de ensayo del cuero. Las normas son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos que puedan ser

usados consecuentemente, como reglas, directrices o definiciones de características, que aseguren que materiales, productos y servicios son adecuados a su propósito. En otras palabras, una norma es:

- Un documento voluntario que contiene especificaciones técnicas.
- Accesible al público.
- Elaborado con el consenso de las partes interesadas.
- Basado en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- Aprobado por un organismo reconocido.

Para [http://www.cites.pe/\(2014\)](http://www.cites.pe/(2014)), el proceso de elaboración es similar en todos los organismos normalizadores y seguiría las siguientes fases:

- Necesidad de la norma: La primera fase se iniciaría cuando un grupo de personas interesadas del sector expresara la necesidad de una norma al comité técnico correspondiente.
- Recopilación de documentación, discusión sobre el contenido: En esta fase el comité técnico valoraría si la nueva norma es realmente necesaria y si lo es, si debería basarse en otra norma ya existente de otro sector de actividad o de otro país o debería crearse una totalmente nueva.
- Elaboración del proyecto de norma: Seguidamente el comité técnico redactaría un borrador de norma que pondría a consideración del resto de miembros del comité, quienes, tras el estudio del borrador, emitiría su veredicto, cuando este fuese positivo, se pasaría a la siguiente fase.
- Publicación de la nueva norma: Una vez consensado el redactado de la norma, esta se publicaría en el órgano difusor del organismo normalizador, estando un tiempo en información pública, tiempo en el que se podrían sugerir modificaciones por parte del público en general, transcurrido el mismo, y si no hay modificaciones, la nueva norma pasaría a ser efectiva.

Soler, J. (2008), reporta que considerando su contenido hay dos tipos de norma: los métodos de ensayo y las especificaciones de calidad.

- **Métodos de ensayo:** Son las normas que describen, lo más exactamente posible, cómo, porqué medios y en qué condiciones debe medirse un parámetro sobre un material dado. Por ejemplo: IUP 4 "Medición del espesor", UNE 59028 "Ensayo de la resistencia al agua para pieles flexibles" o DIN 53333 "Determinación de la permeabilidad al vapor de agua". Para que, dicha medición, pueda efectuarse correctamente se requiere la definición y existencia de los instrumentos adecuados y una buena descripción del proceso de ensayo que permita efectuar las mediciones en condiciones de objetividad, de forma repetible, neutralizando en lo posible los errores sistemáticos y expresando de modo fiel el error de que adolece la medida efectuada. Los métodos de ensayo son las normas más antiguas y de las que existe un número mayor, a la vez, que un mayor número de versiones de una misma norma; versiones que se generan. Estas normas no indican si el resultado obtenido en el ensayo hace adecuado el material ensayado al fin para el que había sido fabricado. Durante años, solo el acuerdo entre vendedor y comprador, la práctica o, a veces, la imposición del comprador, ha fijado unas especificaciones de calidad, pero el enorme crecimiento en las transacciones comerciales de cueros o artículos de cuero, ha hecho imprescindible la creación y publicación de normas de calidad.
- **Especificaciones de calidad:** Son las normas que indican qué parámetros deben ensayarse, según que método de ensayo y entre qué márgenes deben estar los resultados de dichos ensayos, para que un material sea adecuado para producir el objeto que se quiere fabricar con él, tanto desde un punto de vista físico-químico (Guidelines), como ecológico (Eco-labels). Como se desprende de esta definición, el concepto de calidad es relativo. El cuero ensayado será finalmente juzgado válido para fabricar con él un objeto determinado pero será juzgado inadecuado para fabricar otro (empeine para calzado de señora), y todo ello independientemente de sus valores estéticos. La calidad del cuero es un concepto colectivo y hasta subjetivo podría decirse que resulta de tomar en cuenta en forma global lo siguiente:

- Valores estéticos y sensoriales.
- Propiedades de uso (confortabilidad, resistencias, solideces).
- Calidad ecológica.
- Factores económicos (clasificado, pietaje, precio).

Morera, J. (2000), señala que el peso que tendrá cada uno de estos factores en el resultado final dependerá del tipo de cuero y de su destino comercial. Las especificaciones actuales de calidad sólo tienen en cuenta una parte de estos factores (propiedades de uso y calidad ecológica), es por ello que, es tan importante conocer y participar en la creación de las normas de calidad que pueden influir poderosamente en el aspecto final de un material tan especial como es el cuero.

#### **a. Normas de la IULTCS**

Para <http://www.sela.org>.(2014), En 1947 se fundó la Unión Internacional de Asociaciones de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero "IULTCS". Actualmente, más de 40 asociaciones de otros países forman parte de la IULTCS, entre ellas la Asociación Química Española de la Industria del Cuero (AQEIC). La IULTCS dispone de tres comisiones de ensayos para el desarrollo de métodos normalizados:

- IUP: Procedimientos para ensayos físicos.
- IUC: Métodos para análisis químicos.
- IUF: Métodos de ensayos de solideces.

#### **b. Normas ISO**

Para <http://www.archive.org/details/ec.nte>.(2014), la responsabilidad y competencia para la adopción de métodos de ensayo internacionales de carácter oficial para cualquier material recae en la Organización Internacional para la

Normalización (ISO). El comité ISO TC-120 es el responsable de la normalización en curtidos. No obstante, desde 1990 existe un acuerdo entre ISO y la IULTCS por el que ISO reconoce a la IULTCS como a la entidad legitimada para la redacción de las normas de ensayo para cueros y pieles curtidas. Los métodos propuestos por la IULTCS -IUP, IUF e IUC- deben ser aceptados y transformados a formato ISO sin introducir variaciones significativas en su contenido 1i 1°-12-63. Estas normas pueden ser aplicadas a todos los tipos de cueros flexibles.

### **c. Normas EN**

Para <http://wwwspanish.alibaba.com>.(2014), las normas EN (Comité Europeo de Normalización) son normas de ensayo vinculantes para los países de la Unión Europea. En 1992 se constituyó el Comité Técnico TC 289 con secretaría en Italia, cuyas funciones son la armonización y la proposición de normas de ensayo y también directrices de calidad para productos curtidos. Aunque en un principio se pensó que las futuras normas EN para ensayos en curtidos serían una transcripción de las Normas ISO, muchas de las propuestas de normas EN incluyen procedimientos tomados de institutos de calzado.

### **d. Normas nacionales**

Morales, M. (2004), informa que muchos países industrializados disponen de normas de ensayo y normas de calidad propias. En muchos países las normas de ensayos para curtidos son adaptaciones de las normas IULTCS, de forma directa o indirectamente a través de las normas ISO. No obstante, en otras naciones como los Estados Unidos las normas de ensayos de curtidos presentan sensibles diferencias respecto de las IULTCS, especialmente en ensayos físicos. Los estados miembros de la Unión Europea deben armonizar sus normas, reemplazándolas por las normas EN que está redactando el comité técnico TC 289. Las normas unificadas se identificarán con las siglas del país/siglas europeas/número europeo. A las normas EN que sean iguales a las ISO se les añadirán las siglas ISO. Así por ejemplo, la norma para la determinación del pH

se denominará UNE EN-ISO/4045 en España y DIN-EN-ISO/4045 en Alemania, y la norma del calzado de seguridad será UNE-EN/344. En el cuadro 1, se describen las normas internacionales de algunos países.

Cuadro 1. NORMAS INTERNACIONALES DE ALGUNOS PAÍSES.

País	Siglas de normas
España	UNE(Comisión 59 de AENOR)
Alemania	DIN (Comisión 53)
Gran Bretaña	BS
Estados Unidos	ASTM (Comité D-31)
Italia	UNI
Portugal	NP
Suiza	VESLIC
Francia	NF

Fuente: <http://www.ceasa.gov.br/index.php>.(2014).

#### **e. Relación de Normas IUP de ensayos físicos**

Baccardit, A. (2005), informa que la última revisión y actualización de las normas IUP de ensayos físicos se aprobó en marzo de 2001 en el Congreso de la IULTCS de Ciudad del Cabo. En el número 7 extra de diciembre de 2000 de la revista JSLTC se encuentra el texto oficial en inglés de esta última actualización. Posteriormente, en octubre de 2001, la AQEIC publicó la traducción al castellano de las normas. Aparte de los métodos citados, existen otras normas IUP que no han sido revisados en esta ocasión, pero que tienen también gran interés. En caso de disparidad entre las versiones traducidas a distintos idiomas, debe tenerse en cuenta que el documento oficial es la versión publicada en lengua inglesa en la revista JSLTC. Existe otro grupo de normas, cuya aplicación es mucho más limitada y su interés más restringido. En el cuadro 2, se describe la relación que existe de los ensayos físicos IUP, que se encuentran en desuso en la actualidad.

Cuadro 2. RELACIÓN DE LOS ENSAYOS FÍSICOS IUP QUE SE ENTRAN EN DESUSO EN LA ACTUALIDAD.

Norma	Denominación	Referencia JSLTC	Referencia AQEIC
IUP13	Medición de la extensión bidimensional	45,311 (1961)	12,491 (1961)
IUP14	Impermeabilidad de curtidos para guantería	44,498(1960)	12,76(1961)
IUP17	Resistencia al calor del cuero para plantilla secado al aire, con especial referencia a los procesos de moldeado directo y por inyección en la fabricación de calzado	50,379(1966) 51,279(1967)	-
IUP18	Resistencia al calor del cuero para forro secado al aire, con especial referencia a los procesos de moldeado directo y por inyección en la fabricación de calzado	53, 151 (1969)	-
IUP19	Resistencia al calor del cuero para empeine secado al aire, con especial referencia a los procesos de moldeado directo y por inyección en la fabricación de calzado	52,378(1968) 52,419(1968)	-
IUP21	Retención de forma en el ahormado con el aparato de plasticidad por encorvado (casquete esférico)	47, 96(1963) 47,379(1963)	-
IUP22	Evaluación del dañado del cuero empleando una cámara de observación		-
IUP23	Medición del dañado por arañado producido por impacto		-
IUP24	Medición de la temperatura de contracción por inmersión en agua hirviente	48,369(1964)	-
IUP26	Medición de la resistencia a la abrasión del cuero para suela	77,98(1993) (provisional)	-
IUP28	Resistencia de la suela a la flexión o doblado		
IUP30	Medición de la absorción y desorción de vapor de agua y cambios dimensionales relacionados	67, 92(1983)	-

Fuente: Font, J. (2005).

#### **D. LOCALIZACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS EN EL CUERO**

Cotance, A. (2004), especifica que a principios de siglo, y en tanto se realizaban investigaciones tecnológicas en el sector de los curtidos, se percibió la necesidad de poseer unos métodos de medición de las cualidades de la piel, tanto para valorar con justeza el cuero en las transacciones comerciales como cuantificar los resultados en investigaciones. Con este propósito fueron normalizados tests de valoración, que se llaman Análisis Físicos y Químicos del Cuero, para lo cual se deberá establecer de qué parte de la piel deben tomarse las muestras para que los resultados de los ensayos sean comparables y reproducibles. El cuero es un material con una estructura fibrosa irregular, que presenta diferencias en compacidad y en la ordenación y orientación de los haces de fibras. Por todo ello sus propiedades físicas y en menor medida también las químicas varían considerablemente según las partes de la piel. Entre determinadas zonas de la falda y del crupón se dan diferencias superiores a un 200 % en resistencias mecánicas y a un 300 % en alargamiento 65-68'209.

Hidalgo, L. (2004), reporta que el cuero es además un material con anisotropía: el valor de algunos parámetros físicos varía según la dirección considerada 46'209. Hay unas direcciones preferenciales -líneas de tensión- , a lo largo de las cuales se hallan mayor cantidad de haces de fibras extendidas longitudinalmente que no transversalmente. Lógicamente, una tracción efectuada en la dirección en la que hay mayor número de fibras encontrará mayor resistencia que si se efectúa según la dirección perpendicular.

Bacardit, A. (2005), indica que no obstante, el cuero es un caso singular dentro de los materiales heterogéneos por cuanto su heterogeneidad es sistemática y predecible ya que es la misma de una piel a otra. Entre 1952 y 1955, el National Bureau of Standards (N.B.S.), realizó un estudio muy extenso sobre la distribución topográfica de las propiedades físico-químicas del cuero (66-68). En sus trabajos dividieron las hojas de cuero vacuno analizadas en 21 partes diferentes tal como muestra el figura 3. En los diferentes estudios del N.B.S. se determinó la distribución de propiedades como la densidad aparente, la rotura de flor, la

resistencia a la tracción, el alargamiento y la resistencia al desgarro, medidas siempre según los métodos ALCA.

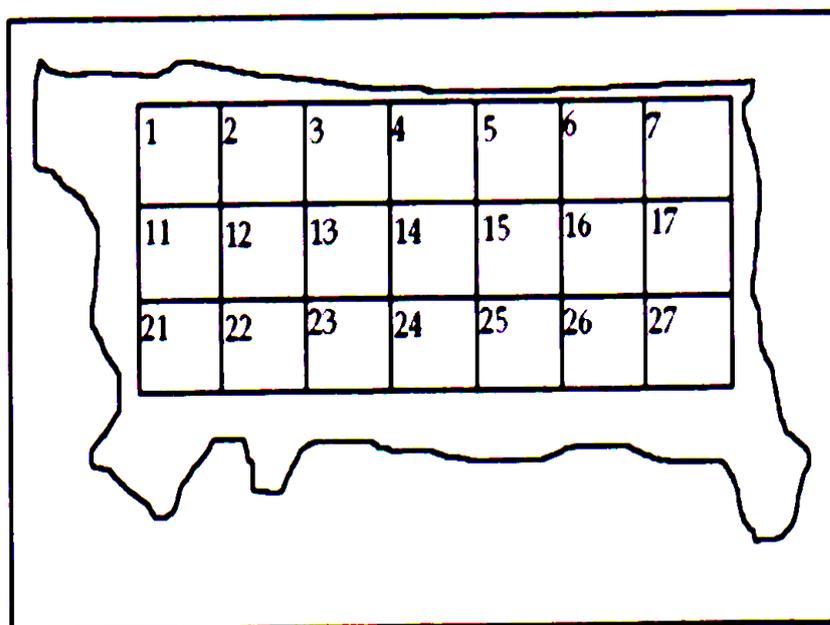


Figura 3. Localización de la toma de muestras para los ensayos físicos.

### E. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO

Font, J. (2005), Señala que la determinación de las pruebas físicas requiere la toma de las muestras o probetas de acuerdo con la norma para cada ensayo y además estas deben ser acondicionadas durante 48 horas en una atmósfera normalizada a temperatura de  $20 \pm 2$  °C y un porcentaje de humedad de  $65 \pm 2$ , según lo establece la Norma Oficial de Métodos para Obtención de Muestras y Ensayos Físicos para Cuero 1. El espesor es una propiedad física del cuero que depende además del proceso de fabricación, de la presión y el tiempo que se ejerza sobre este durante la realización del ensayo. La normativa para pruebas físicas exige que se utilice un micrómetro con esfera y aguja indicadora, montado sobre una base firme y cargado con un peso muerto de  $393 \pm 10$  gf. El cilindro de presión tiene una superficie plana, circular y con un diámetro de 10 mm como base inferior. La probeta debe ser colocada con el lado flor hacia arriba y la lectura se debe tomar 5 segundos después de alcanzada la fuerza máxima 1. La resistencia a la tracción y el porcentaje.

## **1. Resistencia a la ruptura de flor del cuero**

El mismo Cotance, A. (2004), indica que la resistencia a la ruptura de la flor del cuero se determina al Ejercer una fuerza por medio de un vástago cilíndrico con punta esférica sobre la parte carne de una probeta o muestra de cuero, determinar la carga y la distensión en el momento de romperse la flor y luego en el momento en que la probeta estalla o termina de romperse. Se denomina tensión de rotura, a la máxima tensión que un material puede soportar al ser traccionado antes de que se produzca un collarino, que es cuando la sección transversal del espécimen se comienza a contraer de manera significativa. La tensión de rotura se obtiene por lo general realizando un ensayo de tracción y registrando la tensión en función de la deformación (o alargamiento); el punto más elevado de la curva tensión-deformación es la tensión de rotura. Es una propiedad intensiva; por lo tanto su valor no depende del tamaño del espécimen de ensayo. Sin embargo, depende de otros factores, tales como la preparación del espécimen, la presencia o no de defectos superficiales, y la temperatura del medioambiente y del material. Las tensiones de rotura rara vez son consideradas en el diseño de elementos dúctiles, pero sin embargo son muy importantes en el diseño de elementos frágiles. Las mismas se encuentran tabuladas para los materiales más comunes tales como aleaciones, materiales compuestos, cerámicos, plásticos, y madera.

### **a. Procedimiento**

- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada o probeta preparada.
- Dejar la probeta o muestra acondicionada en la máquina de ensayo con el lado flor a la vista.
- Para cueros con flor total o parcialmente eliminada, debe tomarse como lado flor la superficie que se cubre o termina, de manera que simule la flor o que sea usada en lugar de la flor de un cuero intacto.

- Poner en marcha el aparato a una velocidad aproximada de 12 mm/min y observar la superficie flor hasta que ocurra la rotura de la misma. Cuando ocurre la rotura de la flor se detiene la marcha y se anota la carga en kilogramos y la distensión en milímetros. Con la menor demora posible se continúa aumentando la carga y cuando la probeta estalla se anota la carga en kilogramos y la distensión en milímetros. Si la pro-beta o muestra no estalla, el ensayo se detiene al llegar a los 80 kg.
- Si hay una pausa durante la distensión de la probeta, se verifica un relajamiento de tensiones y las lecturas de la carga tienden a caer. Por esta razón, la carga y la distensión, en el momento de la rotura de la flor, deben medirse con la menor demora posible.

## **F. LASTÓMETRO**

Para <http://www.icontec.org>.(2014), es un equipo mecánico, sirve para la realización de pruebas físicas, la cual consiste en la medición de la rotura de la flor al ejercer una fuerza externa, mediante un embolo de acero que aplica una fuerza ejercida sobre la piel estudia ;las características mecánicas de la estructura fibrosa del cuero, sometiendo a esfuerzos normalizados. A muestras representativas de los mismos y estudiando las deformaciones resultantes, que llegan comúnmente a la rotura de la probeta ensayada estos esfuerzos pueden clasificarse en:

- Unidireccionales: es decir que la deformación resulta de la aplicación de una fuerza medible en una única dirección; es el caso de los ensayos de tracción, desgarró, costura y similares.
- Multidireccionales: el esfuerzo se distribuye en este caso sobre una superficie de forma variable según el ensayo que se aplique, habitualmente se exigen o son aconsejables los ensayos de resistencia a la tracción (tracción de rotura del cuero, tracción de rotura de flor, alargamiento, etc.).

Según [http://www.jba.es/es.\(2015\)](http://www.jba.es/es.(2015)), el ensayo con el lastómetro proporciona indicaciones muy confiables sobre el comportamiento que presentará el cuero durante el proceso de armado del calzado, siendo su uso más o menos extendido en fábrica bajo alguna de sus formas. Con el lastómetro se pueden medir además las siguientes magnitudes: carga de rotura de flor (fuerza que corresponde a la flecha de rotura de flor); carga de rotura del cuero (fuerza que corresponde a la flecha de rotura del cuero). En razón del costo en general elevado de los dinamómetros, en el presente trabajo se explora la posibilidad de correlacionar estadísticamente la carga de rotura del cuero medida con el lastómetro, con la carga de rotura del cuero medida con un dinamómetro. La confección de calzado requiere que el material superior para ser estirado en el proceso de formación de la forma del calzado. En el proceso que dura, material superior se tira rápidamente en un pasado. Como se estira la superficie del grano de cuero, hay un riesgo de que se puede romper. Esto puede ser, por ejemplo, como resultado del ser de cuero de mala calidad o si es demasiado seco. La prueba con el lastómetro evalúa la capacidad de un material superior para soportar el proceso de duración. Lo hace mediante la medición de la cantidad que un material se puede estirar de forma simultánea (distendida), en dos direcciones sin que el material sufra daños físicos por ejemplo, el agrietamiento del grano.

Para [http://www//spanish.alibaba.com.\(2014\)](http://www//spanish.alibaba.com.(2014)), además de la evaluación de cueros, un lastómetro también puede ser utilizado para probar materiales tejidos. No se utiliza típicamente para evaluar materiales no tejidos. Ha estado suministrando lastómetros por lo menos desde 1940, habiendo desarrollado el método hace algunos años atrás y los avances significativos se han introducido desde que se produjeron los primeros dispositivos. Sin embargo, el principio de una prueba lastómetro ha resistido la prueba del tiempo y se utiliza tanto en los laboratorios y como método de control de calidad dentro de la industria del calzado mundial. Para la realización de la prueba se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En una prueba de lastómetro, un espécimen circular del material a ensayar se sujeta alrededor de su borde y se distiende gradualmente forzando una

pequeña bola de metal unida a un émbolo a través de la muestra a una velocidad controlada.

- Como el producto de prueba, el desplazamiento del émbolo de bola se registra con precisión, junto con la fuerza sobre el émbolo.
- El ensayo de rotura con el lastómetro se establece los detalles de un método relevante. Al probar los cueros, los primeros daños ocurren generalmente en el acabado o la superficie del grano. Durante una prueba, la superficie debe ser observada continuamente en el centro de la muestra, donde la distensión máxima está teniendo lugar. A la primera señal de agrietamiento de la superficie, la fuerza sobre el émbolo y la distensión de la muestra deben ser registrados.

Para <http://www.proz.com>.(2015), el método de prueba establece enfoques específicos que se deben tomar cuando se prueba cueros de patente. Cuando la evaluación de materiales sintéticos (tales como una, tela tejida recubierto), el primer daño ocurre generalmente dentro del sustrato de material, sin daño visible en la superficie. El daño interno dentro de la muestra se puede detectar mediante la observación de la carga durante la prueba teniendo en cuenta lo siguiente:

- La fuerza sobre el émbolo cuando deja de subir o cae. En este caso, la distensión y la carga deben registrarse cuando se observa esta variación de carga. La prueba se puede continuar más allá de primeros signos de falla a punto de estallar.
- La carga y distensión deben registrarse cuando la bola esférica aparece a través de la muestra de ensayo.

Para <http://www.satranet.com>.(2015), el equipo SATRA, es un lastómetro instantáneo que está destinado a ser utilizado como simple indicador, para trabajar dentro del área de una planta de producción. Permiten una prueba de control de calidad valiosa que se llevarán a cabo en los materiales entrantes,

identificando así aquellas que probablemente no sean adecuados para una duración antes de entrar en producción. El lastómetro se activa neumáticamente, y usan una barra de rótula de composición para provocar un conjunto de 6, 7 y 8 mm de distensión en el material de muestra. El operador comprueba para verificar la superficie de las grietas materiales o granos cuando se aplica la distensión. Permite que la prueba se lleve a cabo adicionalmente en el material, lejos del borde. Para determinar qué valor preestablecido de distensión debe establecerse, las pruebas más detalladas de laboratorio deben llevarse a cabo por ejemplo, mediante el uso de un lastómetro.

Monsalve, Y. (2009), afirma que el lastómetro digital está diseñado para llevar a cabo pruebas para el método de ensayo SATRA TM24. Esta máquina ofrece una velocidad de mecanizado de carga de acuerdo con los requisitos del método de prueba de  $0,20 \pm 0,05 \text{ mm / s}$ . Una célula de carga de alta precisión se utiliza para registrar la carga aplicada a la muestra. Un sistema basado en menús electrónica muestra una salida continua durante la prueba en una pantalla LCD. A la salida del USB permite que los datos de prueba puedan ser enviados a un ordenador o una impresora, proporcionando una lectura gráfica. La máquina de prueba también se puede configurar para poner a prueba una serie de muestras, y calcula una carga media, distensión y la desviación estándar. En la figura 4 y 5, se ilustra un lastómetro sin probeta y con la probeta del cuero.



Figura 4. Ilustración de un Lastómetro.



Figura 5. Evaluación de material con un lastómetro instantánea.

Portavella, M. (2005), menciona que el tramo de dos dimensiones de los materiales de calzado puede ser probado más rápido y con mayor precisión utilizando el lastómetro digital. Las muestras cortadas a partir de material se colocan en la máquina de acuerdo con las instrucciones y los resultados se muestran en el panel de la máquina LCD y también en la impresión prevista en el extremo de la prueba. Diseñado para medir la tendencia de un material superior para romper o estallar durante el proceso de ejecución, este lastómetro incorpora una serie de características no disponibles en otros modelos y es ideal para múltiples pruebas realizadas en el laboratorio:

- Un sistema basado en menús electrónicos permiten actualizar continuamente la información de prueba en una pantalla de LCD.
- La carga y distensión son datos que pueden ser descargados a través de un puerto de salida USB.
- Permite realizar pruebas de varias muestras y calcular una carga media, distensión y la desviación estándar.
- El lastómetro digital se puede ajustar para proporcionar resultados de carga en kilogramos/fuerza o Newtons, mientras que la distensión se muestra en milímetros.

Libreros, J. (2003), reporta que este método se aplica a la piel con el fin de comprobar su resistencia a la ruptura, una muestra se coloca sobre un pasador de perforación de acero inoxidable accionado por un motor, proporciona una acción de escalada presionando al centro de la muestra hacia arriba. El operador verificará el grano del cuero eventualmente para verificar la formación de grietas en primer lugar, y luego tomará nota del valor de la carga en el estallido, detectada por un instrumento digital conectada a una célula de carga de clase. Este equipo se produce de acuerdo con las especificaciones de las normas:

- IUP 9.
- UNI EN 13511.

### **1. Características técnicas y de construcción**

Stryer, L. (2005), menciona que esta máquina se puede utilizar para cualquier tipo de cuero y está especialmente equipado para la parte superior de cuero. También se llama bola BurstTester. Al tener en cuenta las características de construcción se deberá considerar los siguientes aspectos:

- Apoyo a la estructura de chapa de acero con un espesor adecuado, barnizado con resina epoxi antiácido.
- Grupo penetración estandarizados con una esfera de acero inoxidable.
- Muestra esfuerzo medidor por un sistema de precisión digital de 0,1 mm.
- Una célula de carga de clase.
- Una tarjeta de control incluyendo:
  - Interruptor magneto térmico de seguridad.
  - RETE (NET).
  - Botón de salida (UP-GRADE).

- Botón de descenso (DESCENSO).
- Instrumento digital para visualizar la carga Pick-Hold (recoger-mantener).
- Instrumento digital para visualizar el esfuerzo.
- Salida del grabador (figura 6).

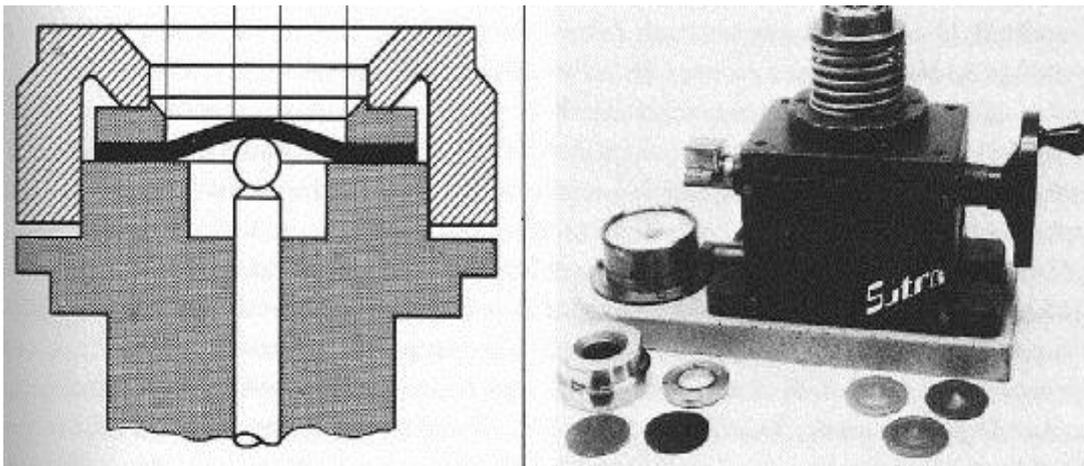


Figura 6. Dispositivo empleado en un lastómetro.

Fernández, O. (2001), indica y define sólo el borde de la rueda de cuero, mientras que del cuero permanece libre. La muestra debe permanecer inmóvil y luego sujeta firmemente cuando se ejerce una presión de hasta 800 N. Entre la superficie del cuero libre y sujeta existe un límite claro. El diámetro de la superficie de ensayo libre es de  $25 \pm 0,05$  mm, debe seguir siendo presente a fin de extraer la muestra sobre el montaje en una bola de acero barra de metal que se fija en su posición, un dispositivo. La bola de acero tiene un diámetro de  $(6,25 \pm 0,01)$  mm. La fuerza que resulta de la circulación contra el émbolo debe ser transferido perpendicularmente al centro de la superficie de ensayo. La pelota no debe girar alrededor de su eje de ese modo.

Según <http://www.edym.net>.(2015), para determinar la presión cuando el grano de craqueo un dispositivo para la medición de fuerza con un error de medición de no más de 3% debe estar presente. El alargamiento de la muestra se determina por medio de un dispositivo adicional de medición, que se divide en unidades de 0,1 mm, con un error de escala de 0,05 mm. Cuando se estira el cuero de la

plantilla es considerado, este último tiene vertical de cero a la fisuración en grano o desgarro de la muestra de cuero, completado hacia la superficie del cuero, partiendo de la posición inicial cuando la presión causada por la despresurización bola de espesor de cuero se tiene en cuenta.

## **2. La realización de la prueba**

Para <http://www.anderquim.com>.(2014), Hemos visto que la piel viva desempeña un conjunto de prestaciones de cobertura que cesan al ser sacrificado el animal. El hombre intenta, después, estabilizarlas con la curtición, pero no siempre con el éxito esperado, por ejemplo:

- La elevada resistencia a la tracción y al desgarro (en proporción a su grosor) puede quedar alterada por procesos de transformación que le resulten lesivos.
- La excelente lavabilidad (la piel, en el animal vivo, resiste muy bien baños y duchas) puede desaparecer totalmente si la curtición no se ha fijado de modo irreversible en la piel.
- La impermeabilidad. La piel viva es impenetrable por el agua. Por prolongada que sea la permanencia de un animal en el baño, el líquido no atraviesa su piel. Tras la curtición, esta impenetrabilidad puede desaparecer, y esto ocurre con cierta frecuencia.
- La más alta exigencia de calidad con la piel es su solidez a la luz. Resistencia física al desgarro, a la perforación, a la ignición, a la abrasión, solidez al agua y una buena resistencia a la rotura de flor.
- Solidez a los detergentes, al menos los detergentes secos, para preservar la limpieza en las prendas o artículos de piel.

Para <http://www.ustatunja.edu.com>.(2015), las muestras de ensayo se cortan de los especímenes extraídos y acondicionado. Se deberá realizar discos de cuero

circulares que deben ir acompañados del tamaño del dispositivo utilizado, por lo general con un diámetro de 45 - 50 mm. La sujeción de las muestras se lleva a cabo de manera que se coloca el uso de la parte superior hacia arriba. La muestra de ensayo tiene que tocar la pelota, pero la superficie de la muestra no puede ser presionada fuera del plano de ese modo. La velocidad de alimentación durante la prueba deberá ser 0,2 mm por segundo. Aquí, la muestra se mueve en la bola de acero y el pasador de acero. La superficie de la muestra se observa constantemente y se determinó el momento de la explosión de la flor del cuero. En este momento se determina la presión de la rotura y la altura de la protuberancia. Para cueros más gruesos, asegúrese de que no se supere la capacidad máxima de carga del dispositivo. La altura del abultamiento de la muestra a la fisuración del grano se mide en milímetros. También se puede indicar la fuerza que se ha encontrado el momento del estallido de la flor del cuero. Durante la prueba, la velocidad de alimentación debe mantenerse lo más uniforme posible. Si, durante el proceso de expansión existe una interrupción, entonces la tensión en las disminuciones de la muestra y la presión ejercida disminuyen. Por tanto, es importante que la tensión y la presión se puedan leer en el craqueo del grano tan pronto como sea posible. Este instrumento debe tener una presión de bloqueo en el puntero máxima. Esto es para ser utilizado para la lectura de presión. En el figura 7, se ilustra las dimensiones del lastómetro.

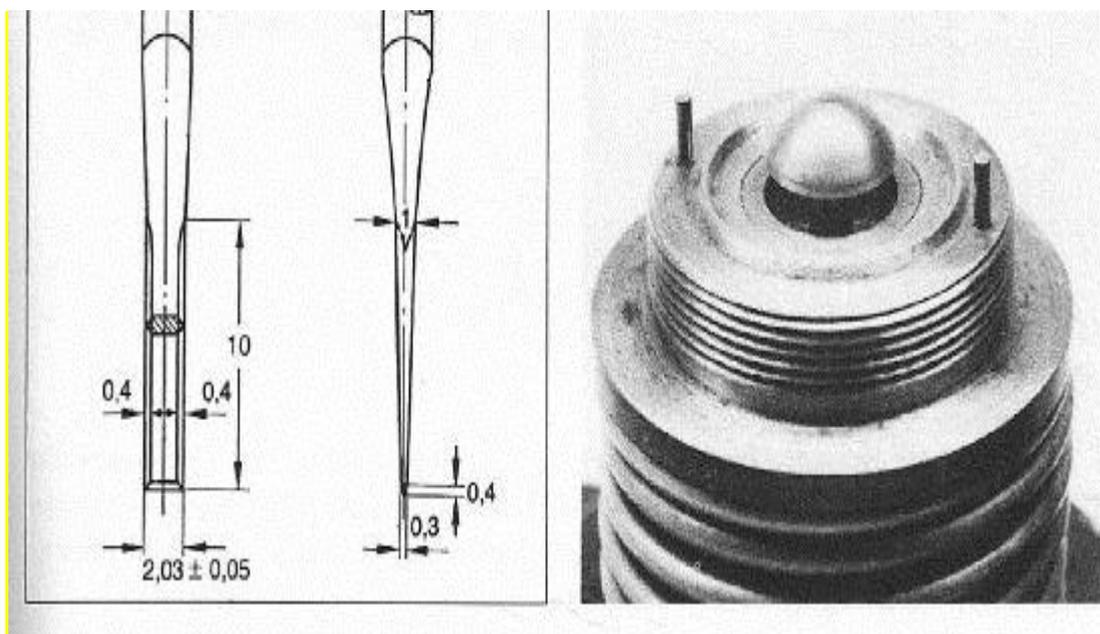


Figura 7. imensiones del lastómetro.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de campo de la presente investigación comprendió el diseño y construcción del prototipo mecánico lastómetro, el cual se desarrolló en las instalaciones de la Constructora “Velásquez e hijos” en la ciudadela Primera Constituyente, posteriormente se realizó el montaje e instalación en el laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de 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 cueros 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 3).

Cuadro 3. 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 (2013).

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

En la presente investigación se utilizaron 6 pieles caprinas curtidas con curtiente mineral cromo y 6 pieles curtidas con taninos vegetales, que fueron curtidas en

el laboratorio de curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

## **C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES**

### **1. Materiales**

- 12 pieles caprinas.
- Altador hidráulico.
- Boquilla de ensayo.
- Boquilla de presión.
- Bastidor soporte guía.
- Comparador micrométrico.
- Manómetro de control de carga.
- Manómetro de presión bomba.
- Caja de control PLC.
- Base soporte.
- Bola de ensayo.
- Pintura.
- Pernos.
- Cable.
- Extensión.
- Material de protección.
- Destornilladores.
- Llaves.
- Lijas.
- Guantes.
- Visores.

### **2. Equipos**

- Soldadora.

- Taladro.
- Pulidora.
- Amoladora.
- Resistencias.
- Computadora.

#### **D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la validación del prototipo mecánico se realizó pruebas tanto en el Laboratorio de Control de calidad de ANCE como en la ESPOCH y, los resultados adquiridos fueron comparados utilizando una estadística descriptiva para determinar si existen o no diferencias entre laboratorios.

#### **E. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

##### **a. Mediciones físicas**

- Espesor, (mm).
- Rendimiento de la máquina, (%).
- Tiempo a la rotura,(segundos).
- Resistencia a la rotura de la flor, (mm).
- Resistencia a la tensión, (N/cm<sup>2</sup>).
- Porcentaje de elongación, (%).

##### **b. Mediciones sensoriales**

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

## **F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

- Distribución de frecuencias.
- Media.
- Moda.
- Mediana.
- Prueba de T student.

## **G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

La implementación del equipo para la medición de la resistencia a la rotura de la flor del cuero en el laboratorio de curtiembre se realizó de acuerdo al siguiente protocolo de producción:

- Primeramente se evaluó la planta de curtiembre, para determinar el área y la ubicación del prototipo mecánico denominado lastómetro, de tal manera que se determinó si existe los servicios especialmente eléctricos y espacios necesarios para su normal funcionamiento.
- Posteriormente se midió la capacidad de la planta, para poder diseñar el prototipo mecánico.
- Se realizó la adquisición de los materiales necesarios y adecuados que sirvieron para la construcción del equipo expuesto para el análisis de la resistencia a la rotura de la capa flor de los cueros caprinos.
- Los elementos a construir del lastómetro fueron: el bastidor, boquillas y base, las boquillas de presión y de ensayo, elaborados por un proceso mecanizado en torno y prensado de acero inoxidable. Así bajo las consideraciones de la norma INEN y como se especifica en los planos constructivos.

- El soporte o bastidor se elaboró en acero AISI A36 y eje AISI 1018, este bastidor permitió el soporte de los elementos mecánicos, elaborados por procesos de corte y conformado mecánica y ensamblado por soldadura.
- El sistema de control de desplazamiento del equipo mediante un pistón hidráulico que se encarga del desgarrar de la capa flor, mediante el palpador, el cual mide en milímetros, el desplazamiento y un comparador micrométrico de caratula.
- El cabezal es un sistema de enroscado de carga en este caso la probeta que estuvo construida por un circuito hidráulico integrado, válvula de control y distribución electrónica y sensores de presión.
- La esfera de ensayo de acero inoxidable con una velocidad de desplazamiento de 10 mm/s y una carga de 100 k, que se registró en un manómetro de control de carga en el cual se verificó la carga de ensayo de la fibra.
- La máquina se automatizó con un sistema de instalación monofásica para ser instalada en cualquier ambiente.

## **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

### **1. Espesor del cuero**

La medición del espesor del cuero se lo realizó de acuerdo a la norma IUP 4 y aplicable a toda clase de cueros, el espesor de un cuero depende de factores como la precisión y el tiempo durante el cual se ejerce dicha fricción, se lo realizó utilizando un calibrador del laboratorio de curtiembre, y es recomendable realizar la toma en la parte del lomo del cuero. El espesor del cuero es un dato de interés comercial por sí mismo, y también un dato necesario para el cálculo de propiedades como la densidad aparente o resistencia mecánica. La medida del espesor de un cuero depende de factores tales como la presión y el tiempo durante el cual se ejerce dicha presión. Para medidas corrientes en fabricación se utilizaron los calibradores de muelle, los cuales son perfectamente adecuados

para la realización de mediciones exactas en el laboratorio por la imposibilidad del operador de reproducir idéntica presión en la medida de todas las muestras. La norma IUP 4, utilizó un calibrador micrométrico de disco, montado sobre una base firme. La presión aplicada es de 500 g/cm<sup>2</sup>. En la medición el cuero se colocó en el calibrador con el lado flor hacia arriba. Se aplica la carga suavemente y cinco segundos después de haber aplicado la totalidad de la carga se procedió a la lectura. La medición según IUP 4 del espesor de un cuero aseguró una muy buena reproducibilidad. Los resultados obtenidos sin emplear carga o empleando pequeñas cargas difirieron de los obtenidos de acuerdo a este método experimental.

## **2. Resistencia de la máquina**

El cálculo de la resistencia de la maquina está determinada por la eficiencia del equipo; es decir, que tan exactos son los resultados arrojados, después de ser instalada y calibrada la fórmula que se aplicó fue:

$$E = \frac{VO - VE}{VE} \times 100\%$$

E= Eficiencia, %.

VO= valor obtenido, mm.

VE= valor esperado, mm.

## **3. Tiempo a la rotura de la probeta**

El tiempo a la rotura de la capa flor de la probeta fue calculado en segundos y determinó en que tiempo el embolo logró producir la primera fisura en la capa flor del cuero.

#### 4. Resistencia a la tensión

El objetivo de esta prueba fue determinar la resistencia a la ruptura, que se da al someter la probeta a un estiramiento que es aplicado lentamente, al efectuarse el estiramiento se dio el rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero, como se ilustra en la (figura 8).

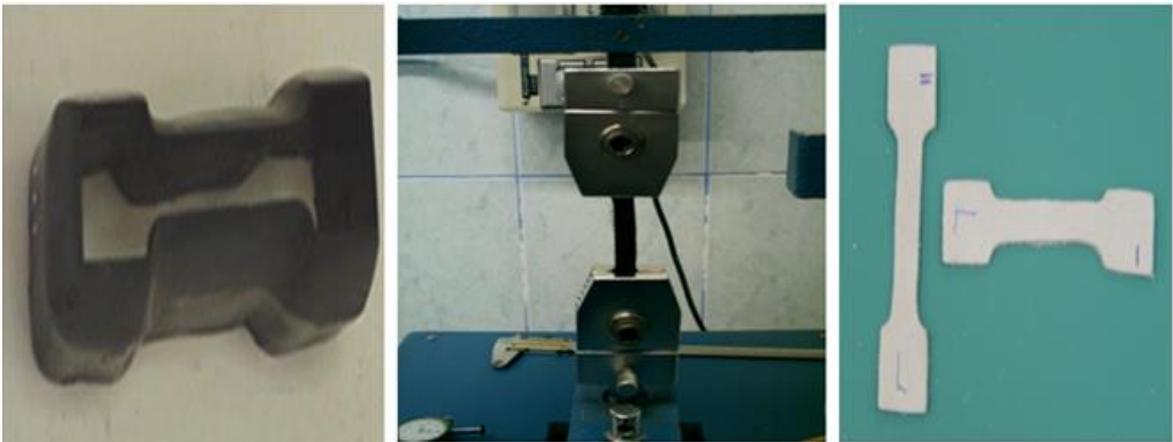


Figura 8. Troquel y probeta mediana del cuero.

En un ensayo de tensión la operación se realizó sujetando los extremos opuestos de la probeta y separándolos, la probeta se alargó en una dirección paralela a la carga aplicada, ésta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se debió cuidar que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario podría falsear el resultado del ensayo (figura 9).

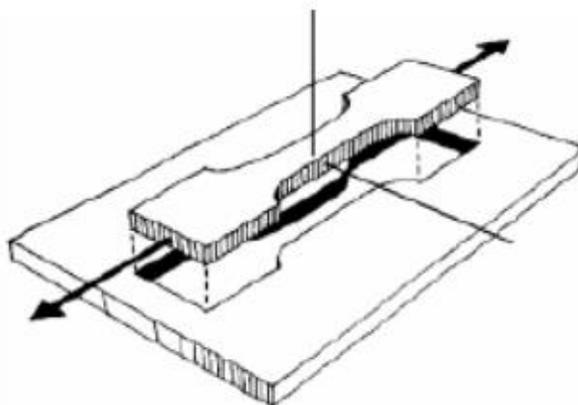


Figura 9. Direcciones de multifuerza de la probeta de cuero.

La máquina que se utilizó para realizar el test estuvo diseñada para:

- Alargar la probeta a una velocidad constante y continua.
- Registrar las fuerzas que se aplican y los alargamientos que se observan en la probeta.
- Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura o deformación permanente es decir rota (figura 10).

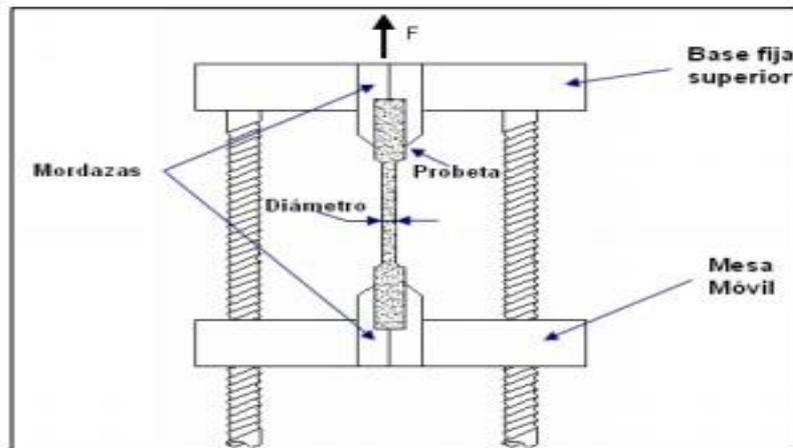


Figura 10. Equipo para medir la tensión y elongación del cuero.

En el cuadro 4, se indica la evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso las normas IUP 6.

Cuadro 4. NORMA IUP 6, PARA MEDIR LA RESITENCIA A LA TENSIÓN DEL CUERO.

Test o ensayos	Método	Especificaciones	Fórmula
Resistencia a la tensión o tracción	IUP 6	Mínimo 150 Kf/cm2  Óptimo 200 Kf/cm2	$T = \frac{\text{Lectura Máquina}}{\text{Espesor de Cuero} \times \text{Ancho (mm)}}$

## Procedimiento

- Se tomó las medidas de la probeta (espesor) con el calibrador en tres posiciones, luego se tomó una medida promedio. Este dato sirvió para aplicar en la fórmula, cabe indicar que el espesor varía según el tipo de cuero que se va hacer el test o ensayo, (figura 11).



Figura 11. Medidor de espesor o calibrador.

- Se tomó las medidas de la probeta (ancho), con el pie de rey (figura 12).



Figura 12. Pie de rey.

- Luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras, como se ilustra a continuación (figura 13).



Figura 13. Mordazas tensoras.

- Posteriormente se prendió el equipo y se procedió a calibrarlo. A continuación se encendió el display (presionando los botones negros como se indica en la figura; luego giró la perilla de color negro-rojo hasta encender por completo el display) (figura 14).



Figura 14. Display color rojo y verde.

- Luego de poner en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde como se indica (figura 15).



Figura 15. Tensiómetro.

- Finalmente se registró el dato obtenido y se procedió a calcular la resistencia a la tensión o tracción según la fórmula detallada a continuación:

Fórmula.

$$R_t = \frac{C}{A \times E}$$

$R_t$  = Resistencia a la Tensión o Tracción, ( $N/cm^2$ ).

$C$  = Carga de la ruptura (Dato obtenido en el display de la máquina), (N).

$A$  = Ancho de la probeta, (cm).

$E$  = Espesor de la probeta, (cm).

## 5. 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 fue particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la

mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación. La característica esencial del ensayo fue que a diferencia de la tracción, la fuerza aplicada a la probeta se repartió 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 colocar 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 puede expresar 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/cm<sup>2</sup>.

## **6. Resistencia a la rotura de la capa de flor**

En el montado de la confección del artículo deseado la piel experimenta una brusca deformación que le lleva de la forma plana a la forma espacial. Esta transformación produce una fuerte tensión en la capa de flor puesto que la

superficie debía alargarse más que el resto de la piel para adaptarse a la forma espacial. Si la flor no fue lo suficientemente elástica para acomodarse a la nueva situación se quebró y se agrietó. Para ensayar la aptitud al montado de las pieles que debían soportar una deformación de su superficie se utilizó el método IUP 9 basado en el lastómetro. Este instrumento, fue desarrollado por SATRA, contenía una abrazadera para sujetar firmemente una probeta de cuero de forma circular con el lado flor hacia afuera, y un mecanismo para impulsar a velocidad constante la abrazadera hacia una bola de acero inmóvil situada en el centro del lado carne de la probeta. La acción descendente de la abrazadera deformó progresivamente el cuero, que adquiere una forma parecida a un cono, con la flor en creciente tensión hasta que se producía la primera fisura.

En este momento se anotó la fuerza ejercida por la bola y la distancia en milímetros entre la posición inicial de la abrazadera y la que ocupa en el momento de la primera fisura de la flor. Esta distancia se denominó distensión. La acción no se detenía hasta el momento de la rotura total del cuero, en el que se anotó de nuevo la distensión y la carga, aunque estos datos tienen sólo un carácter orientativo. La distensión en la primera rotura de la flor fue el parámetro más significativo para juzgar la aptitud del cuero para el montado del calzado. Las directrices de calidad para empeine de calzado especifican el cumplimiento de un mínimo de 7 mm, aunque para mayor seguridad debió superarse una distensión de 8 mm, especialmente en cuero vacuno. La norma IUP 9 se corresponde totalmente con la DIN 53325, la BS 3144/8 y la UNE 59025. Los métodos ASTM se basan en principios totalmente diferentes.

## **7. Blandura del cuero**

La medición de la variable sensorial de blandura se la realizó subjetivamente es decir el juez calificador tomó 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 va 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.

## **8. 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 sirvió para 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. DIMENSIONES DEL EQUIPO

##### 1. Dimensión del área requerida para instalar el equipo

Para lograr instalar el prototipo mecánico que sirve para medir la lastometría del cuero en el laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias se requirió disponer de un área en la zona de análisis que disponga de unas dimensiones similares a las del equipo, como se indica en la figura 8. Para determinar el área necesaria para la instalación del equipo se aplicó la siguiente fórmula:

$$A_i = l * a$$

Donde:

$A_i$  = área para la instalación del equipo,  $cm^2$ .

$l$  = largo del equipo,  $cm$ .

$a$  = ancho del equipo,  $cm$ .

Considerando las dimensiones establecidas en los planos de diseño utilizados para la construcción, se determinó que el área requerida para la instalación del equipo en base a los siguientes resultados:

$$A_i = l * a$$

$$A_i = 63,7cm * 33,5cm$$

$$A_i = 2133,95cm^2$$

No obstante para poder favorecer a la operación del equipo se destinó un área adicional para que los analistas realicen las operaciones un área igual al área del

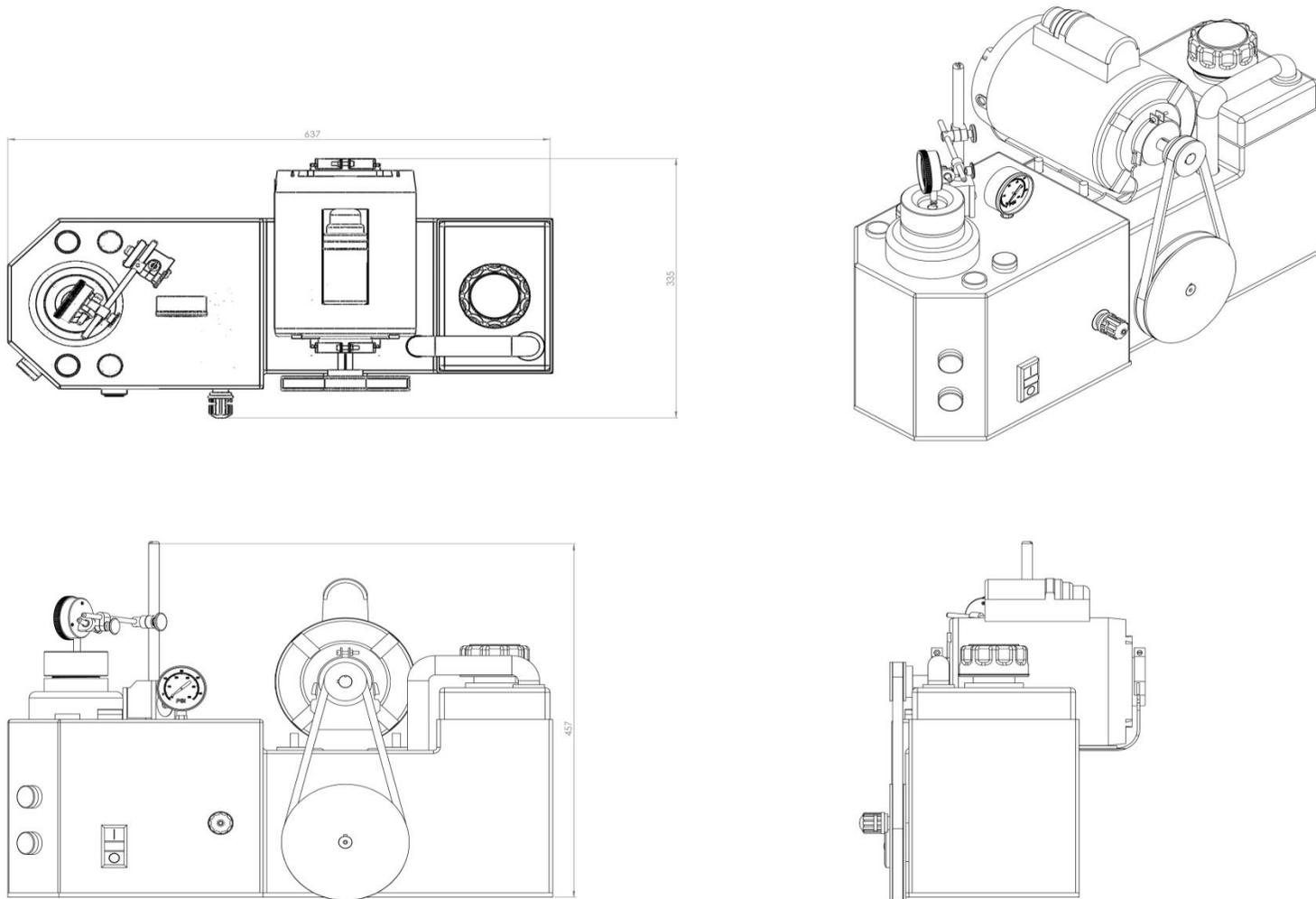


Figura 8. Planos de diseño del equipo.

equipo por un factor de diseño. Para la determinación del área de operación se aplicó el siguiente cálculo:

$$A_o = A_i * F$$

$A_o$  = área de operación, (cm<sup>2</sup>).

$A_i$  = área de instalación, (cm<sup>2</sup>).

$F$  = Factor de corrección, (cm).

## **2. Determinación de la potencia consumida**

En vista a que dentro del ensayo es necesario la aplicación de una carga sobre el cuero por el movimiento del pistón se debió consumir potencia para poder realizar el movimiento requerido. La potencia consumida surge de la aplicación de un motor eléctrico que mueve el sistema de pistón y realizó el esfuerzo sobre el cuero hasta la ruptura (condición establecida por la resistencia a la ruptura).

### **a. Determinación de la fuerza aplicada al cuero**

Para poder conocer la potencia del motor que fue necesario para la construcción del equipo se partió del desplazamiento del pistón. Según la NTE INEN las pinzas debían moverse a una velocidad de 12mm/min durante el ensayo. En la posición inicial del pistón se encuentran en reposo, es decir, su velocidad es igual a 0, y el equipo debió acelerar en conjunto mecánico hasta una velocidad de 12mm/min, es decir que debía alcanzar una velocidad que le permita desplazarse 12 mm en un minuto.

La fuerza que permitió dicha aceleración fue producida por el motor y transmitida al cuero por medio del conjunto de elementos de transferencia de la fuerza. Para la determinación de la fuerza aplicada al cuero se partió de la siguiente ecuación:

$$F = ma$$

Donde:

F = fuerza, (Newton).

m = masa del conjunto de elementos de trasmisión de la fuerza, (kg).

a = aceleración, ( $m/s^2$ )

En la figura 9, se ilustra los, planos del cabezal del lastómetro.

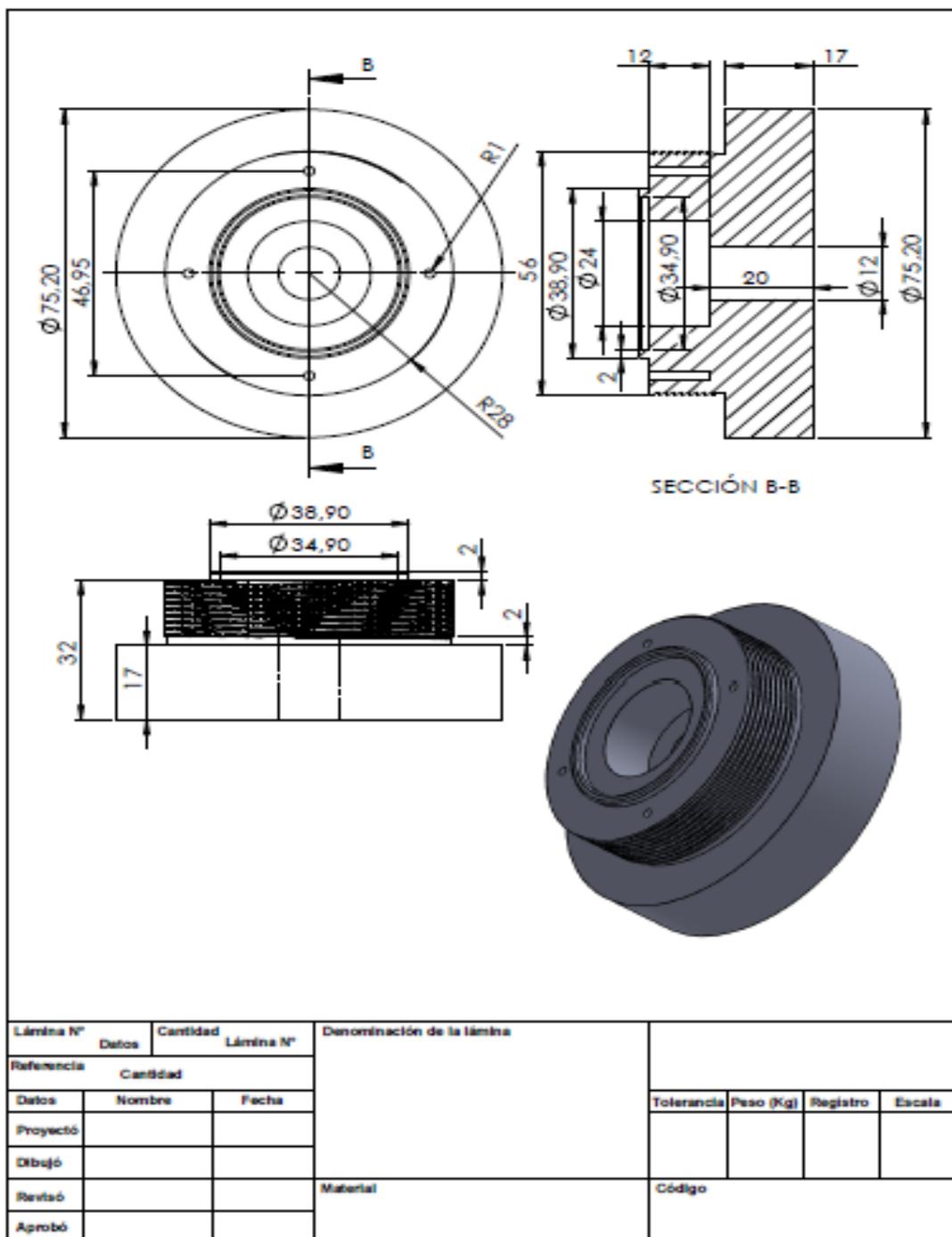


Figura 9. Ilustración del cabezal del lastómetro.

### b. Determinación de la aceleración

Para determinar la aceleración con que se desplazó el pistón se partió de la siguiente ecuación:

$$a = \frac{vf - vo}{t}$$

Donde:

a = aceleración, (m/s<sup>2</sup>).

vf = velocidad final, (m/s).

vo = velocidad inicial, (m/s).

t = tiempo, (s).

Considerando que al iniciar el desplazamiento del pistón parten de una posición de reposo (es decir que su velocidad inicial es igual a 0), y que la velocidad final que alcanzan el pistón es igual a 12 mm/min (que corresponde a 0.0002 m/s) y que dicha velocidad debe ser alcanzada desde lo más próximo al inicio del ensayo (es decir un tiempo próximo muy próximo a 0, por lo cual se aproximó el valor del tiempo a 0,00001 s o como mínimo), la aceleración de las pinzas se determinó en base a siguiente calculo:

$$a = \frac{vf - vo}{t}$$

$$a = \frac{0,0002 \text{ m/s} - 0}{0,00001 \text{ s}}$$

$$a = 20 \text{ m/s}^2$$

### c. Determinación de la masa del conjunto de transmisión de la fuerza

Para la determinación de la masa del conjunto de transmisión de la fuerza se separó los elementos que conforman dicho componente y se los pesó con la ayuda de una balanza, la cual marcó una masa igual a 2,36 lb. Para transformar la masa a kg, se aplicó la siguiente relación matemática:

$$m = \frac{2.36 \text{ lb}}{2,202 \text{ lb/kg}}$$

$$m = 1,07 \text{ kg}$$

Conociendo los valores de la masa del conjunto de elementos de transmisión de la fuerza y la aceleración aplicada a dicho conjunto por parte del motor se determinó la fuerza en base al siguiente cálculo:

$$F = m * a$$

$$F = 1,07 \text{ kg} * 20 \text{ m/s}^2$$

$$F = 21,4 \text{ N}$$

#### **d. Determinación del trabajo ejecutado por el motor**

El motor debe aplicar la fuerza determinada previamente durante la distancia que recorre el pistón. Para poder determinar el trabajo que ejerce el motor sobre el conjunto de elementos de transmisión de la fuerza se aplicó la siguiente ecuación matemática:

$$w = F * x$$

Donde:

w = trabajo ejecutado por el motor, Julios (J).

F = fuerza aplicada por el motor, Newton (N).

x = distancia que recorre el pistón, (metros).

#### **e. Determinación de la distancia que recorren el pistón.**

Para poder determinar la distancia que recorre el pistón hidráulico (es decir la distancia por la cual el trabajo es ejecutado por el motor) se partió de la siguiente ecuación matemática:

$$x = v * t$$

Donde:

v = velocidad del pistón, (m/s).

x = recorrido del pistón, (m).

t = tiempo, (s).

Para poder determinar el recorrido se partió del estándar establecido en la NTE INEM 0555, donde se indica que el pistón debe desplazarse con una velocidad igual a 12 mm/min (equivalente a 0,0002 m/s), y que el tiempo promedio que dura el análisis es igual a 0,98s. Conociendo los valores descritos se determinó el recorrido del pistón en base al siguiente cálculo:

$$x = v * t$$

$$x = 0,0002m/s * 0,98s$$

$$x = 0,0002m/s * 0,98s$$

$$x = 0,000196 m$$

Conociendo el valor de la fuerza que el motor ejerce para poder realizar el desplazamiento del pistón en el ensayo y la distancia que recorre el pistón al realizar dicho desplazamiento se determinó el trabajo realizado en cada ensayo mediante el siguiente calculo, (cuadro 4).

$$w = F * x$$

Cuadro 4. TIEMPO REGISTRADO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ROTURA DE LAS MUESTRAS DE LOS CUEROS ELABORADOS BAJO UN SISTEMA DE CURTICIÓN AL CROMO VERSUS CURTICIÓN CON EXTRACTOS VEGETALES.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	TIEMPO A LA ROTURA, s
Vegetal	1	0,97
Vegetal	2	1,28
Vegetal	3	0,91
Vegetal	4	0,80
Vegetal	5	0,81
Vegetal	6	0,95
Cromo	1	1,28
Cromo	2	0,90
Cromo	3	1,01
Cromo	4	0,94
Cromo	5	0,96
Cromo	6	0,95
PROMEDIO		0,98

$$w = F * x$$

$$w = 21,4N * 0,000196m$$

$$w = 0.0041944 J$$

#### f. Potencia requerida para el ensayo

Conociendo el valor del trabajo ejecutado por el motor en la realización de un ensayo y el tiempo en el cual la pinza debe alcanzar la velocidad establecida en la NTE INEN 0555 se determinó la potencia requerida en base a la siguiente ecuación:

$$\dot{W} = \frac{w}{t}$$

Donde:

$W$  = potencia requerida, Watts (W).

$w$  = trabajo ejecutado por el motor en cada ensayo, Julios (J).

$t$  = tiempo, segundos (s).

Al resolver la ecuación anterior con los datos determinados previamente se obtuvo que la potencia requerida para cada ensayo en base al siguiente caculo:

$$\dot{W} = \frac{w}{t}$$

$$\dot{W} = \frac{0.0041944J}{0,00001s}$$

$$\dot{W} = 419.44wat$$

#### g. Determinación de la potencia consumida en base a la eficiencia

No obstante ningún equipo mecánico opera con una eficiencia ideal (es decir que el total de la potencia consumida se transforme en trabajo) es por ello que se determinó la potencia consumida requerida en base a la siguiente ecuación matemática que expresa la eficiencia de operación de un equipo que consume

potencia y genera trabajo (como es el caso del equipo de análisis físico del cuero objeto del presente estudio):

$$\epsilon = \frac{\dot{W}_g}{\dot{W}_c} * 100$$

Realizando las operaciones de despeje se obtuvo la ecuación de interés para determinar la potencia consumida:

$$\dot{W}_c = \frac{\dot{W}_g}{\epsilon} * 100$$

Conociendo la potencia generada y que la eficiencia del equipo es igual a 75% se obtuvo la potencia consumida en base al siguiente cálculo:

$$\dot{W}_c = \frac{419.44watt}{75} * 100$$

$$\dot{W}_c = 559.25watt$$

Conociendo que un HP es igual a 745,7 watt se realizó la transformación de las unidades en base al siguiente cálculo:

$$\dot{W}_c = 559,25watt * \frac{1HP}{745,7watt}$$

$$\dot{W}_c = 0,75HP$$

## **B. RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL.**

### **1. Espesor**

El espesor del cuero representa la medida del grosor del mismo, es vital para considerar la resistencia a las fuerzas que experimentara en el producto terminado las cuales son ejercidas en el uso diario. Los cueros que presentan un elevado espesor también presentaran mayores resistencias a la fuerzas que estiren las fibras, en vista a que en mayor grosor indica que existe mayor cantidad de fibras en el cuero, por ello se distribuye la fuerza a través del mismo y se maximiza la resistencia.

Al realizar la medición del espesor del cuero de cabra curtido al vegetal frente a cueros del mismo animal curtidos con sales de cromo se evidencia que bajo un sistema de curtición al cromo los cueros presentan un mayor valor en el espesor que los cueros curtidos con extractos vegetales en vista a que los cueros curtidos con cromo presentaron un espesor promedio igual a  $1.12 \pm 0,32$  mm; mientras que los cueros curtidos al vegeta presentaron un espesor promedio igual a  $1.10 \pm 0,23$  mm, como se muestra en el cuadro 5, y (gráfico 1).

Al respecto Hidalgo, L. (2004), manifiesta que en la curtición, por la acción de los bombos y el medio liquido en el cual se realiza el proceso a la piel ingresan agentes químicos curtientes que van a ocupar todos los espacios en el interior del cuero, para posteriormente, por cambios en el pH, reaccionar con las fibras de colágeno (que son susceptibles a degradación) y generar complejos fibra curtiente (los cuales son resistentes a degradación) transformando la piel putrefactible en cuero imputrefactible. El ingreso de los mencionados agentes curtientes genera que la piel gane volumen, por ende que su espesor incremente. Mientras mayor sea la cantidad de agentes curtientes que ingresen a la piel el incremento en el espesor será mayor (cuadro 5).

Cuadro 5. RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL.

Estadísticas	VARIABLE									
	Espesor		Lastometría		Rotura		Resistencia a la tensión		Porcentaje de elongación	
	Vegetal mm	Cromo Mm	Vegetal mm	Cromo Mm	Vegetal mm	Cromo mm	Vegetal N/cm <sup>2</sup>	Cromo N/cm <sup>2</sup>	Vegetal, %	Cromo, %
Media	1,10	1,12	9,53	10,06	0,95	1,01	1809,83	1487,96	62,50	61,25
Error típico	0,13	0,09	0,70	0,56	0,07	0,06	133,59	126,38	4,56	6,05
Mediana	1,05	1,15	9,30	9,54	0,93	0,95	1853,89	1526,15	66,25	65,00
Moda	0,80	-	#N/A	#N/A	-	-	-	-	65,00	65,00
Desviación estándar	0,32	0,23	1,72	1,38	0,17	0,14	327,22	309,56	11,18	14,81
Varianza de la muestra	0,10	0,05	2,97	1,89	0,03	0,02	107071,5	95827,66	125,00	219,38
Rango	0,80	0,60	4,73	3,76	0,47	0,38	965,87	907,05	30,00	42,50
Mínimo	0,80	0,80	8,02	9,02	0,80	0,90	1325,38	997,50	40,00	35,00
Máximo	1,60	1,40	12,75	12,78	1,28	1,28	2291,25	1904,55	70,00	77,50
P(T<=t) una cola	1,812	ns	0,284	ns	0,28	ns	0,06	ns	0,16	ns

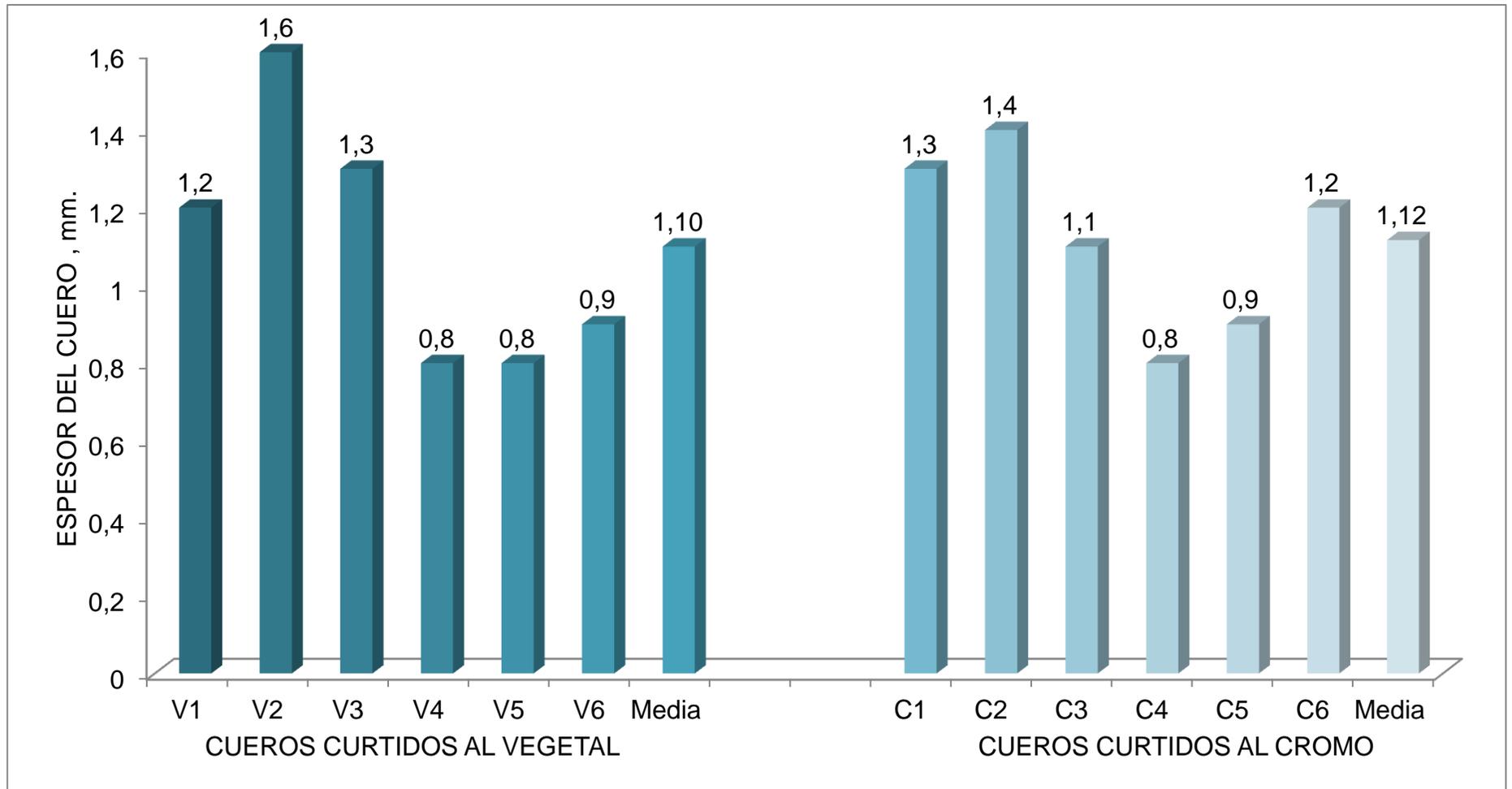


Gráfico 1. Resultado del espesor de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

## 2. Lastometría

La lastometría representa la capacidad que el cuero presenta para resistir esfuerzos multidireccionales producidos al confeccionar el artículo y el uso diario del mismo. En vista a las diferentes formas que toma el cuero en el artículo (doblecetes, solapamientos, estiramiento, biselado, cosido, entre otros), el cuero debe acoplarse a dicha forma y permitir el armado del artículo, debe además disponer la suficiente resistencia para lograr acoplarse a la forma establecida y resistir los demás esfuerzos por el uso del artículo, sin deformarse o romperse, ya sea en la flor en la carne. Para determinar la lastometría del cuero se utilizó el equipo implementado en el laboratorio de la Curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Como se puede evidenciar en el gráfico 2, se observa que en las muestras del cuero al vegetal se aprecia una media de  $9,53 \pm 1,72$  mm, mientras tanto que en los cueros curtidos con sales de cromo se presentaron valores de la lastometría igual a  $10,06 \pm 1,38$  mm. Apreciándose además un valor mínimo de lastometría para cueros al Vegetal de 8,02 y para los cueros al cromo de 9,02, en tanto que los valores más altos fueron de 12,75 para cueros al vegetal y de 12,78 para cueros al cromo, resultando la curtición al cromo más eficiente, es decir presenta mayor resistencia a la fricción de la capa flor.

Lo que es corroborado con lo que manifiesta Herfeld, H. (2006), quien menciona que los cueros elaborados bajo un modelo de curtición vegetal presentan una mayor resistencia a la tensión y un mayor porcentaje de elongación, es decir que presentan una mayor flexibilidad, lo que los hace más idóneos para artículos que no requieren una elevada resistencia a cargas excesivas pero que, por comodidad y adaptación al usuario, requieran flexibilidad, como por ejemplo artículos de vestimenta. Sin embargo, el cuero al cromo presenta una mayor resistencia a las cargas excesivas frente al cuero curtido al vegetal, tomando en consideración el valor de la resistencia a la ruptura, lo que lo hace idóneo para artículos que deban presentar una alta resistencia, por el uso que se los da, como es el caso de calzado de seguridad (gráfico 2).

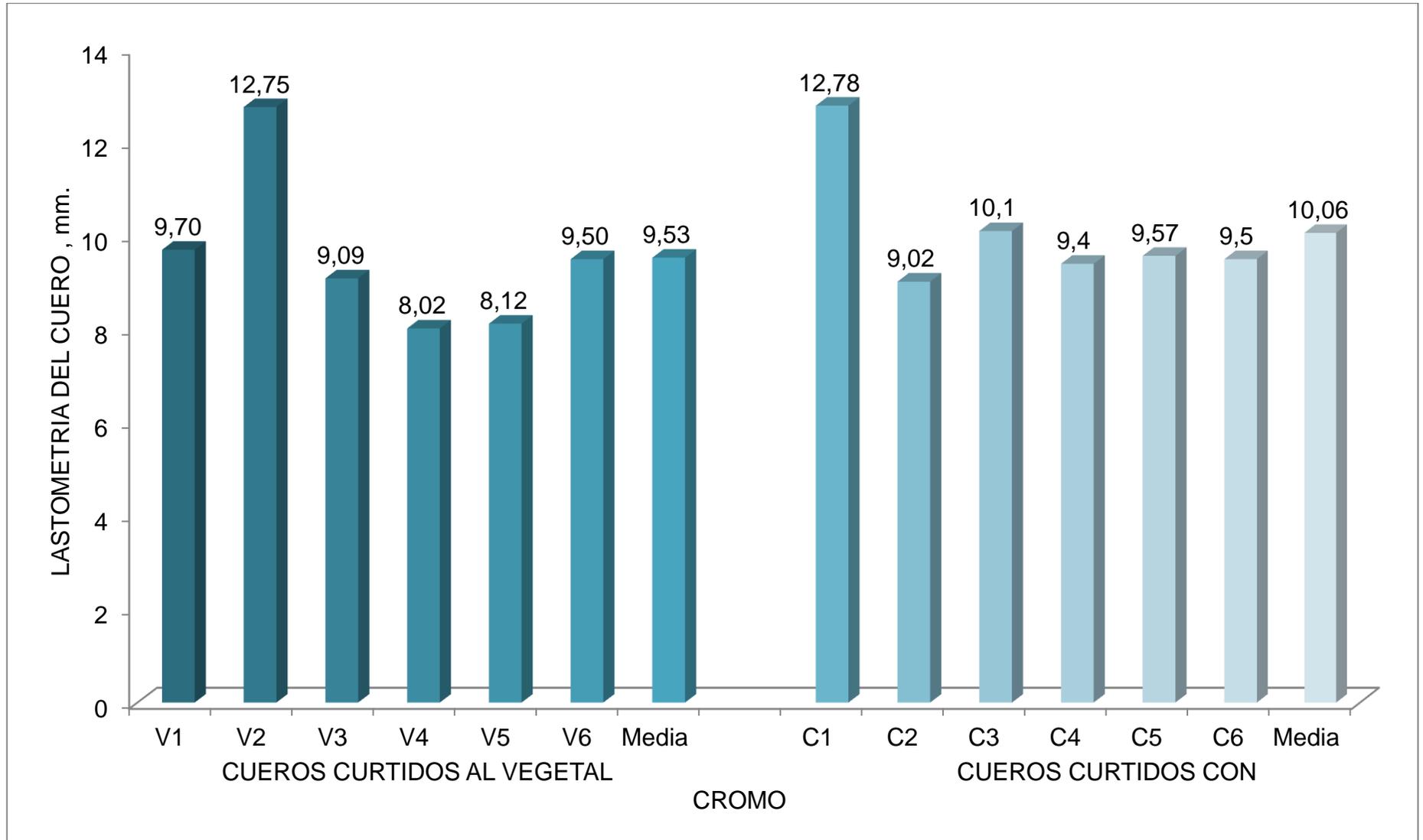


Gráfico 2. Resultado de la lastometría de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

### **3. Tiempo a la rotura de la flor**

La resistencia a la ruptura mide la carga máxima que el cuero logra resistir antes de presentar una ruptura de la zona donde se está aplicando dicha carga. Esta variable de resistencia física es muy importante para proyectar la resistencia que presenta el artículo al momento tanto de la confección como del uso diario. Si la resistencia a la ruptura es elevada, el artículo elaborado con dicho cuero presentará también una elevada resistencia a la ruptura, generando en el consumidor una mayor satisfacción y que el artículo gane prestigio en el mercado, ya que la calidad que presenta será elevada, pudiendo incorporarse valores agregados en la comercialización del artículo. Los resultados estadísticos reportaron una media para el cuero curtido al vegetal de  $0,95 \pm 0,17$  s, y que fueron inferiores a los reportes de rotura del cuero al cromo que registró un promedio de  $1,01 \pm 0,14$  s, con un valor mínimo para los cueros al vegetal de 0,80 s, y al cromo de 0,90 s y un valor máximo de 1,298 s, para los dos tipos de cueros, sin reportarse diferencias estadísticas entre los diferentes lotes de cuero curtidos tanto al vegetal como al cromo. .

En la resistencia a la ruptura la carga que se aplica en el cuero es multidireccional, es decir, que se simula las fuerzas en todas direcciones que sufrirá el cuero al ser aplicado en el artículo al que será destinado. Las cargas aplicadas en diferentes direcciones producen la ruptura del cuero en la totalidad de su espesor. Los artículos están diseñados para resistir cargas continuas inferiores al valor máximo que resiste el cuero, no obstante, en casos especiales del uso, se puede aplicar cargas mucho mayores a las normales, lo que ocasiona que el cuero pueda llegar a romperse y el artículo pierda totalmente su funcionalidad, no obstante, si el cuero es de mucha resistencia, la aplicación de cargas excesivas no afectara a la integridad del cuero y del artículo.

Como se ilustra en el gráfico 3, el cuero al cromo presenta una mayor resistencia a la ruptura frente a los cueros al vegetal, resultados respaldados por el hecho que el cuero al cromo presenta una mayor llenura y mayor espesor que el cuero al vegetal, lo que implica que existe una mayor cantidad de material y fibras en el espesor del mismo, generando que las fuerzas se distribuyan entre cada una de

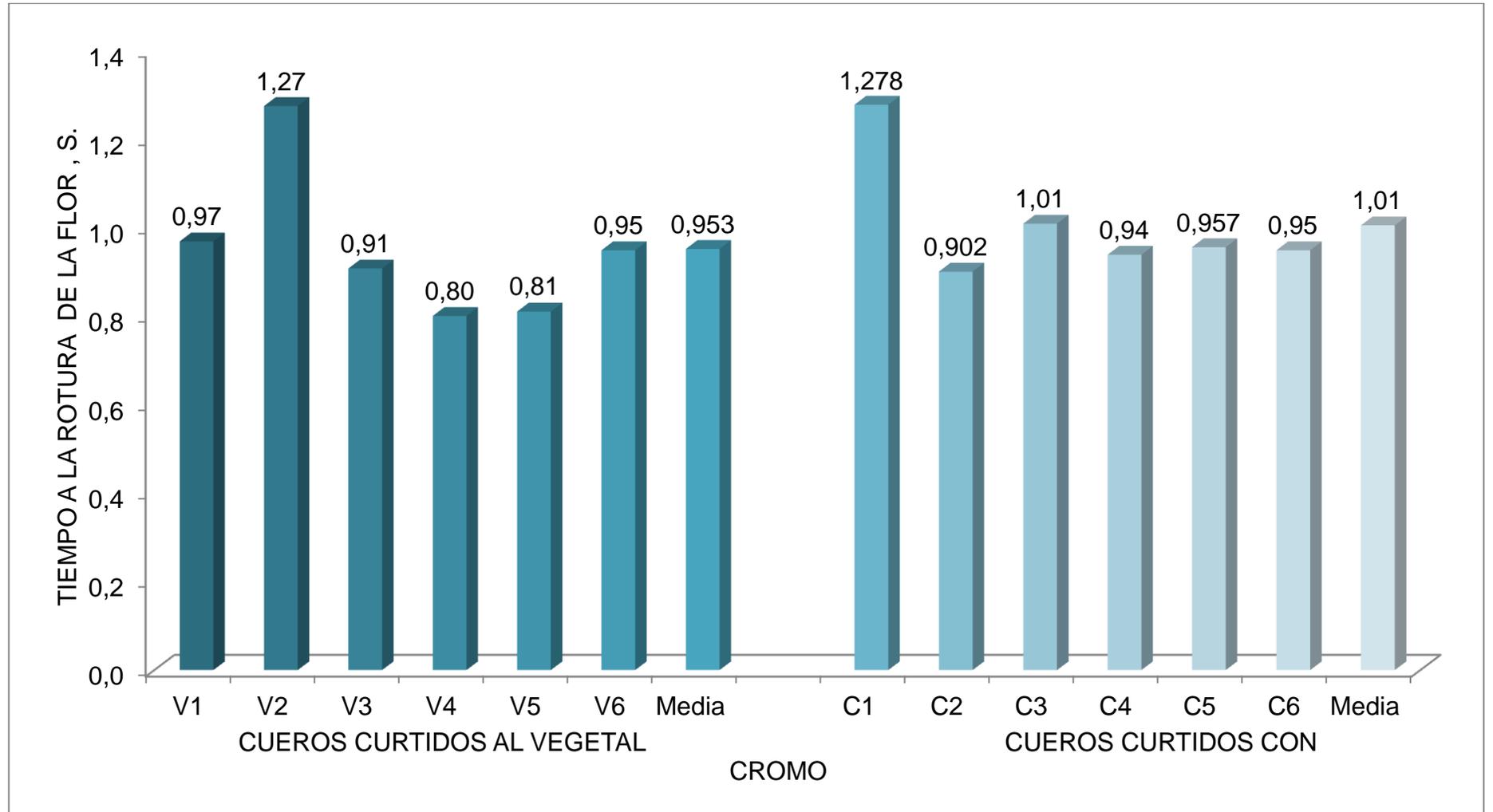


Gráfico 3. Resultado del tiempo a la rotura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

las fibras, lo que genera que individualmente cada fibra experimente una menor carga frente a las fibras del cuero vegetal. En base a los resultados obtenidos se puede indicar que el cuero al cromo es más idóneo para artículos que, en su uso, experimenten altas cargas, como es el caso de botas de seguridad, las cuales deben ser resistentes a la ruptura en vista a que en la actividad laboral las cargas y los esfuerzos aplicados al artículo son elevados.

#### **4. Resistencia a la tensión**

La resistencia a la tensión es el máximo esfuerzo de tensión que puede soportar un material antes de llegar a su límite de destrucción. En la medición de la resistencia a la tensión el esfuerzo que se aplica proviene de una sola dirección, es decir, que las fibras son estiradas en una sola dirección, para lograr medir hasta cuanto resiste el cuero antes de romperse al ser sometido un esfuerzo en una sola dirección.

Al analizar la resistencia a la tensión de los cueros curtidos al vegetal frente a la resistencia a la tensión de los cueros obtenidos con cromo se puede evidenciar que la curtición al vegetal genera un producto de mayor resistencia a la tensión frente a la curtición con sales de cromo, en vista a los cueros al vegetal presentaron una resistencia a la tensión promedio de  $1809.83 \text{ N/cm}^2 \pm 327,22$  frente al valor promedio de la presente variable física registrado por los cueros curtidos con cromo, el cual fue en promedio  $1487,96 \text{ N/cm}^2 \pm 309.56$ , como se muestra el (gráfico 4).

La razón por la cual los cueros curtidos al vegetal presentaron una mayor resistencia a la tensión frente a los cueros obtenidos con cromo se deriva del hecho que como los cueros al vegetal no son tan llenos (comparando las características sensoriales de los cueros y el espesor de los mismos) las estructuras fibrilares de los mismos son más flexibles, en vista a que en la distribución espacial de los enlaces es menos compleja y permite una mayor elasticidad, característica que absorbe parte de la carga aplicada y no permite la rotura pronta del cuero.

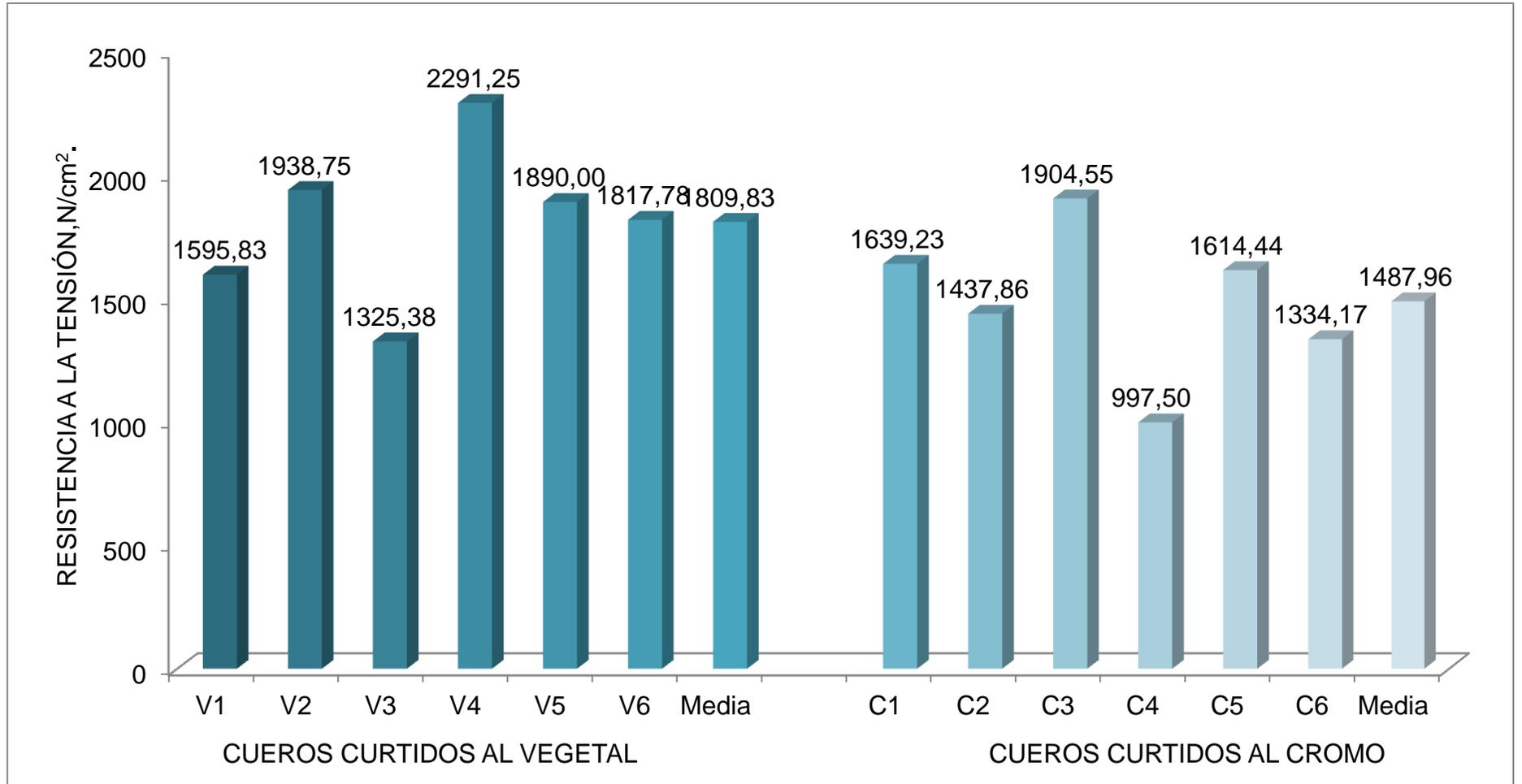


Gráfico 4. Resultado de la resistencia a la rotura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

Según <http://www.gob.mx>. (2015), en la resistencia a la tensión se mide, además de las características ya descritas, la elasticidad que el cuero presenta, en vista a que si las fibras del cuero son elásticas se pueden estirar sin romperse, distribuyendo las cargas sobre toda la superficie del cuero y absorbiendo parte de la fuerza en el estiramiento logrando de esta manera que el cuero alcance una mayor resistencia a un esfuerzo unidireccional mayor. Que el cuero presente una elevada resistencia a la tensión es importante en la confección de artículos de cuero, en vista que algunas partes del artículo están diseñadas para que dentro del uso del artículo se apliquen fuerzas direccionales, por ejemplo en correas o tirantes, los cuales son aplicadas al artículo con el fin de brindar un punto de sujeción para el usuario, lo que conlleva a aplicar un esfuerzo direccional en la utilización de la pieza.

#### **4. Porcentaje de elongación**

El porcentaje de elongación representa la capacidad que el cuero registra para poder estirarse frente a la aplicación de un esfuerzo unidireccional antes de romperse en su espesor. Para la determinación del porcentaje de elongación se midió la longitud inicial de las probetas en la zona de aplicación del esfuerzo (es decir despreciando los puntos de sujeción) y posteriormente se midió la longitud máxima que alcanzó el cuero antes de romperse, con la aplicación de una carga sobre la probeta.

Los cueros curtidos al vegetal presentaron un mayor porcentaje de elongación frente a los cueros curtidos con cromo, cuyos valores promedio fueron de  $62,50 \pm 11,18$  y  $61,25\% \pm 14,81$  respectivamente, como se ilustra en el gráfico 1. Las respuestas medias se encuentran dentro de los límites permisibles reportados en la norma técnica IUP 6 (2002), de la Asociación española del Cuero que infiere un valor comprendido entre 40 a 80%. Además se aprecia la respuesta más baja en una muestra de cuero curtida al cromo con un valor de 35%; en comparación de los cueros al vegetal que fue de 40%; mientras que la elongación más baja fue reportada en los cueros al vegetal con 70% y en los cueros al cromo fue de 77,50%, (gráfico 5).

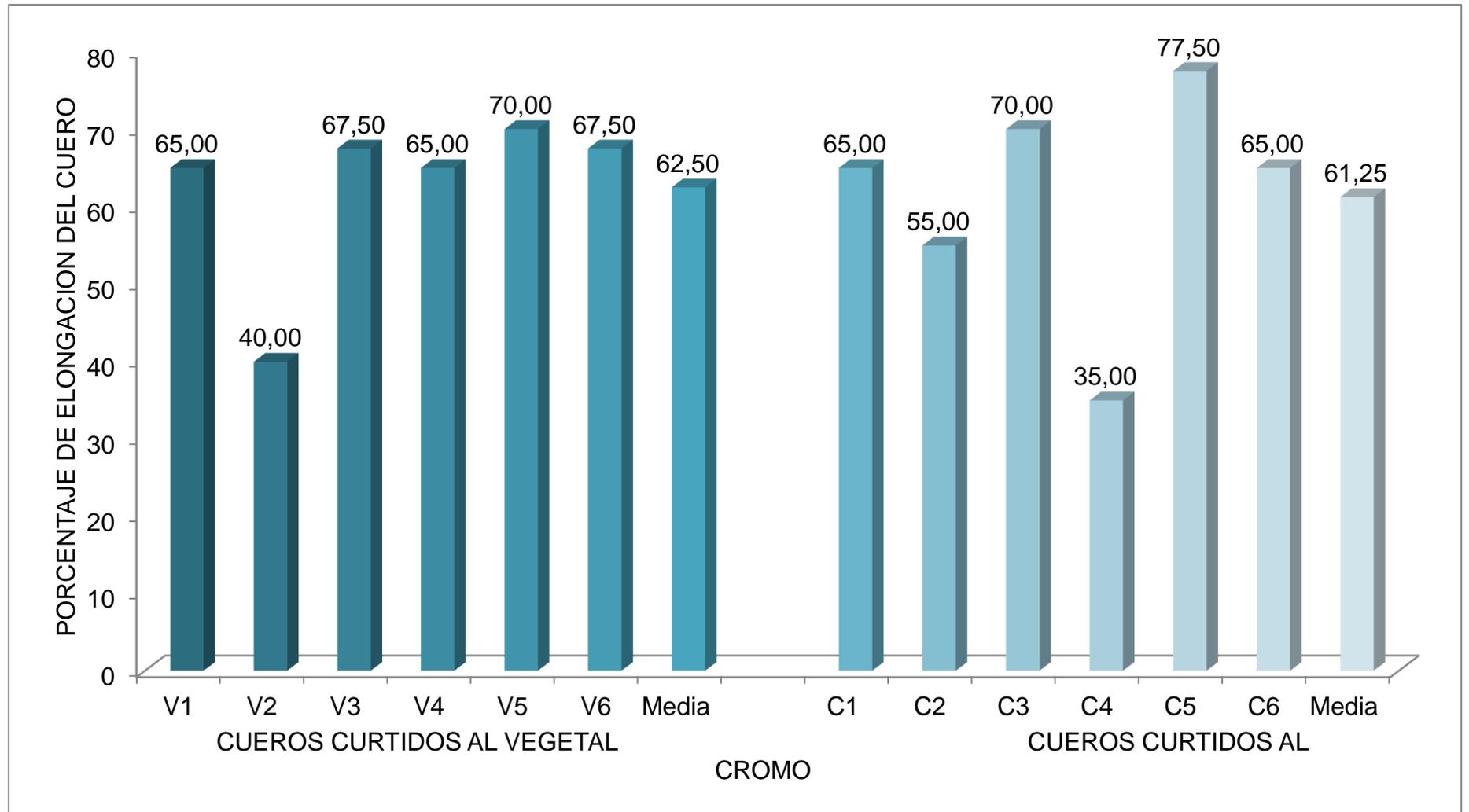


Gráfico 5. Resultado del porcentaje de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

La diferencia en los resultados está respaldada por el hecho que los cueros al vegetal son menos llenos que los cueros al cromo, lo que produce que sean menos compactos y logran tener una mayor facilidad para estirarse, es por ello, que a pesar que resistan una carga máxima menor que los cueros al cromo (en base a la resistencia a la ruptura), disponen de fibras más elásticas que logran incrementar su longitud en mayor proporción antes de la ruptura. En base a los resultados reportados se puede considerar que los cueros al vegetal son más adecuados para la confección de artículos de vestimenta, por su gran flexibilidad (propiedad que se transforma en blandura al tacto). No obstante los cueros al cromo son adecuados para la confección de calzado en vista a su gran resistencia y a que como presentan poca flexibilidad no se deformaran al soportar grandes cargas.

### **C. RESULTADO DE LAS PRUEBAS SENSORIALES REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL**

#### **1. Llenura**

En el análisis sensorial correspondiente a la medición de la llenura aplicada a los cueros se busca, por medio del tacto y experiencia del analista, evaluar el grado compactación que presenta el cuero en todo su espesor. El cuero internamente es un conjunto de fibras de colágeno entrelazadas en todas direcciones. En el interior de las hebras (conjunto de fibras) y en el interior de las propias fibras existen espacios ocupados por los agentes curtientes, auxiliares y agentes de acabado en mayor o menor grado, que son depositados en dichas zonas por la acción del curtido, (cuadro 6).

La medida del grado de llenado de los espacios interfibrilares por los agentes de curtido y de acabado es evaluada por la llenura, la cual deberá ser calificada al tacto del analista y los usuarios, considerando así que el cuero presenta una elevada llenura (la cual se valoró con una puntuación cercana a 5 mientras mayor sea la llenura, en contraste, en los cueros donde los espacios interfibrilares se encuentran vacíos, o el grado de llenado por los agentes curtientes, auxiliares y

Cuadro 6. RESULTADO DE LAS PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO CURTIDO AL CROMO Y DEL CUERO CURTIDO AL VEGETAL.

ESTADÍSTICAS	VARIABLE SENSORIAL			
	BLANDURA		LLENURA	
	VEGETAL	CROMO	VEGETAL	CROMO
Media	3,83	4,67	4,50	3,67
Error típico	0,31	0,21	0,22	0,21
Mediana	4,00	5,00	4,50	4,00
Moda	4,00	5,00	5,00	4,00
Desviación estándar	0,75	0,52	0,55	0,52
Varianza de la muestra	0,57	0,27	0,30	0,27
Curtosis	-0,10	-1,88	-3,33	-1,88
Coefficiente de asimetría	0,31	-0,97	0,00	-0,97
Rango	2,00	1,00	1,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00	4,00	3,00
Máximo	5,00	5,00	5,00	4,00

de acabado es bajo, el cuero presentara un tacto muy fofo, es decir, una muy baja llenura (valorando al cuero con puntuaciones cercanas a 1 mientras menor sea la llenura).

Al cotejar los valores promedios de la llenura que obtuvieron los cueros curtidos agentes vegetales frente a la llenura promedio de los cueros obtenidos con sales de cromo como agente curtiente se puede observar que los cueros procesados bajo una curtición vegetal presentan un valor superior a los cueros procesados bajo un modelo convencional (al cromo) en la medición de la presente variable sensorial, en vista que la llenura promedio de los cueros al vegetal obtuvo una puntuación de 4,50 puntos  $\pm$  0,55 y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), mientras que la llenura promedio de los cueros al cromo registrada fue igual a 3,67 puntos  $\pm$  0,52 y calificación muy buena según la mencionada escala como se muestra gráfico 7. Los valores más altos que se reportaron fueron de 4 puntos y 5 puntos en los cueros curtidos al vegetal mientras tanto que las respuestas de llenura más bajas fueron de 3 puntos y 4 puntos en su orden.

Para La llenura superior que presentaron los cueros curtidos al vegetal frente a los cueros al cromo es debida principalmente al tamaño de las moléculas de los agentes curtientes vegetales, ya que la estructura de dichos agentes es compleja en sus tres dimensiones, contiene una mayor cantidad de moléculas constituyentes y mayor complejidad (traducida en tamaño molecular) que los curtientes de sales de cromo (que principalmente son sales de sulfato).

Según Monsalve, Y. (2009), los curtientes vegetales son complejos conformados por varias moléculas de gran peso molecular, lo que se traduce que al ocupar los espacios interfibrilares llenaran una mayor cantidad de espacios vacíos, dotando al cuero de una mayor compactación y un tacto más lleno como se observa en el gráfico 6, en contraste, las sales de cromo, a pesar de que ingresen en igual o mayor cantidad al cromo que los agentes vegetales, poseen moléculas de menor tamaño y la llenura no se produce totalmente, quedando espacios intermoleculares vacíos, lo que reduce la llenura.

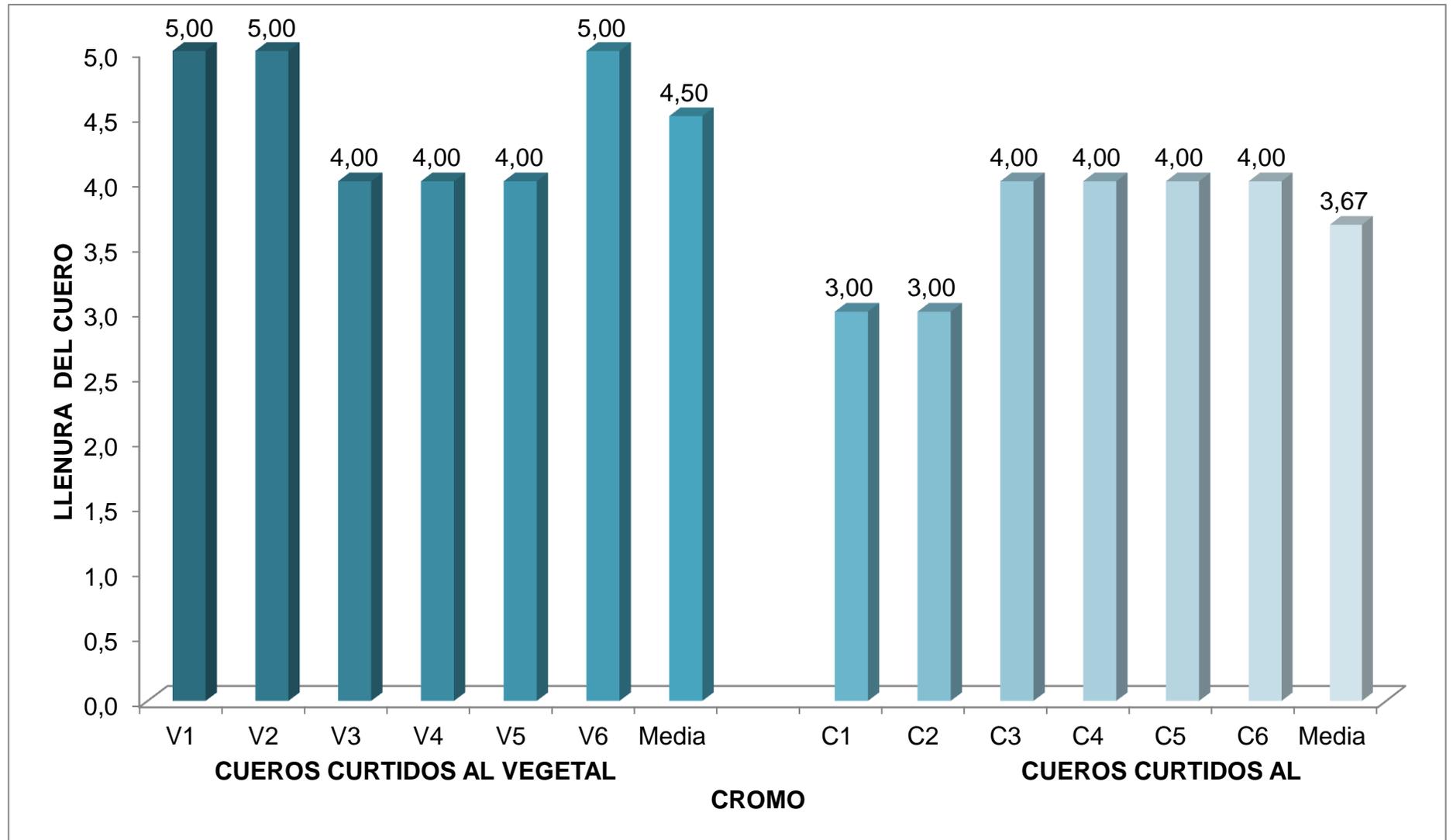


Gráfico 6. Resultado de la llenura de los cueros curtidos al vegetal vs cueros curtidos a cromo.

## 2. Blandura

La blandura es evaluada por un analista que en base a la experiencia y al tacto logre calificar la sensación de blandura que presenta el cuero. Para poder valorar la blandura se aplicó una escala que el analista ocupa como referencia, donde los cueros muy blandos al tacto registraran calificaciones cercanas a 5, mientras que los cueros que al tacto se presentan duros obtuvieron calificaciones cercanas a 1. Los cueros que obtuvieron una blandura mayor a 4 presentan unas características al tacto muy ideales, es decir, el usuario sentirá comodidad con el artículo, no obstante, dicha blandura no es adecuada para artículos cuya forma está distribuida espacialmente y el cuero debe mantener la posición inicial a pesar de las cargas a la cual está expuesto, es decir, para que el cuero logre mantener la forma dentro del artículo no es adecuado que presente una elevada blandura, en el caso de artículos cuya confección se la realiza con diferentes piezas en formas distribuidas en diferentes planos.

Los cueros curtidos al vegetal presentaron una baja puntuación con respecto a la blandura obtenida por los cueros al cromo, ya que los cueros al vegetal obtuvieron una calificación promedio igual a 3,83 puntos  $\pm$  0,75 mientras que los cueros curtidos al cromo presentaron una calificación igual a 4,67 puntos,  $\pm$  como se muestra en el (gráfico 7).

La diferencia existente en la blandura existente entre los cueros curtidos al vegetal y los cueros curtidos al cromo es debido principalmente a la llenura, en vista a que es lógico esperar que los cueros más llenos (armados) presenten una menor blandura, ya que son más compactos y contienen una mayor cantidad de materiales curtientes en el interior. Es por ello que los cueros vegetales, que presentaron una mayor llenura, registren una menor blandura frente a los cueros obtenidos con cromo.

#### D. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL LASTÓMETRO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTICIÓN

Para medir la eficiencia en el diseño del equipo (es decir la precisión y la exactitud en los datos obtenidos en mediciones de lastometría con el equipo) se procedió a realizar la medición de la lastometría de 6 muestras de cuero curtido al vegetal y 6 muestras de cuero curtido al cromo en el equipo implementado y paralelamente se realizó la medición de la misma característica física en un laboratorio acreditado (laboratorio de ANCE) en un número igual de muestras para poder comparar los valores que se obtuvieron con valores que se consideran reales (es decir valores que se puede asumir que son exactos). Las muestras analizadas en cada uno de los laboratorios fueron tomadas de la misma matriz (cuero) considerando que la zona de la cual se extrae la muestra debe ser lo más cercana posible (en vista a que las resistencias físicas dependen de la zona de muestreo).

Al tener valores de referencia determinados en laboratorios acreditados (laboratorios que están certificado y comprobado que los resultados obtenidos son resultados reales) se puede realizar el cálculo de la exactitud del equipo (o eficiencia en los resultados), determinando que la exactitud es la medición porcentual de la desviación de los resultados obtenidos (con el equipo) frente a resultados que se consideran reales (del laboratorio acreditado), para lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \left[ 1 - \left( \frac{V_E - V_A}{V_A} \right) \right] * 100$$

Donde:

- $\varepsilon$  = eficiencia del equipo representada como exactitud.
- $V_E$  = valor de la lastometría registrada por el equipo.
- $V_A$  = valor de la lastometría registrada por el laboratorio acreditado.

Al aplicar el cálculo de la eficiencia en los resultados obtenidos en el equipo se reportaron los valores tabulados en el (cuadro 7 y el gráfico 7).

Cuadro 7. RESULTADO DE EFICIENCIA DEL EQUIPO.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	LASTOMETRO ESPOCH	LASTOMETRO ANCE	EFICIENCIA POR MUESTRA
VEGETAL	V1	9,70	8,95	92
VEGETAL	V2	12,75	11,63	90
VEGETAL	V3	9,09	5,95	47
VEGETAL	V4	8,02	6,77	82
VEGETAL	V5	8,12	6,95	83
VEGETAL	V6	9,50	7,9	80
CROMO	C1	12,78	11,68	91
CROMO	C2	9,02	8,95	99
CROMO	C3	10,10	7,1	58
CROMO	C4	9,40	8,2	85
CROMO	C5	9,57	8,6	88
CROMO	C6	9,50	7	64
EFICIENCIA REPRESENTATIVA DEL EQUIPO				80

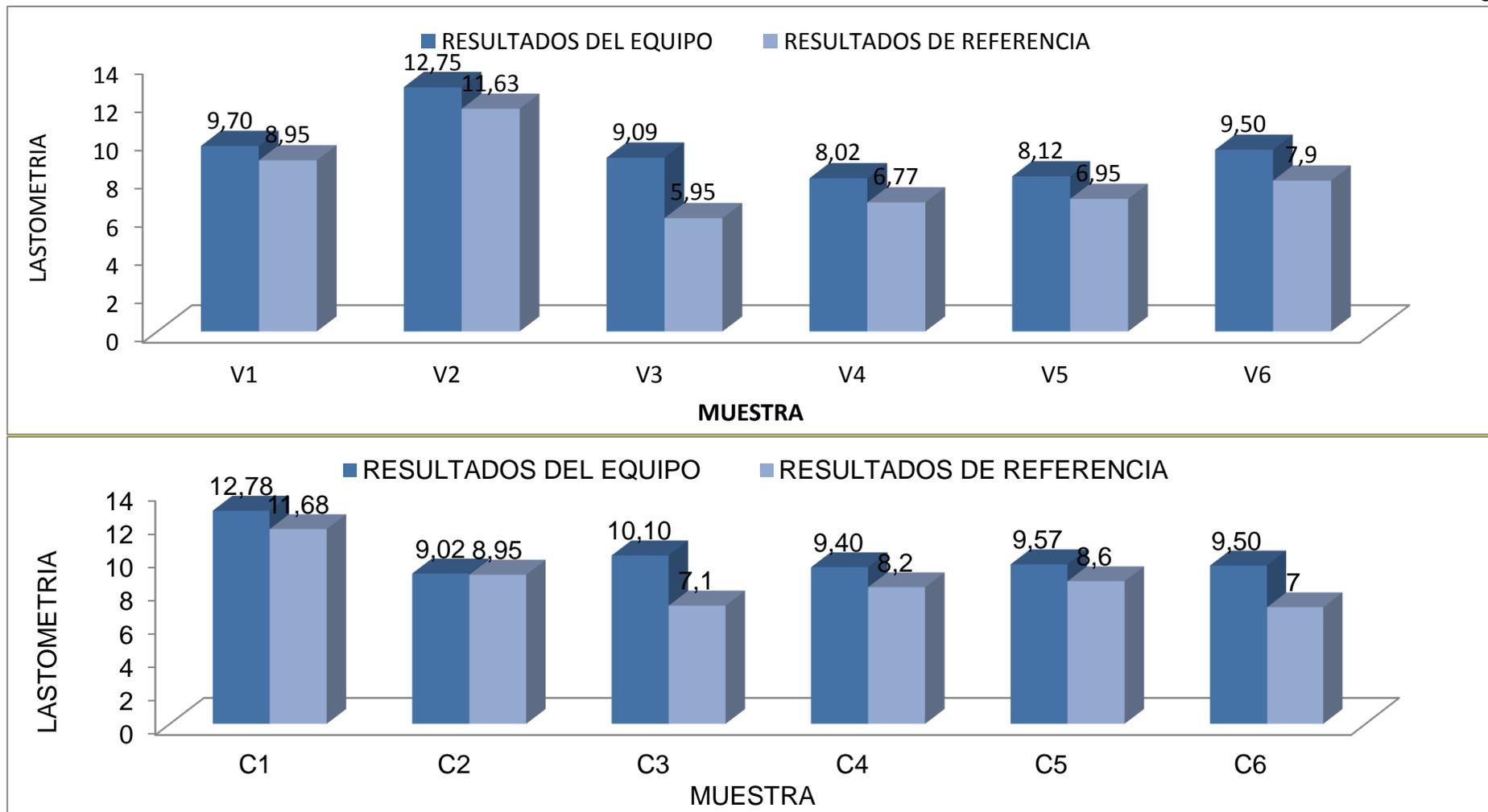


Gráfico 7. Lastometría determinada en el equipo frente a la lastometría determinada por un laboratorio acreditado.

La eficiencia que registró el equipo fue de 80%, es decir que la certeza de los resultados es de 80%, y el 20% de incertidumbre se atribuye a los inevitables errores que aparecen en toda medición (a excepción de contar elementos que representa la única medición exacta en su totalidad). No obstante y debido a que la medición de la lastometría se la realiza en mm, unidad que es muy pequeña el 20% de incertidumbre se puede despreciar. No obstante para mejorar la calidad en los resultados resulta conveniente acompañar a los resultados obtenidos con el valor de la incertidumbre, es decir, el valor medido acompañado del valor de la incertidumbre como se muestra en la siguiente relación matemática:

$$V_R = V_D \mp i * V_D$$

Donde:

- $V_R$ = valor reportado de lastometría.
- $V_D$ = valor de la lastometría determinado en el equipo.
- $i$ = incertidumbre.

## **E. MANUAL DE OPERACIÓN**

Para asegurar el correcto funcionamiento del equipo y registrar resultados que sean precisos es necesario seguir un manual de operación que dicte los protocolos necesarios para paso a paso realizar cada uno de los ensayos con la más alta reproducibilidad y exactitud. Para proceder a operar el equipo se recomienda que se informe previamente del ensayo registrado en la norma INEN 555 y la 557, para que pueda realizar el ensayo correspondiente, figura 9. Los elementos constitutivos del equipo son:

1. Botonera de parar y poner en marcha.
2. Cabezal de pruebas.
3. Cilindro de presión.
4. Manómetro de presión.

5. Regulador de presión y caudal.
6. Botoneras de accenso y descenso.
7. Reservorio de aceite.
8. Palpador micrométrico.
9. Motor monofásico 0,75 Hp.
10. Cilindro doble efecto de 3000psi.
11. Válvula 4/3 tipo Tandem.
12. Regulador de presión de 0 a 3000 psi.
13. Sub-placa base 4 entradas dos salidas.
14. Conectores de alta presión.
15. Sistema de transmisión por polea.
16. Caja soporte.

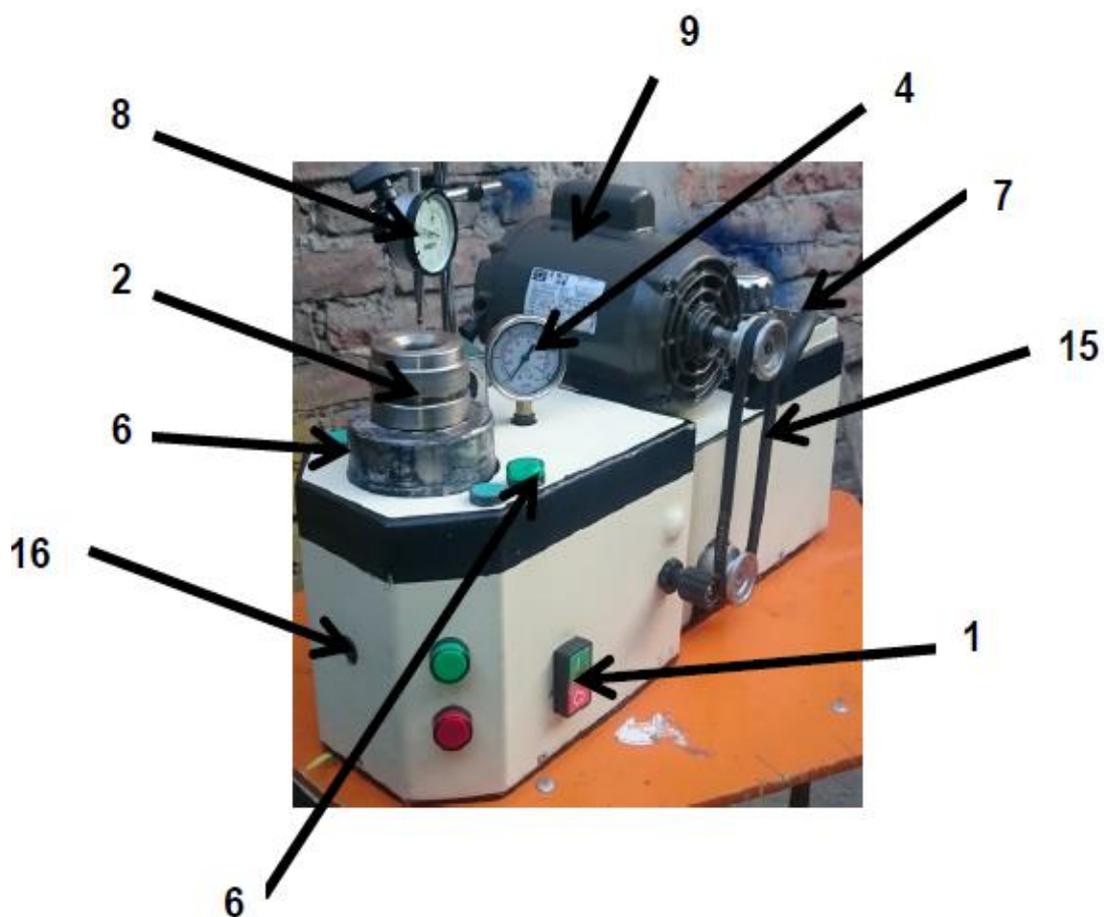


Figura 9. Ilustración del equipo para medir la lastometría del cuero.

## 1. Operación del equipo

Para operar el equipo y realizar los análisis físicos establecidos se debe ejecutar las siguientes tareas:

- Antes de conectar el equipo limpiar el mismo y verificar que los cables se encuentren en buenas condiciones.
- Conectar el equipo utilizando la línea de tierra para evitar descargas por una variación en la tensión.
- Antes de operar el equipo verificar que la luz piloto de energía se encienda (de color rojo).
- Previamente preparar la probeta del cuero a evaluar considerando las directrices establecidas en la norma 555 de la INEN.
- Colocar la probeta en el cabezal de ensayo según la disposición de los enclaves de la matriz.
- Colocar el soporte de fijación de la probeta cuidando que los enclaves se orienten bien.
- Sujetar la piel de ensayo con la rosca de la matriz antes de encender el equipo y verificar que la sujeción de la probeta sea la adecuada.
- Colocar la base y el micrométrico para ejecutar la medida de longitud.
- Encender el equipo una vez que el micrométrico se encuentre en su posición adecuada y verificar que la luz piloto de color verde se encienda, ya que solo ahí se pueden activar las bobinas de la válvula tanto en ascenso como en descenso.

- Pulsar el botón de ascenso y verificar que la luz amarilla se encienda ya que ese es el indicativo de ascenso del pistón hidráulico, la velocidad de calibración del equipo es de 10mm por cada segundo y una carga de diseño de 100 Kg, la presión de servicio opera entre 0 y 200 psi.
- Tener cuidado con el desplazamiento del pistón debido a que el micrométrico tiene una apreciación máxima de 10 mm.
- Una vez realizado el ensayo y la probeta haya sido satisfactoria en respuesta, desmontar el micrométrico y bajar el pistón hasta el punto inicial recordando que la presión debe descender a cero para realizar una nueva prueba por lo tanto presionar el botón con la luz piloto verde.
- Desenroscar la hembra del cabezal y retirar la probeta para realizar un nuevo ensayo.
- Pulsar el botón de apagado antes de realizar otra prueba y verificar que la luz piloto roja de función se encienda.

## **F. MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

Para que el equipo opere eficientemente el operario debe realizar la siguiente planificación de mantenimiento:

- Realice un mantenimiento preventivo de limpieza del equipo antes y después de cada ensayo con probetas.
- Realice un cambio de aceite cada 10000 horas de uso continuo o cada 5 años de no utilizar el equipo, el aceite que se emplea en el equipo es un SAE 15 W 40, si no lo encuentra puede reemplazarlo por SAE 40 previo el sangrado del equipo.
- Realice el cambio de banda cada 6000 horas de trabajo continuo o cada 3 años de no utilizar el equipo, cambie la banda si por cualquier circunstancia la

banda se encuentra resquebrajada o rajada, no espere que se les rompa dicha banda, el tipo de la banda utilizada es una tipo A de 28 pulgadas.

- Para ubicar la banda afloje el motor con una llave de boca N 13 y luego tense la banda verifique la tensión de la banda ubicando el pulgar en el medio de la misma y presione la misma si la deformación es aproximadamente entre 8 y 10 milímetros significa que la tensión es la adecuada.
- Para arrancar el equipo conecte la toma provista en el equipo a un tomacorriente de 110 voltios y 60 Hz.
- No descalibre la maquina si no conoce el procedimiento no utilice este equipo.
- Nunca deje armada la probeta en el cabezal ya que las enzimas del cuero pueden trabar la rosca de ensamble.
- Desconecte el equipo si no lo utiliza.
- Tenga mucho cuidado con el palpador ya que es un equipo de alta precisión por lo tanto guárdelo siempre en su empaque si no lo utiliza, de igual manera la base magnética límpiela antes de guardarla en su empaque.

Con estas simples instrucciones se garantiza el normal funcionamiento del equipo.

#### **D. COSTOS DEL EQUIPO**

La evaluación económica de la construcción del equipo para la medición de la lastrometría o ruptura del cuero que fue implementado en el laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, determinó un egreso total de 3177 dólares americanos producto de la compra de los diferentes materiales y equipos para la construcción del prototipo mecánico, en el costo descrito también se incluye el valor de la mano de obra que el constructor planteo incluyendo los planos de construcción y que alcanzó una cifra de 650 dólares americanos, como se describe en el (cuadro 8).

Cuadro 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

DETALLE DE GASTOS	DETALLE		
	Cantidad	PU	Total
Cilindro hidráulico	1	300	130
Electroválvula tipo tanden	1	700	260,16
Regulador de presión	1	800	240
Placa de fijación	1	200	150
Presostato de control	1	400	180
Bomba de pistones	1	1200	400
Conectores de alta presión	4	18	72
Reductores	4	11	44
Mangueras de presión	4	19	76
Manómetro de glicerina	1	36,45	36,45
Motor monofásico	1	156	156
Acero inoxidable para matriceria	1	38	38
Acero A36 para bastidor y caja	1	126	126
Contactador y guarda motor	1	62,13	62,13
Contactador magnético y terminales	1	62,13	62,13
Luces piloto, botoneras, arrancador	1	62,13	62,13
Pintura automotriz	1	26	26
Aceite SAE 40	1,5 g.		26
Mano de obra	1	650	650
Palpador con base magnética marca insize	1	380	380
			3177

Una vez realizada la construcción del equipo se procedió a determinar su eficiencia través de pruebas pilotos realizadas en el laboratorio de la Asociación nacional de Curtidores de la ciudad de Ambato para lo cual se incurrió en un egreso de 180 dólares al evaluar 12 muestras que correspondían a 6 pieles curtidas al vegetal y 6 pieles curtidas con cromo, resultando el costo aproximado de análisis de 15 dólares americanos, que el estudiante deberá cancelar cada vez que realice los referidos análisis. Con la implementación del prototipo mecánico para medir la lastometría se está ahorrando este valor y si se proyecta realizar cada semana 10 análisis como mínimo con un costo de 15 dólares se estará recuperando 150 dólares semanales por lo tanto en 21 semanas con 6 días se recuperara la inversión inicial y el tiempo restante será utilidad neta .

Los resultados expuestos al ser transmitidos a nivel industrial serán más satisfactorios ya que el nivel de producción en una curtiembre es mayor y por ende se realizaran mayor número de análisis semanales, y la recuperación de la inversión por lo tanto será en menor tiempo, y sobre al disponer de un equipo para uso exclusivo de la empresa se podrá realizar los controles físicos de calidad con mayor frecuencia, por lo tanto se monitoreara la calidad del cuero y se garantizará que los protocolos de producción sean los correctos.

## V. CONCLUSIONES

- Para la construcción e implementación del prototipo mecánico para realizar los ensayos de lastometría en el laboratorio de curtición de pieles en la Facultad de Ciencias Pecuarias, se utilizó materiales de primera calidad, para asegurar la precisión en el ensayo así como para la aplicación de la técnica de manufactura y el cálculo de la potencia del equipo que fue de 559,25 watts, ya que la eficiencia del equipo fue igual a 80%.
- En la evaluación de las resistencias físicas del cuero se determinó que al curtir las pieles se obtienen mayores resultados de espesor del cuero (1,12 mm) , mayor lastometría(10,06 mm), y tiempo a la rotura de (1,06 s), que se registraron al curtir las pieles con cromo, mientras tanto que la mayor resistencia a la tensión(1809,83 N/cm<sup>2</sup>), y porcentaje de elongación (62,50%), se registró al curtir las pieles al vegetal.
- Al presentarse una eficiencia del equipo del 80% y determinar que los resultados alcanzados en el prototipo mecánico para medir la resistencia física de lastometría del cuero son similares a los del equipo de la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE), se afirma que la construcción e implementación del equipo mantuvo un protocolo de producción de primera calidad y que resulta competitiva para la industria nacional.
- Los costos de producción del prototipo mecánico de medición de la lastometría del cuero al reportar un valor de 3177 dólares americanos, son inferiores a los registrados en preformas tanto nacionales como internacionales que determinan un precio de venta de 8000 a 10000 dólares americanos por lo que representa una disminución considerable en la manufactura, y con resultados de precisión satisfactoria.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Implementar equipos de medición de las resistencias físicas del cuero utilizando materia prima de producción nacional y con mano de obra de la zona para crear fuentes de trabajo que permitan el desarrollo del sector industrial de nuestra provincia al dar a conocer equipos competitivos.
- Curtir pieles de cabra utilizando cromo ya que las resistencias físicas demuestran mayores resultados y de esta manera evitar posibles fallas en el producto que puedan descender su clasificación llegando inclusive a producir cueros que no superen las exigencias de calidad de los manufactureros y .consumidores.
- Realizar mayor número de ensayos para elevar la eficiencia del equipo ya que a medida que se va efectuando pruebas se incrementa la precisión en la toma de datos y en el protocolo del ensayo disminuyendo el margen de error y aumentando la repetitividad de los resultados.
- Efectuar otros tipo de prototipos mecánicos que nos ayuden a determinar las resistencias físicas del cuero para de esa manera evitar la dependencia de laboratorios de control de calidad que tienen precios por ensayos elevados y sobre todo servir de guía tecnológica para propietarios de curtiembres que requieren este tipo de equipos.
- Promulgar los resultados de la presente investigación ya que el campo de aplicación de los mismos es muy amplio y servirá de guía idónea para el sector de la mecánica industrial y de la curtiembre asociando cada una de ellas para aumentar el desarrollo de nuestro país.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ABRAHAM, A. 2001. Caprinocultura I. 1a ed. México, México D.F. Edit. Limusa. pp 25 – 83.
2. ADZET, J. 2005. Química Técnica de Tenería. 1a ed. Igualada, España. EditRomanya-Valls. pp 105,199, 215.
3. ARTIGAS, M.2007. Manual de Curtiembre. Avances en la Curtición de pieles. 2a ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp. 12, 24, 87,96.
4. ALEANDRY, F. 2009 1000 preguntas y 1000 respuestas sobre la comercialización de pieles de cuyes, conejos y chinchillas 1a ed. Buenos Aires, Argentina Edit. Banneerpp 78 79, 85 -90.
5. BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.
6. BELLO, M. 1980. El desengrase de cueros ovinos. Recirculación de baños en la curtición de cueros ovinos con lana. 2a ed. Madrid, España. pp. 11 – 16.
7. COTANCE, A. 2004. Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. Curtidores Europeos. pp. 23 - 32.
8. CORENGIA, C. 2004. Manual de Crianza de Animales. 1a ed. Ciudad de México, México. Edit. KAPERLUZ. pp. 8 – 23.
9. CANTERA, A. 2009. Efluentes de curtiembre Reutilización de los licores de pelambre, C.S. Buenos Aires, Argentina. presentado en el VI Congreso Latinoamericano de Químicos del Cuero. p. 17.

10. FERNÁNDEZ, O. 2004. Manual de Tecnología del Cuero. 2a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 112 -148.
11. GRAVES, R. 2007. la materia prima y su conservación. 2a ed. Igualada, España. Edit. Penelope. pp. 59,60, 61, 62, 68.
12. HERFELD, H. 2004. Investigación en la mecanización racionalización y automatización de la industria del cuero. 2a ed. Rusia, Moscú Edit. Chemits. pp 157 – 173.
13. HIDALGO, L. 2004. Texto Básico de Curtición de Pieles. se. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10, 22, 29, 37, 39, 44, 47,59.
14. <http://www.cueronet.com/tecnica/lapiel.htm>.2015. Armendariz, A. Partes de la piel en bruto.
15. <http://www.monografias.com>.2015. Agraz, G. Crupón de la piel ovina.
16. <http://wwwfcmjtrigo.sld.com>.2015.Alves, J. Cuello de las pieles ovinas.
17. <http://wwwgob.mx> 2015. Armendariz, J. Faldas de la piel ovina.
18. <http://www.slideshare.net/fyug/curtición-del-cuero>.2015. Bacarditt, A. Histología de la piel.
19. <http://www.upb.edu/es/node>.2015. Bartolini, P. La epidermis de la piel ovina.
20. <http://www.clariant.com>.2015. Borrás, D.La dermis o corium de las pieles ovinas.
21. <http://www.bvsde.paho.org>.2015. Basantes, P. Tejido conectivo.

22. <http://www.inti.gov.ar/oferta/citec.pdf>.2015. Buenstra, A.El tejido subcutáneo.
23. <http://www.clubensayos.com>.2014. Bartlett, R. La curtición del cuero.
24. <http://www.mailto.hotmail.com>.2015. Borquez, J. Operación del remojo.
25. <http://www.ehowenespanol.com>.2014.Bouchard, J. Pelambre y Calero.
26. <http://www.faunagua.org>.2014. Cabastrol, A. Pelambres de cal.
27. <https://www.aenor.es/aenor>.2014. Caleta, O. Depilado, descarnado y dividido de las pieles ovinas.
28. <http://www.normalizacion.gob.ec>.2015. Bursch, C. Depilado de las pieles ovinas.
29. <http://www.cites.pe/2014>. Carpinteros, H. Descarnado de las pieles ovinas.
30. <http://www.sela.org>.2014. Carrizo, H. Dividido de las pieles ovinas.
31. <http://www.archive.org/details/ec.nte>.2014. Espinoza, G. Desencalado de las pieles ovinas.
32. <http://wwwspanish.alibaba.com>.2014. Gracminar, P. Rendido de las pieles ovinas.
33. <http://www.icontec.org/2014>. Gähr, F. Piquel de las pieles ovinas.
34. <http://www.jba.es/es>.2015. Gavilanez, F. Curticiones con productos orgánicos.
35. <http://www.proz.com>.2015. Garrote, J. Curtición con productos inorgánicos.

36. <http://www.satranet.com>.2015. Gratacos, E. Neutralizado del cuero al cromo.
37. <http://www.anderquim.com>.2014. Greiff, H.Normalización del ensayo del cuero.
38. <http://www.edym.net>.2015. Ortega, F. Lastómetro
39. <http://www.ustatunja.edu.com>.2015. Manrique, A. Características técnicas y de construcción de un lastómetro.
40. JURAN, J. 2003. Los ligantes y su utilización. s.n. Barcelona, España. Edit. ALBATROS. pp. 56-96.
41. LACERCA, M. 2003. Curtición de Cueros y Pieles. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp 1, 5, 6, 8, 9,10.
42. MONSALVE, Y. 2009. Estudio de Caracterización del Cuero. Santa Fe de Bogotá. Edit. SENA. pp. 84 -87.
43. MORERA, J. 2000. Química Técnica de Curtición. 2a ed. Igualada, España. Edit. Escola Superior d'Adoberia. pp. 12 -69.
44. SOLER, J. 2008. Procesos de Curtido. 1a ed. Barcelona, España. Edit CETI. pp 45 -56.
45. STRYER, L. 2005. Bioquímica. 2 a.Ed. Barcelona, España. EditReverté S.A. pp 12 – 16.
46. PORTAVELLA, M. 2005. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Vol 4. Barcelona, España. Edit CICERO. pp .91, 234,263.

**ANEXOS**

Anexo 1. Espesor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	1,2
vegetal	2	1,6
vegetal	3	1,3
vegetal	4	0,8
vegetal	5	0,8
vegetal	6	0,9
	Media	1,10
cromo	1	1,3
cromo	2	1,4
cromo	3	1,1
cromo	4	0,8
cromo	5	0,9
cromo	6	1,2
	Media	1,12

<i>estadística</i>	<i>vegetal</i>	<i>cromo</i>
Media	1,100	1,12
Error típico	0,132	0,09
Mediana	1,050	1,15
Moda	0,800	#N/A
Desviación estándar	0,322	0,23
Varianza de la muestra	0,104	0,05
Curtosis	-0,943	-1,42
Coficiente de asimetría	0,644	-0,30
Rango	0,800	0,60
Mínimo	0,800	0,80
Máximo	1,600	1,40
Suma	6,600	6,70
Cuenta	6,000	6,00

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1,100	1,117
Varianza	0,104	0,054
Observaciones	6,000	6,000
Varianza agrupada	0,079	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	10,000	
Estadístico t	-0,103	
P(T<=t) una cola	0,460	
Valor crítico de t (una cola)	1,812	ns
P(T<=t) dos colas	0,920	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228	

Anexo 2. Lastrometría del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	9,7
vegetal	2	12,75
vegetal	3	9,09
vegetal	4	8,02
vegetal	5	8,12
vegetal	6	9,5
	Media	9,53

cromo	1	12,78
cromo	2	9,02
cromo	3	10,1
cromo	4	9,4
cromo	5	9,6
cromo	6	9,5
	Media	10,06

<i>estadística</i>	<i>vegetal</i>	<i>cromo</i>
Media	9,53	10,06
Error típico	0,70	0,56
Mediana	9,30	9,54
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	1,72	1,38
Varianza de la muestra	2,97	1,89
Curtosis	3,00	4,70
Coefficiente de asimetría	1,58	2,11
Rango	4,73	3,76
Mínimo	8,02	9,02
Máximo	12,75	12,78
Suma	57,18	60,37
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	9,530	10,062
Varianza	2,972	1,894
Observaciones	6,000	6,000
Varianza agrupada	2,433	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	10,000	
Estadístico t	-0,590	
P(T<=t) una cola	0,284	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,812	
P(T<=t) dos colas	0,568	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228	

Anexo 3. Tiempo a la Rotura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	0,97
vegetal	2	1,28
vegetal	3	0,91
vegetal	4	0,80
vegetal	5	0,81
vegetal	6	0,95
	Media	0,95

cromo	1	1,28
cromo	2	0,90
cromo	3	1,01
cromo	4	0,94
cromo	5	0,96
cromo	6	0,95
	Media	1,01

estadística	Vegetal	cromo
Media	0,95	1,01
Error típico	0,07	0,06
Mediana	0,93	0,95
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	0,17	0,14
Varianza de la muestra	0,03	0,02
Curtosis	3,00	4,70
Coefficiente de asimetría	1,58	2,11
Rango	0,47	0,38
Mínimo	0,80	0,90
Máximo	1,28	1,28
Suma	5,72	6,04
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,95	1,01
Varianza	0,03	0,02
Observaciones	6,00	6
Varianza agrupada	0,02	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	-0,59	
P(T<=t) una cola	0,28	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,57	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Anexo 4. Resistencia a la tensión del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	1595,83
vegetal	2	1938,75
vegetal	3	1325,38
vegetal	4	2291,25
vegetal	5	1890,00
vegetal	6	1817,78
	Media	1595,83

cromo	1	1639,23
cromo	2	1437,86
cromo	3	1904,55
cromo	4	997,50
cromo	5	1614,44
cromo	6	1334,17
	Media	1487,96

estadística	Vegetal	cromo
Media	1809,83	1487,96
Error típico	133,59	126,38
Mediana	1853,89	1526,15
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	327,22	309,56
Varianza de la muestra	107071,58	95827,66
Curtosis	0,54	0,56
Coefficiente de asimetría	-0,08	-0,44
Rango	965,87	907,05
Mínimo	1325,38	997,50
Máximo	2291,25	1904,55
Suma	10859,00	8927,74
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1809,83	1487,96
Varianza	107071,58	95827,66
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	101449,62	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	1,75	
P(T<=t) una cola	0,06	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,11	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1809,83	1487,96
Varianza	107071,58	95827,66
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	101449,62	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	1,75	
P(T<=t) una cola	0,06	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,11	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	
Cuenta	6	6

Anexo 5. Resistencia a la tensión de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	65,0
vegetal	2	40,0
vegetal	3	67,5
vegetal	4	65,0
vegetal	5	70,0
vegetal	6	67,5
	Media	62,50

cromo	1	65,0
cromo	2	55,0
cromo	3	70,0
cromo	4	35,0
cromo	5	77,5
cromo	6	65,0
	Media	61,25

estadística	Vegetal	cromo
Media	62,50	61,25
Error típico	4,56	6,05
Mediana	66,25	65,00
Moda	65,00	65,00
Desviación estándar	11,18	14,81
Varianza de la muestra	125,00	219,38
Curtosis	5,43	1,78
Coefficiente de asimetría	-2,29	-1,22
Rango	30,00	42,50
Mínimo	40,00	35,00
Máximo	70,00	77,50
Suma	375,00	367,50
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	62,50	61,25
Varianza	125,00	219,38
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	172,19	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	0,16	ns
P(T<=t) una cola	0,44	
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,87	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Anexo 6. Porcentaje de elongación de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	65,0
vegetal	2	40,0
vegetal	3	67,5
vegetal	4	65,0
vegetal	5	70,0
vegetal	6	67,5
	Media	62,50

cromo	1	65,0
cromo	2	55,0
cromo	3	70,0
cromo	4	35,0
cromo	5	77,5
cromo	6	65,0
	Media	61,25

estadística	Vegetal	cromo
Media	62,50	61,25
Error típico	4,56	6,05
Mediana	66,25	65,00
Moda	65,00	65,00
Desviación estándar	11,18	14,81
Varianza de la muestra	125,00	219,38
Curtosis	5,43	1,78
Coefficiente de asimetría	-2,29	-1,22
Rango	30,00	42,50
Mínimo	40,00	35,00
Máximo	70,00	77,50
Suma	375,00	367,50
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	62,50	61,25
Varianza	125,00	219,38
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	172,19	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	0,16	ns
P(T<=t) una cola	0,44	
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,87	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Anexo 7. Blandura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	3,0
vegetal	2	3,0
vegetal	3	4,0
vegetal	4	4,0
vegetal	5	5,0
vegetal	6	4,0
	Media	3,83

cromo	1	5,0
cromo	2	5,0
cromo	3	4,0
cromo	4	4,0
cromo	5	5,0
cromo	6	5,0
	Media	4,67

estadística	Vegetal	cromo
Media	3,83	4,67
Error típico	0,31	0,21
Mediana	4,00	5,00
Moda	4,00	5,00
Desviación estándar	0,75	0,52
Varianza de la muestra	0,57	0,27
Curtosis	-0,10	-1,88
Coefficiente de asimetría	0,31	-0,97
Rango	2,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00
Máximo	5,00	5,00
Suma	23,00	28,00
Cuenta	6	6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,83	4,67
Varianza	0,57	0,27
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	0,42	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	-2,24	
P(T<=t) una cola	0,02	
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Anexo 8. Llenura de la capa flor del cuero curtido con cromo versus curtido al vegetal.

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	MEDIDA mm
vegetal	1	5,0
vegetal	2	5,0
vegetal	3	4,0
vegetal	4	4,0
vegetal	5	4,0
vegetal	6	5,0
	Media	4,50

cromo	1	3,0
cromo	2	3,0
cromo	3	4,0
cromo	4	4,0
cromo	5	4,0
cromo	6	4,0
	Media	3,67

estadística	Vegetal	cromo
Media	4,50	3,67
Error típico	0,22	0,21
Mediana	4,50	4,00
Moda	5,00	4,00
Desviación estándar	0,55	0,52
Varianza de la muestra	0,30	0,27
Curtosis	-3,33	-1,88
Coefficiente de asimetría	0,00	-0,97
Rango	1,00	1,00
Mínimo	4,00	3,00
Máximo	5,00	4,00
Suma	27,00	22,00
Cuenta	6,00	6,00

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4,5	3,66666667
Varianza	0,3	0,26666667
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0,283333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	2,711630723	
P(T<=t) una cola	0,01093615	
Valor crítico de t (una cola)	1,812461123	
P(T<=t) dos colas	0,0218723	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228138852	

Anexo 9. Equipo para medir la lastrometría del cuero.



Anexo 10. Medidor de la rotura del cuero.



Anexo 11. Botones para encendido y apagado del prototipo mecánico

