

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL CUERO PARA  
CAPELLADA DE ALPACA HUACAYA (*Lama pacos*) ADULTA,  
CURTIDO MEDIANTE LOS MÉTODOS WET-WHITE Y WET-BLUE ”**

Presentada por:

**PAMELA ELIZABETH ALVAREZ ASCUE**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima-Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL CUERO PARA  
CAPELLADA DE ALPACA HUACAYA (*Lama pacos*) ADULTA,  
CURTIDO MEDIANTE LOS MÉTODOS WET-WHITE Y WET-BLUE ”**

Presentada por:

**PAMELA ELIZABETH ALVAREZ ASCUE**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

**Dr. Gustavo Gutiérrez Reynoso**

**Presidente**

**Dra. Gladys Carrión Carrera**

**Miembro**

**Dr. Javier Ñaupari Vásquez**

**Miembro**

**Ing. Wilder Trejo Cadillo**

**Patrocinador**

## **DEDICATORIA**

A Jehová Dios, ya que nada sería posible sin su voluntad, por darme entendimiento para poder culminar esta investigación satisfactoriamente.

A mis padres, José Alvarez Torres y Margarita Ascue Huerta, por sus consejos, su apoyo incondicional, su permanente respaldo y su constante motivación; todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Ing. Wilder Trejo, por su constante orientación y preocupación las cuales han sido fundamentales para realizar esta investigación.
- Al Ing. Percy Avalos, por su apoyo durante toda la elaboración de la tesis.
- A la Ing. Adriana Ríos, directora de CITECCAL por brindarme las facilidades al realizar los análisis físicos en el laboratorio de dicha institución.
- A la Lic. María Meneses, directora del laboratorio de CITECCAL, por la buena disposición en la realización de los análisis físicos en el laboratorio de dicha institución.
- Al Ing. Elías Cabrera, por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo durante el proceso de la parte experimental.
- Al Ing. Cesar Ismodes, por permitirme realizar mis prácticas en IPEPESA, donde aprendí mucho de la industria de la curtiembre.
- Al Sr. Jamar León, por compartir sus conocimientos sobre la industria de la curtiembre.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 El recurso alpaca y la producción de pieles	3
2.1.1 Población de alpacas	3
2.1.2 Saca	4
2.1.3 Producción nacional de pieles de alpaca	5
2.2 La piel	7
2.2.1 Zonas de la piel	8
2.2.2 Estructura histológica de la piel	10
a. Epidermis	11
b. Dermis	12
c. Endodermis	13
2.2.3 Estructura fibrosa y composición química de la piel	13
2.3 Piel de alpaca	14
2.3.1 Estructura histológica	14
2.3.2 Composición química	14
2.4 El cuero	15
2.4.1 Tipos de cuero	16
a. Capellada	16
b. Napa	16
c. Suela	16
d. Badana	17

e. Tapicería	17
f. Nobuk	17
g. Charol	17
2.5 Procesamiento para la obtención de cuero	17
2.5.1 El desuello	18
2.5.2 La conservación	18
2.5.3 La etapa de ribera	18
a. Remojo	19
b. Pelambre	21
c. Descarnado	23
d. Desencalado	23
e. Purga	25
f. Desengrase	26
g. Piquelado	26
2.5.4 La etapa de curtido	27
2.5.5 Procesos mecánicos post-curtición	27
2.5.6 Procesos húmedos de post-curtición	28
a. Neutralizado	28
b. Recurtido	29
c. Teñido	29
d. Engrase	30
2.5.7 La etapa de acabado	31
2.6 La capellada	31
2.7 El glutaraldehído	31
2.7.1 Química del glutaraldehído	32
2.7.2 Utilización del glutaraldehído en el curtido de pieles	35
a. Ventajas y desventajas	35
b. Propiedades físicas conferidas al cuero	35
2.8 El cromo	36
2.8.1 Reacciones de óxido-reducción del cromo	38
2.8.2 Biodisponibilidad del cromo	39
2.8.3 Bioacumulación del cromo	39
2.8.4 Toxicidad del cromo	39
2.8.5 Vías de entrada	39

a.	Vía respiratoria	40
b.	Vía digestiva	40
c.	Vía cutánea	40
2.9	Descripción general de la actividad curtiembre en el Perú	40
2.9.1	Descripción de la actividad curtiembre en el Perú	41
2.9.2	Mercado de la actividad curtiembre	41
2.9.3	Problemática en el Perú	43
2.10	Legislación ambiental relacionada al subsector curtiembre	43
2.11	Calidad de cueros de alpaca	46
2.11.1	Espesor	46
2.11.2	Resistencia a la flexión	47
2.11.3	Resistencia al desgarro	47
2.11.4	Resistencia a la tracción	47
2.11.5	Resistencia a la ruptura de flor	48
2.11.6	Temperatura de contracción	48
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>49</b>
3.1	Lugar de ejecución y duración	49
3.2	Procedencia y cantidad de materia prima	50
3.3	Equipos y materiales	50
3.3.1	Equipos	50
3.3.2	Materiales	51
3.4	Tratamientos	52
3.5	Metodología experimental	52
3.5.1	Diseño experimental	52
3.5.2	Proceso de conservación	53
3.5.3	Control de peso de materia prima e insumos	53
3.5.4	Proceso de ribera y curtido	55
a.	Pre-remojo	55
b.	Remojo	56
c.	Pelambre	57
d.	Descarnado	58
e.	Desencalado	59
f.	Purga	59

g. Desengrase	60
h. Piquelado	61
i. Curtido	61
3.5.5 Proceso de post curtido del cuero para capellada curtido con cromo	64
a. Rebajado	64
b. Neutralizado	64
c. Recurtido	65
d. Teñido	65
e. Engrase	65
f. Escurrido	65
g. Secado y estirado	65
h. Pigmentado	65
i. Laqueado	65
3.5.6 Proceso de post curtido del cuero para capellada curtido con glutaraldehído	66
a. Rebajado	66
b. Neutralizado	66
c. Recurtido	66
d. Teñido	67
e. Engrase	67
f. Escurrido	67
g. Secado y estirado	67
h. Pigmentado	67
i. Laqueado	67
3.5.7 Características tecnológicas	68
a. Espesor	69
b. Resistencia a la flexión	69
c. Resistencia al desgarro	70
d. Resistencia a la tracción	71
e. Ruptura de flor	71
f. Temperatura de contracción	72
3.5.8 Niveles de cromo total	72

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	74
	4.1 Espesor	74
	4.2 Resistencia a la flexión	75
	4.3 Resistencia al desgarro	76
	4.4 Resistencia a la tracción	77
	4.5 Resistencia a la ruptura de flor	78
	4.6 Temperatura de contracción	79
	4.7 Niveles de cromo total	80
V.	CONCLUSIONES	82
VI.	RECOMENDACIONES	84
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
VIII.	ANEXOS	97

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Población de alpacas, según resultados censales de los años 1961, 1971, 1994 y 2012	3
Cuadro 2: Población de ganado alpaquero por razas y departamento en el año 2012	5
Cuadro 3: Producción nacional de cueros de los años 2002 al 2012	6
Cuadro 4: Composición química de la piel fresca de alpaca, ovino y caprino	15
Cuadro 5: Compuestos de cromo según su estado de oxidación	37
Cuadro 6: Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad curtiembre	45
Cuadro 7: Productos químicos utilizados durante la parte experimental	51
Cuadro 8: Pesos de las pieles en diferentes estados	53
Cuadro 9: Espesor del cuero para capellada de alpaca	74
Cuadro 10: Resistencia a la flexión del cuero para capellada de alpaca	75
Cuadro 11: Resistencia al desgarro del cuero para capellada de alpaca	76
Cuadro 12: Resistencia a la tracción del cuero para capellada de alpaca	78
Cuadro 13: Resistencia a la rotura de flor del cuero para capellada de alpaca	79
Cuadro 14: Temperatura de contracción del cuero para capellada de alpaca	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Zonas de la piel	9
Figura 2: Estructura de la piel	10
Figura 3: Partes de la piel	10
Figura 4: Formula del glutaraldehído	33
Figura 5: Estructura del glutaraldehído en soluciones acuosas	33
Figura 6: Reacción química del glutaraldehído la piel	35
Figura 7: Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre	41
Figura 8: Etapas y procesos involucrados en el proceso de las pieles de alpaca	54
Figura 9: Pieles saladas con productos de pre-remojo en rotación dentro del botal	56
Figura 10: Pieles limpias hidratadas y con apariencia más blanda, obtenidas al final del proceso de remojo	57
Figura 11: Pieles totalmente depiladas y ligeramente hinchadas obtenidas al final del proceso de pelambre	58
Figura 12: Peles peladas durante el descarnado	59
Figura 13: Piel al final del proceso de purga	60
Figura 14: Pieles durante el proceso de desengrase en rotación dentro del botal	61
Figura 15: Grupos con pieles en baño de pickle	62
Figura 16: Corte de piel curtida con glutaraldehído	63
Figura 17: Muestra de efluente de curtido wet-blue y wet-white	64
Figura 18: Tendido de pieles laqueadas	66
Figura 19: Pigmentado de cuero con paleta	68
Figura 20: Micrómetro para medir el espesor de la piel	69
Figura 21: Flexómetro para medir la resistencia a la flexión de la piel	70
Figura 22: Determinación de la resistencia al desgarro en cuero	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Ley general del ambiente	97
Anexo 2: Ley general de aguas	98
Anexo 3: Reglamento de protección ambiental para el desarrollo de actividades de la industria manufacturera	100
Anexo 4: Decreto supremo n° 003-2002-PRODUCE	104
Anexo 5: El botal	112
Anexo 6: La máquina descarnadora	115
Anexo 7: La máquina toggling de secado en húmedo	116
Anexo 8: Productos químicos	117
Anexo 9: Resultados de los ensayos físicos	122
Anexo 10: Resultados del análisis de cromo total de los efluentes de curtido química de los efluentes	162
Anexo 11: Resultados individuales del espesor del cuero	164
Anexo 12: Resultados individuales de la resistencia a la flexión del cuero	165
Anexo 13: Resultados individuales de la resistencia a la fuerza de desgarramiento del cuero	166
Anexo 14: Resultados individuales de la resistencia a la fuerza de tracción del cuero	168
Anexo 15: Resultados individuales de la resistencia a la rotura de flor del cuero	170
Anexo 16: Resultados individuales de la temperatura de contracción del cuero	171
Anexo 17: Resultados del nivel de cromo total del efluente del curtido	172
Anexo 18: Análisis estadísticos de los resultados de los ensayos realizados	173

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Taller de Curtiembre del Departamento de Producción Animal - F.Z. - UNALM y los análisis de control de calidad en el Laboratorio de CITECCAL - Ministerio de la Producción. La parte experimental y los análisis de calidad se realizaron en un periodo de 15 meses. En el cual se busca evaluar las características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca huacaya, obtenido a partir del método de curtido con glutaraldehído (wet-white) y del curtido tradicional con sulfato básico de cromo (wet-blue), obteniendo un producto final que cumpla con los requisitos mínimos requeridos por la Norma Técnica Peruana para la fabricación de calzado. Es de conocimiento que el curtido tradicional genera concentraciones de cromo en el efluente y por ello se busca como alternativa, curtientes como el glutaraldehído, por ser más amigable con el ambiente. Las pieles se distribuyeron al azar, en dos grupos de 15 pieles cada uno. El primer tratamiento (T1) corresponde a las pieles curtidas con sulfato básico de cromo y el segundo tratamiento (T2) a las pieles curtidas con glutaraldehído. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de variancia (ANDEVA) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan ( $\alpha$  0.05). En la prueba de la resistencia a la flexión se encontró que el T1 presenta mayor resistencia a la flexión que el T2. No se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos para: espesor, resistencia a la tracción y resistencia a la ruptura de flor; sin embargo, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la resistencia al desgarro y temperatura de contracción. Los cueros para capellada de alpaca huacaya curtidos mediante los métodos wet-white y wet-blue muestran características tecnológicas ideales para la confección de zapatos, por cumplir con las Normas Técnicas Peruanas.

Palabras Claves: Curtido wet-white, curtido wet-blue, glutaraldehído, sulfato básico de cromo, pieles de alpaca.

## SUMMARY

This research was developed in workshop facilities Tannery Department of Animal Production - FZ - UNALM and analysis laboratory quality control of CITEccal - Ministry of Production. The experimental part and quality tests were conducted over a period of 15 months. In which we sought to assess the technological characteristics of the leather uppers huacaya alpaca, obtained from the method of tanning with glutaraldehyde (wet-white) and traditional tanning basic chromium sulphate (wet blue) to obtain a final product that meets the minimum requirements of the International Standard for shoemaking. It is aware that the traditional tanning generates chromium concentrations in the effluent and therefore seeking alternative, The skins were randomized into two groups of 15 skins each. The first treatment (T1) corresponds to skins tanned with chromium sulfate basic and the second treatment (T2) to skins tanned with glutaraldehyde. The obtained data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and comparison of means test was used Duncan ( $\alpha$  0.05). No statistical difference ( $p > 0.05$ ) between treatments were found for testingof: thickness, tensile strength and rupture resistance of flower; however significant differences ( $p < 0.05$ ) were found in the tear resistance and shrinkage temperature. In testing the flexural strength it was found that the resistance of T1 is greaterthe T2. Leathers for uppers Huacaya alpaca tanned by the wet-white and wet-blue methods show technological features ideal for making shoes, to comply with the Peruvian Technical Standards.

Keywords: Tanned wet-white, tanned wet-blue, glutaraldehyde, basic chromium sulphate, alpaca fur.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde las épocas primitivas, el ser humano ha practicado el arte de curtir como actividad en busca de un uso adecuado de la piel, debido a que siempre se ha visto en la piel de los animales una fuente de abrigo y protección frente a los factores externos. Es así, que esta actividad ha ido evolucionando a través de los años hasta la actualidad, con la búsqueda de nuevas técnicas e insumos que ayuden a mejorar la calidad del producto, disminuir el impacto en la salud del usuario y disminuir el impacto ambiental que provoca esta actividad en nuestro planeta. No se puede negar que la industria del cuero es una fuente que genera trabajo masivo para miles de familias, pero también es un problema serio en la contaminación del agua, aire y suelo; lo que implica un peligro inminente para la vida. Este peligro tiene su origen en los productos químicos utilizados, que van desde jabones humectantes, odorizantes, ácidos fuertes y álcalis hasta el pelo o fibra en el efluente; que hacen de esta industria un sector que siempre está en la mira de las autoridades que regulan la calidad ambiental (Córdova, 2014).

Se sabe que la curtiembre es una fuente de contaminación, sin embargo, el no procesar las pieles generaría grandes volúmenes de materia orgánica en descomposición, generando grandes cantidades de consumo de oxígeno, así mismo impediría sacar el mayor provecho a la actividad pecuaria y nos privaría de contar con productos de calidad de origen natural para atender nuestras necesidades de abrigo, accesorios u otras (Rincón, 2012).

El cromo tetravalente es el producto químico más difundido y utilizado universalmente en la industria del curtido dando origen al denominado curtido wet-blue por el color que toma el cuero. A pesar de su uso generalizado, se han identificado impactos ambientales negativos, ya que la utilización del metal pesado cromo tetravalente al oxidarse pasa a cromo hexavalente, representando un peligro para el hombre, teniendo un efecto cancerígeno humano comprobado. Además, el cromo y sus diversas formas químicas son difícilmente biodegradables, siendo una carga negativa para el ambiente debido a su: persistencia en años, acumulación en el tiempo y efectos impredecibles en la flora y fauna (Borda, 2014).

Dentro de ese marco se viene desarrollando como alternativa al curtido wet-blue un curtido libre de cromo (en todas sus formas) y metales pesados, denominado curtido wet-white. Este último es una iniciativa de producción más limpia, fundamentado en el reemplazo del curtiente cromo por otros compuestos como el glutaraldehído, producto sintético derivado de aldehídos biodegradables en un 99 por ciento e inactivo por polimerización irreversible en medio alcalino, que permite obtener productos residuales como el agua que están libres de metales pesados y pueden ser tratados con mayor facilidad (Índigo Química, 2010).

Es de conocimiento mundial que el Perú es el país con mayor población de alpacas, especie que no es ajena al proceso de curtido y que según la proyección del DGPA-MINAGRI la población de alpacas para el año 2016 es de 4 095 500 cabezas y ésta se concentra en la sierra en 99.9 por ciento (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Considerando la saca de 10 por ciento anual y mortalidad en adultos de 2.9 por ciento (FAO 2005), se estima que en el país se producen 610 230 pieles de alpaca anuales de alpaca. Pese a ello, cabe indicar que la piel de alpaca es desaprovechada y solo se usa en el mejor de los casos el 10 por ciento de las pieles producidas al año (López, 1997). Es decir, solo 61 023 pieles son aprovechadas, perdiéndose 549 207 pieles, cada una de las cuales representa un valor de S/. 7.00 que totaliza una pérdida total de S/. 3 844 449.00 en el año 2016.

Como resultado de las consideraciones señaladas anteriormente la presente investigación tiene por objetivo principal evaluar las características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca huacaya, obtenido a partir del método de curtido wet-white y wet-blue, teniendo como objetivos específicos:

- Evaluar en los cueros para capellada obtenidos por los métodos de curtido wet-white y wet-blue, las características tecnológicas de espesor, resistencia a la flexión, resistencia al desgarro, resistencia a la tracción, resistencia a la ruptura de flor y temperatura de contracción.
- Evaluar los niveles de cromo total presentes en las aguas residuales obtenidas del proceso de curtido wet-white y wet-blue y compararlas con el límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad curtiembre.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 EL RECURSO ALPACA Y LA PRODUCCIÓN DE PIELES

#### 2.1.1 POBLACIÓN DE ALPACAS

Es de conocimiento mundial que el Perú es el país con mayor población de alpacas (87 por ciento) (UNIDO, 2010 citado por Roque 2014). Asimismo se crían alpacas en los Estados Unidos (120, 000 alpacas), Australia (100, 000 alpacas), Canadá, Nueva Zelanda y países europeos (Lupton *et al.*, 2006 citado por Quispe *et al.*, 2009).

En conformidad a la información que da el Cuadro 1, la población total de alpacas del Perú es de 4 095 500 cabezas superando en 11,1 por ciento a la encontrada en el censo agropecuario del 2012.

**Cuadro 1: Población de alpacas, según resultados censales de los años 1961, 1972, 1994 y 2012.**

Censo agropecuario	Año	Población de alpacas (cabezas)
I	1961	2 523 649
II	1972	1 978 821
III	1994	2 456 642
IV	2012	3 685 516
Proyección MINAGRI	2016	4 095 500

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo Nacional Agropecuario, 1961, 1972, 1994 y 2012 y Ministerio de Agricultura y Riego, 2017.

Considerando las razas, es la Huacaya la que tiene mayor presencia con 78,9 por ciento, seguida por la raza Suri con 12,0 por ciento. En la Costa, predominan Capones con 31.4 por ciento (INEI, 2012).

Dentro del territorio, es en la región de la Sierra y específicamente en la zona del altiplano, en donde se encuentra la gran mayoría de la ganadería nacional en general. Se puede

establecer de acuerdo al último Censo Nacional Agropecuario del 2012 (Cuadro 2) que en la región de la Sierra se encuentra el 99 por ciento de los camélidos y el 80 por ciento del total está en la sierra sur (Puno, Cusco, Arequipa, Huancavelica, Ayacucho y Apurímac) que se convierte en la principal zona abastecedora de materia prima para la industria del cuero (INEI, 2012).

### **2.1.2 SACA**

La producción total de pieles depende naturalmente de la saca anual, en otras palabras, del número de animales que anualmente se descartan del rebaño para ser destinados a sacrificio. Aunque no hay datos concretos, se estima que el porcentaje de saca anual, tanto en alpacas como en llamas, es del orden del 10 al 12 por ciento, lo cual se debe al bajo porcentaje de hembras que se suele mantener en los rebaños, así como a las bajas tasas de natalidad y alta mortalidad de crías (FAO, 2005).

No existen estadísticas precisas sobre el número de llamas y alpacas que se destinan al sacrificio anualmente ni sobre la cantidad total de pieles que se produce, tomando como base una saca de 12 por ciento anual y la población existente de alpacas, se estima que el número de alpacas destinadas en el año 2016 a beneficio ascendería a 491 460 alpacas. No se precisa cuanto de esto pasa por los mataderos y cuantos se sacrifican fuera de ellos, ya que no existen mataderos destinados exclusivamente al sacrificio de camélidos; se utilizan los mismos para sacrificar otras especies (FAO, 2005).

**Cuadro 2: Población de ganado alpaquero por razas y departamento en el año 2012**

<b>Departamento</b>	<b>Total (%)</b>	<b>Total (Cabezas)</b>	<b>Suri (Cabezas)</b>	<b>Huacaya (Cabezas)</b>	<b>Cruzados (Cabezas)</b>	<b>Capones (Cabezas)</b>
Total	100	3 685 516	442 013	2 909 212	265 135	69 156
Puno	39.61	1 459 903	190 528	1 209 716	41 532	18 127
Cusco	14.80	545 454	74 993	399 611	51 529	19 321
Arequipa	12.71	468 392	55 317	535 658	55 362	4 055
Huancavelica	8.37	308 586	12 278	255 472	34 857	5 979
Ayacucho	6.27	230 910	32 752	158 045	31 066	9 047
Apurímac	5.95	219 113	41 886	157 985	12 982	6 260
Pasco	3.95	145 687	7 359	134 074	3 246	1 008
Moquegua	3.51	129 250	13 584	107 406	6 875	1 385
Junín	1.67	61 398	3 560	51 370	5 417	1 051
Tacna	1.63	59 905	2 470	50 660	5 363	1 412
Lima	1.06	39 046	4 661	22 106	12 050	229
Huánuco	0.15	5 580	1 216	3 115	1 038	211
La Libertad	0.14	5 098	416	2 470	1 713	499
Ancash	0.14	5 066	787	2 224	1 855	200
Cajamarca	0.04	1 370	121	716	221	312
Lambayeque	0.02	610	61	525	-	24
Piura	0.003	98	23	51	23	1
Ica	0.002	50	1	8	6	35

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

### **2.1.3 PRODUCCIÓN NACIONAL DE PIELES DE ALPACA**

La producción nacional de pieles de alpaca se estima considerando un porcentaje de saca de 12 por ciento anual y la mortalidad en adultos del 2.9 por ciento estableciéndose que el país tuvo un potencial productivo de pieles de alpaca de 610 230 unidades en el año 2016. Sin embargo, la producción de cueros en el país se basa netamente en el uso de pieles de vacunos,

ovinos y en menor grado en caprinos; como se observa en el Cuadro 3 (FAO, 2005 y MINAGRI, 2017).

**Cuadro 3: Producción nacional de cueros de los años 2002 al 2012**

<b>Año</b>	<b>Caprino (Unidades)</b>	<b>Ovino (Unidades)</b>	<b>Vacuno (Unidades)</b>
2002	473 037	2 517 541	951 383
2003	529 206	2 534 837	989 493
2004	539 842	2 709 596	1 039 533
2005	536 401	2 685 627	1 076 056
2006	529 301	2 692 416	1 131 921
2007	506 927	2 681 208	1 138 578
2008	498 640	2 679 103	1 151 906
2009	507 180	2 753 491	1 168 497
2010	500 080	2 787 907	1 218 723
2011	489 915	2 844 398	1 266 710
2012	496 626	2 910 166	1 319 404

Fuente: Compendio Estadístico Perú, 2014.

Se calcula que el 90 por ciento de pieles de alpaca se pierden por falta de conocimiento de técnicas adecuadas de desuello y conservación, es por eso que en el país la mayoría de curtidores sufren las consecuencias de procesar pieles defectuosas que se ofertan en el mercado, porque obtienen cueros terminados de baja calidad (Gómez, 1994 y López, 1997). Debido a que, siendo la ganadería nacional generalmente de crianza extensiva, las pieles producidas en el área rural se conservan mediante la exposición al sol cercano a lugar de beneficio del animal, lo cual representa un tratamiento inadecuado porque ocasiona el deterioro de la piel, ya sea por la degradación autolítica de las enzimas, la acción bacteriana o la desnaturalización proteica del colágeno (Gómez, 1994).

Se establece que las pérdidas nacionales ascienden a 3 844 449 soles anuales debido a las pérdidas de pieles de alpaca, que industrializado elevaría su valor agregado. A esto se suma la subvaluación de las pieles por falta de conocimiento de técnicas adecuadas de desuello y conservación (López, 1997 y MINAGRI, 2017).

Las curtiembres utilizan pieles de ganado vacuno, caprino y ovino (Cuadro 3), pero desestiman la de camélidos, pese a que presentan características tecnológicas apropiadas para ser transformadas y confeccionadas en artículos de cuero, principalmente en capellada (Gómez, 1994).

En consecuencia, se origina que el mercado nacional presente una demanda de cueros insatisfecha, como en el año 2012 que se importó cuero crudo por un monto de 12,2 millones de dólares (Sunat, 2012, citado por PRODUCE/DIGECOMTE DEMI. 2014).

## **2.2 LA PIEL**

La piel es la cubierta externa que protege al cuerpo de los factores externos, actúa en la termorregulación, cumple un papel importante en la secreción y excreción por medio de las glándulas, la piel también participa en la recepción de estímulos, en la síntesis de vitamina D3 y en el almacenamiento de lípidos (Garro, 2012).

El grosor de la piel del animal varía según la especie, las diversas partes del cuerpo, la raza, la edad y el sexo. El color de la piel de los animales varía de sobremanera, pero en la mayoría de los sitios está cubierta por pelo, escamas, lana o fibra; en general la piel es muy resistente y elástica (Getty, 2001).

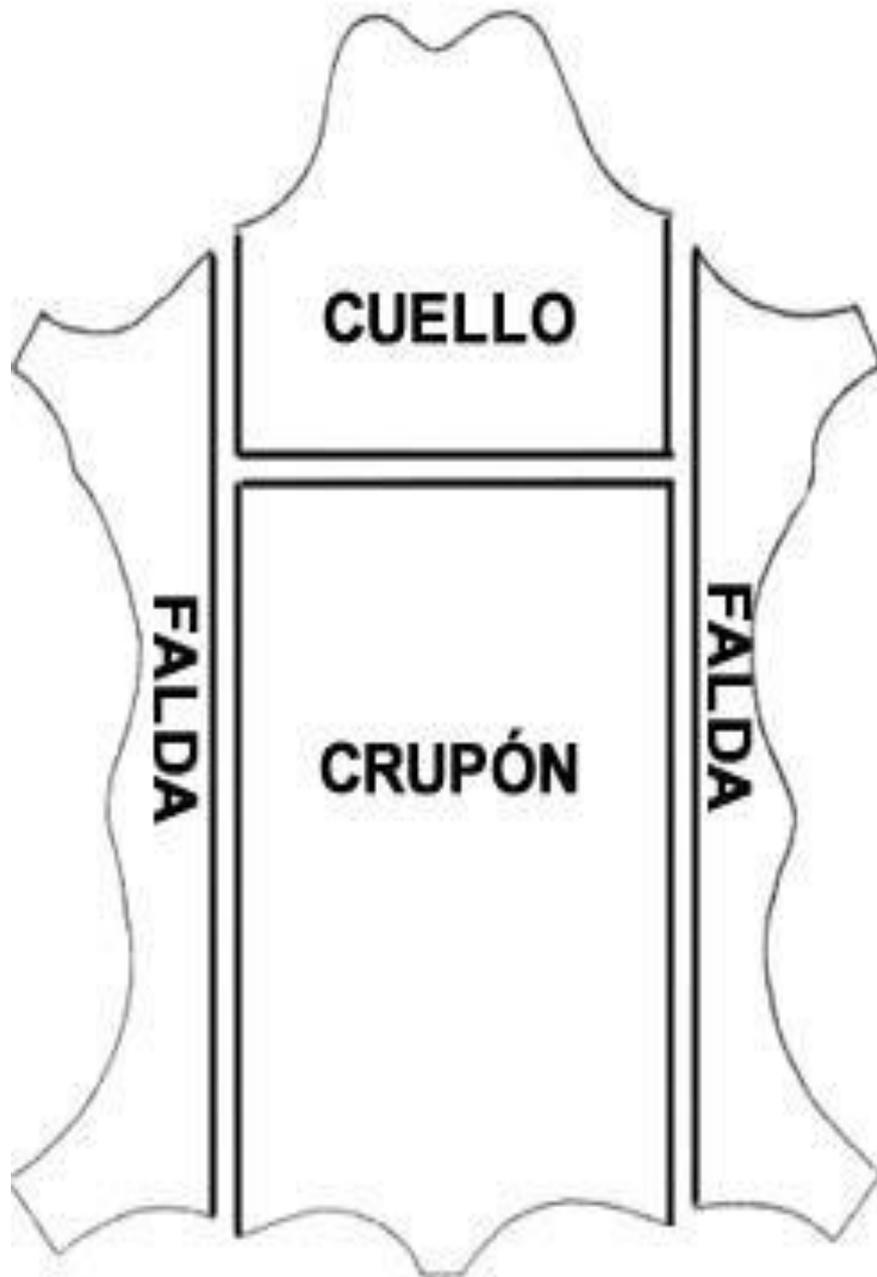
La piel está compuesta por varias capas de tejidos celulares y forman la cubierta externa, es la materia prima para la producción de cuero. Sin ningún tipo de conservación es un material o sustancia que por poseer características de materia orgánica viva se pudre en un ambiente húmedo volviéndose dura, perdiendo suavidad y flexibilidad al secarse completamente (Rodríguez, 1985 citado por Doria, 2005).

La piel de cualquier especie animal debidamente tratada, conservada y procesada posee características y propiedades físicas que le confieren un valor económico muy importante (Zárate, 1992).

### **2.2.1 ZONAS DE LA PIEL**

En la piel se identifican tres partes: Cuello, crupón y faldas. Las distintas partes de una piel son muy diferentes en su constitución y en su espesor, siendo la parte más preciada la del crupón, la cual se encuentra en el centro de la piel desde cerca de la cola hasta el inicio del cuello y por los lados hasta la mitad del vientre, mientras que a los lados hasta el borde de la piel se le llama falda (Ullman, 1953). En la Figura 1 se pueden apreciar las zonas de la piel.

El cuello, es parte de la piel con mayor espesor, presenta muchas arrugas y pesa aproximadamente 25 por ciento del total de la piel fresca. El crupón, es la parte más homogénea, compacta y valiosa; aproximadamente pesa 45 por ciento del total de la piel fresca. La falda, posee menor espesor y una textura más abierta; representa aproximadamente el 30 por ciento del total de la piel fresca. Por tales motivos, las diferentes zonas de la piel presentan distintos comportamientos durante la actividad curtiembre (Gonçalvez, 2007; Morera, 2002).

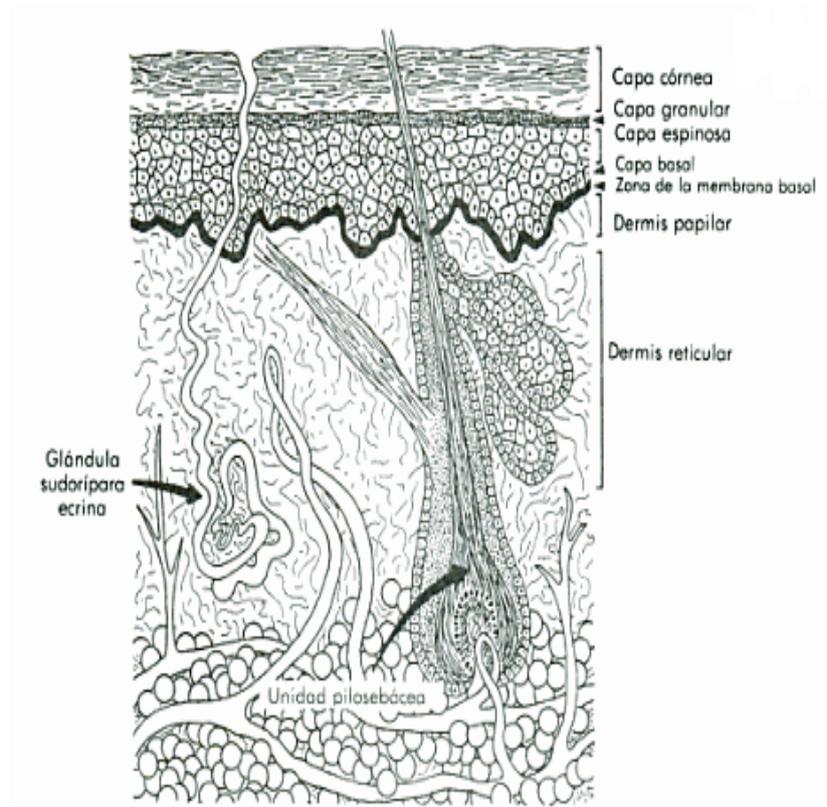


Fuente: [http://www.cuernet.com/tecnica/div\\_superficie.htm](http://www.cuernet.com/tecnica/div_superficie.htm)

**Figura 1: Zonas de la piel.**

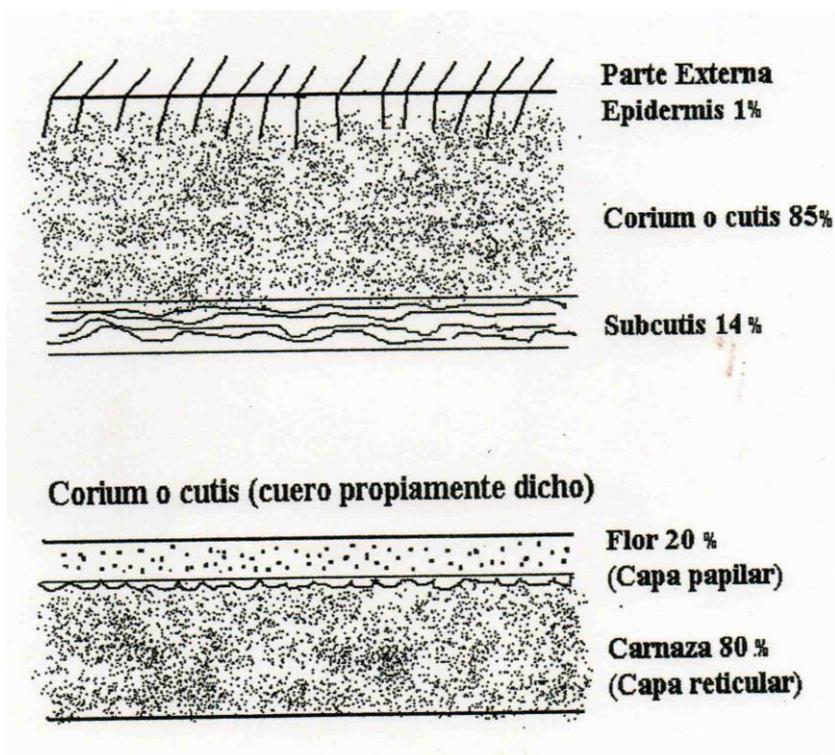
### **2.2.2 ESTRUCTURA HISTOLÓGICA DE LA PIEL**

Para conocer la estructura de la piel es necesario efectuar cortes transversales de la misma. En las Figuras 2 y 3, se representa un corte transversal de la piel en donde desde el exterior hacia el interior se distinguen tres capas: la epidermis, la dermis o corium y el tejido subcutáneo.



Fuente: Kelley (1992)

**Figura 2: Estructura de la piel.**



Fuente Rodríguez, 1985.

**Figura 3: Partes de la piel.**

## **a. EPIDERMIS**

Es la parte externa y la más importante durante la vida del animal, puesto que es la más dura y la que brinda protección. El pelo también ayuda a esta protección; sin embargo, el pelo y la parte externa es menos importante para el curtidor, pues es destruida y separada durante el depilado y encalado (Rodríguez, 1985 citado por Doria, 2005)

La estructura interna de la epidermis está compuesta por 5 capas diferentes:

- **ESTRATO GERMINATIVO.** Recibe este nombre pues en ella se generan células nuevas. Es la capa más profunda de la epidermis, está constituida por una capa de células cúbicas, cilíndricas o aplanadas que descansan en una capa fina de células algo brillantes (Ciprián et al, 1988 citado por Doria, 2005).
- **ESTRATO ESPINOSO.** Esta segunda capa de células es poliédricas, presentan el aspecto de estar separadas entre sí por pequeños espacios que son atravesadas por prolongaciones finas semejantes a espinas, por ello recibe el nombre de estrato espinoso. En llamas y alpacas esta capa es muy reducida con solamente una o dos capas de células, siendo las superficies aplanadas con núcleos algo picnóticos y las profundas poliédricas de núcleos ovoides o esféricos y cromatina laxa, por lo que se aprecian algo pálidas. Estas células son mayores en tamaño que las demás que conforman la epidermis (Ciprián et al, 1988 citado por Doria, 2005).
- **ESTRATO GRANULOSO.** Formada por una fila de células aplanadas, discontinuas en algunas zonas, de núcleo aplanado y picnótico en cuyo citoplasma se hallan finos gránulos de queratohialina, muchas veces dispersos en esta capa. Se hace más notorio en los surcos o donde se engruesa la piel (Ciprián et al, 1988 citado por Gómez, 2016).
- **ESTRATO LÚCIDO.** Esta cuarta capa no siempre se aprecia nítidamente, en caso de ser apreciada es delgada y tiene el aspecto de una línea homogénea, brillante y transparente, por lo que recibe el nombre de estrato lucido (Conmarck, 1988 citado por Gómez, 2016).

- **ESTRATO CÓRNEO.** Es la quinta y última capa con 15 a 20 células de espesor, la cual constituye la capa superficial de queratina. Esta capa es delgada y está formada por láminas córneas estratificadas y queratinizadas, escasas en cantidad, con tendencia a desprenderse (Conmarck, 1988 citado por Gómez, 2016).

En un estudio histológico de piel de alpaca y llama, se afirma que la epidermis está constituida estructuralmente por un epitelio estratificado plano queratinizado. El grosor de la epidermis de las zonas de la espalda, costillas y grupa es delgada; además los estratos celulares constituyentes disminuyen de espesor o se hacen discontinuos. Se aprecia además de afuera hacia adentro las siguientes capas: estrato córneo, granuloso, espinoso y basal, faltando el estrato lúcido en ambas especies: alpaca y llama (Ciprián et al, 1985 citado por Doria, 2005).

## **b. DERMIS**

La dermis también llamada corium o cutis es la parte central, mas fibrosa y más importante para el curtido, pues es la que se convierte en cuero. La dermis es la capa compacta, conjuntiva elástica entre mallada de la piel, la cual según la situación topográfica del animal proporciona a esta su espesor, esta recubierta exteriormente por la epidermis, la que se separa por remojo antes del curtido. En la dermis se encuentran, además de vasos y nervios, manojos de haces de fibras musculares lisas (Dellman y Brown, 1980 citado por Doria, 2005).

La dermis está compuesta por 2 capas diferentes:

- **CAPA PAPILAR.** Recibe este nombre pues la forman principalmente papilas de tejido conectivo que se proyecta hasta la epidermis, con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno finas, en las zonas muy pilosas está poco desarrollado y por el contrario en zonas escasas de pelo o totalmente átricas es más ancho y alto. Debajo de la capa papilar se halla aunque no muy bien definido la capa reticular (Dellman y Brown, 1980 citado por Doria, 2005).
- **CAPA RETICULAR.** Esta capa consiste en células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas, más gruesas que la capa anterior; pobre en células, compuesta de manojos

de células conjuntivas y colágeno de recorrido tangencial a la epidermis y entrelazados en sí mismos (Dellman y Brown, 1980 citado por Doria, 2005).

En alpacas y llamas la dermis es bastante gruesa, formada en su mayor parte por tejido conectivo denso que circunscribe a pelos y folículos pilosos, lo que difiere del ovino que es laxo según láminas histológicas examinadas correspondientes a ovinos Corriedale. De acuerdo al grosor de la epidermis de la piel de alpaca y llama, pertenecerían al grupo de pieles delgadas. Sin embargo debe recalarse que por el espesor bastante grueso de la dermis, la piel de estas dos especies es realmente gruesa, tal vez en compensación al espesor muy delgado de la epidermis (Ciprián et al, 1985 citado por Doria, 2005).

### **c. ENDODERMIS**

La endodermis o también llamada hipodermis es la cara subyacente a la piel, está compuesta por tejido laxo, fija o asegura la dermis a los huesos o músculos del animal, encontrándose en ella vasos sanguíneos muy gruesos, nervios y grasa la cual no es de importancia para el curtidor (Ciprián et al, 1985 citado por Doria, 2005).

### **2.2.3 ESTRUCTURA FIBROSA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL**

El cuero está formado por un tejido fibroso, y a su vez este, por haces de fibras que se observan a simple vista, en un corte de cuero. Las fibras están formadas por fibras elementales y estas a su vez por fibrillas que están retorcidas entre sí para tener más resistencia. Las fibras y fibrillas elementales, solo se pueden ver en microscopio electrónico, que aumenta 160,000 veces. Las fibrillas están formadas por moléculas de colágeno las cuales están bien ordenadas con el fin de poder formar la fibrilla. De las proteínas existentes en la piel, aproximadamente el 95 por ciento es colágeno (mayormente el colágeno es llamado de Tipo 1 de los 19 que existen). Otras proteínas presentes son la elastina, la queratina, las albúminas y las globulinas. (Rodríguez, 1985; Córdova, 2014).

### **2.3 PIEL DE ALPACA**

La piel de alpaca presenta alto contenido proteico y una disposición de fibras distinto a las otras especies animales, de tal manera que al ser procesado a cuero muestra una alta resistencia a la tracción y aceptable elongación que lo convierte en una interesante alternativa

para la industria del cuero. Otra cualidad que muestra el cuero de alpaca es tener poro fino y presentar flor lisa, que lo asemeja al apreciado cuero de becerro (Gómez, 1994).

### **2.3.1 ESTRUCTURA HISTOLÓGICA**

Existen reportes sobre la estructura histológica de la piel de alpaca de la región costal, la cual presenta diferencias en cuanto a grosor, a las ondulaciones epidérmicas que delimitan las papilas dérmicas, al tejido conectivo de la dermis con abundancia de fibras colágenas, a la disposición y características de los folículos pilosos y glándulas anexas. La piel de alpaca es similar a la de llamas (Vélez *et al.*, 2009).

La piel de alpaca presenta características específicas como el pasaje insensible de tejido conectivo laxo o denso de la dermis papilar a la profunda, la escasa cantidad de grasa en la dermis profunda, la distribución de los folículos pilosos en los complejos pilosos y fuera de ellos, que penetran en dermis a diferentes profundidades y en ángulo agudo en relación con la piel, la presencia en el plexo vascular subpapilar de glomus, abundancia de eosinófilos y escasez de pericitos (Vélez *et al.*, 2009).

### **2.3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Con respecto a la composición química de la piel de alpaca se puede afirmar que a comparación de la piel de ovino, ésta presenta un mayor porcentaje de proteína, mas no así para el caso de la grasa y la ceniza total. En el Cuadro 4, se muestran los porcentajes de los componentes químicos de la piel de alpaca comparándolos con los componentes químicos de la piel de ovino y caprino (Guanilo, 1983 citado por Doria, 2005).

Según los valores hallados, el contenido de humedad se halla entre los valores de 68.24 a 71.84 por ciento siendo la zona del crupón la que tiene mayor humedad con respecto al cuello, en promedio es menor el contenido de humedad en pieles de alpaca y ligeramente mayor en las pieles de ovino. Con respecto al contenido de ceniza total, es mayor en la zona del cuello comparándola con la del crupón, en promedio es menor el contenido de ceniza en pieles de alpaca y mayor en las pieles de ovino. El contenido de grasa total difiere significativamente entre especies y aún entre zonas de la piel, apreciándose las mayores diferencias entre alpaca y ovino, la grasa es mayor en la zona del crupón en todas las especies. Las pieles que presentan alto contenido de proteína son las de alpaca y las que

presentan menor contenido son las de ovino, la zona del cuello posee mayor cantidad de proteína con respecto al crupón (Doria, 2005).

**Cuadro 4: Composición química de la piel fresca de alpaca, ovino y caprino**

Zona de la piel Análisis	Alpaca		Ovino		Caprino	
	Cuello	Crupón	Cuello	Crupón	Cuello	Crupón
Humedad (%)	69.07	70.40	70.10	70.47	68.24	71.84
Ceniza Total* (%)	1.17	0.98	1.45	1.12	1.20	0.99
Grasa Total* (%)	6.61	7.53	13.38	14.98	10.84	12.25
Proteína Total* (%)	91.23	90.08	83.16	81.80	86.86	84.92

\*:

Base seca.

Fuente: Guanilo, 1983.

## 2.4 EL CUERO

Es la piel que ha sido sometida a un proceso de transformación y curtida para evitar que sea alterada por microorganismos. El cuero es el resultado de un procesamiento adecuado llamado curtido y así ser utilizado en vestimentas y otros objetos sin que el medio ambiente lo altere (Trejo, 1993).

Se conoce como curtición a los diferentes procesos técnicos que se siguen para lograr la transformación de una piel cruda en un material resistente, flexible, uniforme y apto para fines de uso humano, industrial o técnico. La curtición abarca dos líneas de producción: La primera es la línea peletera, caracterizada por la fijación del pelo con acabado en doble faz, para este fin no se requiere equipo pesado, pues generalmente los procesos son más de tipo artesanal o semiindustrial, en el que interviene mayormente la mano del hombre. La segunda es la línea de producción de cueros y se desarrolla con el soporte de maquinaria y equipo industrial, siendo necesario para esta actividad contar con una elevada inversión económica (Zarate, 1992).

### **2.4.1 TIPOS DE CUERO**

Las características particulares que reconocemos en cada tipo de cuero terminado, están dadas por la especie animal, el tipo de curtiente, los procesos químicos, operaciones mecánicas que preceden o siguen a la curtición y a los acabados que se les da a las pieles curtidas. Se procesan cueros de pieles de bovino, caballo, cuero de piel de ternero, cerdo, cabra, oveja y cuero de reptiles como cocodrilo, lagarto, camaleón, etc. Con las pieles se fabrican gran variedad de prendas exteriores, como abrigos, chaquetas, sombreros, guantes y botas; así como adornos y artesanías. El cuero se utiliza para confeccionar prendas y puede emplearse en la fabricación de otros productos, como la tapicería para automóviles y muebles, y una amplia gama de artículos de piel, como correas de reloj, bolsos y artículos de viaje. El calzado es un producto tradicional del cuero (Mc Cann, 2000).

#### **a. CAPELLADA**

El cuero tipo capellada tiene un espesor de 1.0 a 1.2 mm, es el cuero utilizado para la confección de calzado, cubre el empeine de la horma unida a la planta de la suela. Cubre al pie de los elementos externos, además brinda contención al pie en los posibles desplazamientos laterales y antero-posteriores que se dan en el caminar. La capellada debe cumplir con ciertos requerimientos como: resistencia (a la tracción, al desgarró, a la abrasión), capacidad de absorción del sudor, permitir la evaporación del sudor, impedir la entrada de agua (Jiménez, 2012).

#### **b. NAPA**

El cuero tipo napa tiene un espesor de 0.6 a 1.0 mm, es un cuero con textura especialmente suave y tacto agradable que se le da normalmente en el engrase. Es un cuero de flor entera, especialmente suave y procedente de todo tipo de animales y para todos los usos. Se puede diferenciar entre natural, ligeramente pigmentado, pigmentado y pulido. El cuero napa natural también es conocido como cuero anilina, presenta poros abiertos y se tiñe con el colorante anilina. Este material impecable suele ser muypreciado, caro y usado especialmente para vestimenta (Salvador, 2013).

#### **c. SUELA**

Se producen de pieles de equino, vacuno o pieles fuertes de ternera con pesos superiores a 30 Kg. Después del apelmbrado y eliminación de cal solo superficial, sigue el curtido vegetal por periodos largos (Meseldzic, 1993).

#### **d. BADANA**

El cuero tipo badana tiene un espesor variable, es la piel curtida de ovino de poca duración de curtido por su estructura suelta y fofa. Se usa en su mayor parte como cuero para forros (Meseldzic, 1993).

#### **e. TAPICERIA**

El cuero para tapicería tiene un espesor de 1.0 a 1.2 mm, las pieles curtidas para tapicería se trabaja como cuero entero, de gran superficie (a diferencia del cuero para calzado, que se corta en lados, por la línea del lomo) de este modo se obtienen cortes grandes, necesarios para tapizados, con buen rendimiento de corte. Por otro lado, se trata de cueros blandos o “apanados” (Salvador, 2013).

#### **f. NOBUK**

Se trata de un cuero maquillado, es la parte de la piel que está en contacto directo con la carne del animal, ha sido lijada sobre la flor para darle una textura aterciopelada. El acabado puede llegar a parecerse un poco al de la gamuza, sin embargo, el nobuk ha sido tratado para otro tipo de actividades más extremas y no ha sido separado en su proceso. Este tipo de piel también tiene sus cuidados ya que es muy sensible a la suciedad o manchas. (Melendo, 2002).

#### **g. CHAROL**

Es un tipo de cuero que tiene un acabado brillante y lustroso a través de ciertos químicos, hoy en día se utiliza mucho en el mundo del calzado. Lo cual brinda una apariencia “plástica” al calzado. Se aplica sobre el cuero de baja calidad rectificado, el brillo del charol se produce con el secado del barniz ofreciendo una gruesa capa de poliuretano que proporciona el brillo de este artículo (Barretto, 2006).

### **2.5 PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE CUERO**

La piel en su fase primaria es un material sensible y delicado, de fácil descomposición por bacterias cuando no es atendida con cuidados en el menor tiempo posible. El valor y el éxito con las pieles se inicia desde el momento de sacrificio del animal, para lo cual es recomendable conocer técnicas que sean sencillas, prácticas y eficaces, aplicables según la especie, región, medio ambiente, etc. (Zarate, 1992).

El proceso de curtición consta de varios procesos, siendo cada uno de ellos de igual importancia, en este proceso se inicia de una piel recién desollada en estado fresco y finaliza en cuero. La curtición se caracteriza por ser un proceso irreversible y estable a la degradación enzimática, a la temperatura, al hinchamiento y a la deformidad (López *et al.*, 1985, citado por Vargas, 2005).

### **2.5.1 EL DESUELLO**

Es la operación de quitar la piel al animal, puede hacerse por varios métodos, dependiendo del tipo de animal, lugar donde se sacrifica y condiciones de trabajo; se debe efectuar sobre un caballete o algún material limpio, evitar el contacto con la suciedad, de manera habitual iniciar la extracción de la piel, tirando un corte longitudinal desde el cuello hacia el ano, luego en forma transversal a ambos lados de las extremidades en la parte interna, finalmente proceder a retirar la piel, con la ayuda del cuchillo o con los brazos, sin originar cortes u orificios en la superficie de la piel (Zarate, 1992).

### **2.5.2 LA CONSERVACIÓN**

Desde el desuello hasta que la piel llega al lugar de su manipulación como piel fresca o verde, puede ser conservada de distintas maneras. La conservación puede lograrse con productos deshidratantes o mediante productos químicos de acción antibacterial. Las técnicas más usadas son: Salado con alrededor de 30 por ciento de sal, sobre el peso de la piel; secado, de ser posible a la sombra y salado en seco, combinación de las dos primeras técnicas (Gómez, 1994).

Se prefieren generalmente las pieles saladas que ofrecen menores dificultades en su tratamiento posterior. Las pieles saladas en seco o saladas-secas, se prefieren en muchos casos a las secas, por observarse menos porciones quemadas por el sol y gelatinizaciones parciales, que en las pieles desecadas de manera arbitraria (Gómez, 1994).

### **2.5.3 LA ETAPA DE RIBERA**

Es el conjunto de operaciones mecánicas, químicas, químico físicos y enzimáticos, cuyo objeto es eliminar de la piel cuantos componentes no son adecuados para la posterior fase de curtición, se denominan trabajos de ribera y comprenden: remojo, pelambre, descarnado, desencalado, rendido, desengrasado y en algunos casos piquelado cuando se trata de pieles destinadas principalmente a la curtición al cromo (ITINTEC, 1981 citado por Gómez, 2016).

### **a. REMOJO**

La primera operación de los trabajos de ribera, consiste esencialmente en un tratamiento de la piel en bruto con abundante agua, limpiando la piel del estiércol, barro, sangre, microorganismos y productos empleados en la conservación, además durante el remojo se disuelven parcialmente las proteínas solubles en agua y sales neutras y se lleva a la piel al estado de hidratación que tenía en el animal vivo y que se pierde a causa de los procesos de conservación (ITINTEC, 1981 citado por Gómez, 2016).

Presenta dos objetivos, devolver a los cueros conservados por deshidratación las cualidades de suavidad y flexibilidad. Sirve para limpiar la suciedad que trae consigo la piel y para eliminar del interior de alguno de los constituyentes no deseables que no serán transformados en cuero tales como: albúminas, sangre y proteínas solubles (Quiroz, 1985 citado por Gómez, 2016).

El agua absorbida durante el remojo hidrata los espacios interfibrilares para permitir un aflojamiento de las fibras y una soltura de los poros que permita mayor desprendimiento de los pelos. La intensidad del proceso de remojo para una piel dependerá de su conservación, de su espesor y de su contenido graso (Morales, 1990).

Durante el remojo influyen factores como:

- **FORMA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS PIELES.** Si las pieles se encuentran correctamente conservadas por el salado, es fácil lograr la rehumectación, aunque es conveniente el empleo de algún bactericida. En caso contrario, la mala conservación requiere un lavado y enjuague previo al remojo y luego colocar las pieles en un baño nuevo con adición de bactericida. Si las pieles fueron secadas rápidamente el tiempo de remojo será largo porque tardara más el agua del baño para solubilizar las capas secas externas del cuero, es conveniente la adición de tensoactivos. Para los cueros en sangre solo es necesario un lavado previo al depilado (Quiroz, 1985 citado por Doria, 2005).
- **CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA.** Es necesario calcular el peso de las pieles para luego determinar el volumen de agua requerido y el cálculo de productos a utilizar (Zárate, 1993). Para pieles frescas saladas la proporción conveniente es de 3

a 4 partes de agua por una de piel, para pieles secas, el flote recomendado es de 6 a 8 porciones de agua por una de piel (Quiroz, 1985 citado por Doria, 2005).

- **TEMPERATURA DE REMOJO.** Es un factor que influye en la disolución de las sustancias proteicas solubles de la piel y sales que contenga. A mayor temperatura, existe mayor poder de solubilidad, pero si el aumento es muy grande, puede destruir las fibras de la piel (Quiroz, 1985 citado por Doria, 2005).

Es recomendable mantener la temperatura de remojo entre 15 y 20 °C y se deberá reducir el tiempo de remojo por cada diez grados por encima de los 20 °C y aumentar la cantidad de bactericida (Morales, 1990 citado por Doria, 2005).

- **PH DEL BAÑO DE REMOJO.** El rango es amplio, de 4.5 a 11.0, pero es conveniente trabajar a pH alcalino de 11 como máximo (Quiroz, 1985 citado por Doria, 2005).
- **EFFECTOS MECÁNICOS.** El trabajo mecánico facilita la rehidratación de los cueros y contribuye a separar las fibras internas del cuero (Quiroz, 1985). El movimiento debe ser lento para no provocar la ruptura de las fibras y causar daño a la piel (Morales, 1990 citado por Doria, 2005).
- **ADICIÓN DE AGENTES AUXILIARES.** Estos agentes pueden ser enzimáticos, químicos, antisépticos y bactericidas (Quiroz, 1985 citado por Doria, 2005).
- **TIEMPO DE REMOJO.** El tiempo recomendable es de 12 a 24 horas en pieles saladas y 24 a 48 horas en pieles seco-dulces (Zárate, 1993). La duración del tiempo de remojo no debería prolongarse durante un tiempo superior al mínimo periodo latente de crecimiento de las bacterias (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).
- **CONTROL.** Se debe controlar por medio manual la piel hasta que se sienta suave. Además, hacer un corte transversal de la piel y ver la fibra que esté opaca, blanquecina y no transparente (Ramírez, 1985 citado por Doria, 2005).

## **b. PELAMBRE**

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 lana y producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno con el fin de prepararla adecuadamente para los procesos de curtición (ITINTEC, 1981 citado por Gómez, 2016).

La realización del pelambre implica una serie de operaciones y efectos ocasionados por diferentes principios mecánicos y particularmente químicos. Estos últimos se basan en la facilidad de ataque del pelo y queratinas blandas, por diferentes tipos de productos químicos y enzimas (Ramírez, 1985 citado por Trejo, 2002).

Simultáneamente con el aflojamiento capilar, tiene lugar en el pelambre otros procesos cuyo grado de intensidad determina en parte el carácter del cuero a curtir. Estos procesos son la hidrólisis del colágeno, los fenómenos de hinchamiento, la parcial saponificación de grasas naturales de la piel y los efectos de aflojamiento de la estructura fibrosa de la piel y el desdoblamiento de las fibras en fibrillas (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).

Los métodos empleados para lograr el aflojamiento capilar son los siguientes:

- **DEPILADO POR EXUDADO.** Este proceso se basa en la tendencia a descomponerse (por putrefacción) de las capas basales de la epidermis y raíces del pelo, ocasionando que el pelo y la epidermis sean fácilmente separables de la piel. La causa de esta descomposición son las enzimas proteolíticas que producen las bacterias que provocan la putrefacción (Ramírez, 1985 citado por Trejo, 2002).
- **ENZIMÁTICO.** La base es la acción selectiva que tienen las enzimas para consumir y /o destruir ciertas proteínas especialmente de la epidermis. El pelambre se realiza en pocas horas y siempre va acompañado de un baño alcalino hinchante para lograr efectivamente la ruptura de las fibras (Trejo, 2002).
- **EMBADURNADO.** Este proceso de pelambre garantiza una óptima calidad de la flor de la piel y/o cuando se requiere que el pelo o lana no sea dañado. Este pelambre

se realiza sin flote, se embadurna o pinta el lado de la carne. El depilado se efectúa entre 1 a 24 horas según la cantidad de sulfuro y el grosor de la piel (Trejo, 2002).

- **PELAMBRES ALCALINOS.** Los pelambres de cal o caleros se preparan con cal apagada o con hidróxido de calcio en polvo. El aflojamiento de los pelos 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. El aflojamiento de pelo tiene lugar cuando se logra una destrucción mínima de la queratina de la epidermis; esta hidrólisis no es tan intensa como la de la epidermis; esta hidrólisis no es tan intensa como la que tiene lugar en los pelambres de sulfuro y no afecta parcialmente a la queratina cornificada del pelo, sino simplemente a la pre queratina del folículo piloso (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).
  
- **PELAMBRES DE SULFURO.** Los pelambres de sulfuro actúan hidrolizando no solo las proteínas, sino además la queratina del pelo; el efecto depilante es mucho más intenso que el producido por la cal. En esta clase de apelmbrado que se aplica cuando se desea un rápido depilado sin aprovechamiento del pelo, se emplea preferentemente sulfuro o sódico o cálcico. En la realización práctica del apelmbrado con sulfuros se emplean normalmente concentraciones de sulfuro de sodio del orden de 1 – 3 por ciento, procediéndose al depilado en bombos de rotación lenta (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).
  
- **PELAMBRES DE CAL Y SULFURO.** Es el pelambre más usado en el mundo, la combinación de cal con sulfuro de sodio forma una serie de intercambios químicos; el sulfhidrato con presencia de iones alcalinos ( $\text{OH}^-$ ) tiene una actividad altamente depilante, mientras que la cal hincha la fibra y al mismo tiempo saponifica la grasa, es decir, la lava (Ramírez, 1985). La industria del cuero utiliza grandes cantidades de sulfuro (3 a 5 por ciento de sulfuro de sodio en base a pelo de la piel) lo que constituye el mayor componente de contaminación en el proceso de ribera (Thorstensen y Dubost, 1985 citado por Doria, 2005).

La temperatura durante el proceso de pelambre tiene una gran influencia en la rapidez con que se depila. A 30 °C se tiene un depilado a la mitad de tiempo que a 15 °C. El

depilado es influenciado grandemente por los productos químicos entre 8 y 20 °C y casi nada entre 30 y 37 °C (Trejo, 2002).

#### **c. DESCARNADO**

La piel contiene adherencias de tejidos subcutáneos, residuos de carnosidades y grasa que imposibilitan la penetración de los curtientes. Luego del remojo las pieles están en condiciones de ser descarnadas, se facilita esta operación con la ayuda de un caballete y un cuchillo descarnador (Zárate, 1993).

El descarnado es un proceso mecánico en el que se separa el tejido graso suelto y resto de músculos dejando una superficie limpia y uniforme (Kirk, 1966 citado por Doria, 2005).

#### **d. DESENCALADO**

Para poder llegar a un completo deshinchamiento de la piel en tripa apelambrada, debe intensificarse la tensión ejercida por el tejido fibroso. Estos efectos se logran moviendo las pieles de baño, elevando la temperatura y empleando preparados enzimáticos durante o después de la neutralización (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).

El propósito de las operaciones de desencalado, rendido y picle es el de preparar las pieles física y químicamente para el curtido. El desencalado en si prepara el cuero para el rendido, dejándolo entre un pH de 8 a 9 ligeramente alcalino que es adecuado para un rendido efectivo, debido a que las enzimas trabajan óptimamente en este valor. Los procesos de este se basan en solubilizar el hidróxido de calcio absorbido por la piel, transformando en sales solubles de calcio mediante la adición de productos químicos (Rentería, 1985 citado por Gómez, 2016).

Asimismo, neutraliza la alcalinidad de la piel encalada con sales amortiguadoras como el sulfato o cloruro de amonio, bisulfito de sodio y que el desencalado por la sal de amonio reduce la hinchazón producida por el encalado y le otorga al material blandura y flexibilidad (Trejo, 1993).

Métodos de desencalado, el mismo autor menciona 2 métodos:

- **DESENCALADO CON SALES AMÓNICAS Y ÁCIDAS.** Normalmente empezamos un desencalado por lavados con agua tibia, con esta fase eliminamos sulfuro de sodio que es muy soluble y algo de cal no fijada, además de algunas proteínas. Una vez lavado y acondicionado el cuero a la temperatura adecuada, 35 – 38°C, se inicia el desencalado con la adición de sales amoniacas como sulfato o cloruro de amonio. Los porcentajes de estas sales varían entre el 1 y 2 por ciento dependiendo del espesor del cuero y del grado de encalado a que hayan sido sometidos. En este proceso también se afecta la solubilidad de la grasa, ya que en el encalado se formaron jabones de calcio de solubilidad muy limitada. El pH aproximadamente de 8, así como la temperatura ayudan a solubilizar el calcio de los jabones removiéndolo en la piel en forma de sales complejas de calcio amonio (Doria, 2005).
- **DESENCALADO CON SALES.** Este es un desencalado similar al de sales, ácidos pero bastante más lento debido a que no tenemos una neutralización rápida exterior que facilite la entrada de las sales y la formación de amoníaco libre. Normalmente se trabaja en porcentajes de 1.5 a 3 por ciento de sales dependiendo del espesor de la piel y del grado de encalado (Trejo, 2002).

El proceso de desencalado se debe dar gradualmente con oportunos controles de pH que van en un rango del hinchamiento mínimo al punto isoeléctrico. Esto se puede realizar con un balance adecuado de ácidos y sales tamponantes en el que la cal puede ser solubilizada y fácilmente removida. Durante el desencalado el curtidor debe cortar la piel con un cuchillo y usar un indicador, usualmente fenolftaleína o azul de Timol, para determinar la “Línea de cal” en la piel y así poder medir la profundidad en la cual el desencalado está procediendo (Thorstensen, 1985 citado por Doria, 2005).

El tiempo es la variable que rige la penetración de los productos desencalantes independiente de la cantidad que se añada de ellos, esto es, a mayor tiempo mayor penetración. Normalmente una napa requiere de 30 a 40 minutos, una piel de alpaca de 60 minutos y una vestimenta o tapicería de 1 hora a 1.5 horas (Rentería, 1985 y Gómez, 1994 citado por Doria, 2005).

#### **e. PURGA**

El objetivo de la purga es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento de la estructura colagénica al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel de restos de epidermis, pelo, grasa, productos de degradación de proteínas, etc. (Santa Cruz, 1984); de esta manera una piel rendida posee un tacto más suave y una flor más fina que una piel que no ha sido metida a esta operación. La temperatura óptima de acción de las enzimas para el proceso de rendido es de 38° C, pero el pH óptimo de actividad depende de la procedencia, de manera que las pancreáticas actúan a un pH de 8 a 8.5, los preparados de enzimas pancreáticas y de hongos se desarrollan a un pH de 7 a 7.5 y los preparados de enzimas bacterianas presentan su mayor actividad a pH de 3 a 3.5 (Rentería, 1985 citado por Gómez, 2016).

El efecto del rendido tiene lugar sobre la estructura fibrosa del colágeno, la principal acción de este proceso es un deshinchamiento y ligera peptización de las fibras de colágeno, el efecto peptizante se interpreta como una degradación interna de la estructura colagénica y una separación de la fibra en fibrillas. Se realizan pruebas como: retención de la huella, permeabilidad del aire, piel caída, y el pH debe ser de 8 a 8.5 (Santa Cruz, 1984 citado por Doria, 2005).

#### **f. DESENGRASE**

El reporte de contenido de grasa en la piel tripa apelambrada de alpaca es de 1.54 por ciento y en piel fresca es de 7.53 por ciento, en la zona de crupón. En el cuello los porcentajes son menores, 6.61 por ciento en piel fresca y 0.36 por ciento en piel tripa apelambrada (Guanilo, 1983 y Gómez, 1994 citado por Doria, 2005).

El contenido normal de grasa en las pieles en tripa, especialmente en vacunos y caprinos es de orden del 1 por ciento referido a peso seco de sustancia piel, y en parte queda eliminada en las operaciones de pelambre, rendido y de limpieza mecánica, de modo que no ofrece dificultades en las posteriores fases de curtición y acabado. Las pieles de ovinos y porcinos, contienen 10 a 50 por ciento de grasa natural, de la cual por lo menos la mitad queda todavía en la piel en tripa después de un apelambrado normal con cal y sulfuro. Si este elevado contenido en grasa no se elimina antes de la curtición, puede dar lugar a una irregular absorción de curtientes, eflorescencias grasas, tinturas mal igualadas y acabados poco

homogéneos. Algunos de estos defectos pueden ser corregidos mediante un desengrase del cuero seco con disolventes orgánicos (Doria, 2005).

Conviene por tanto, proceder al desengrase de la piel antes de la curtición. La velocidad de disolución de la grasa depende de la temperatura en que se efectúa el desengrase y del efecto mecánico debido a la agitación, así como de las características del disolvente empleado (ITINTEC, 1981 citado por Trejo, 2002).

#### **g. PIQUELADO**

Es un tratamiento en el que se incorpora a las pieles en tripa, procedentes de las operaciones de desencalado y rendido, una importante cantidad de ácido, al mismo tiempo que se impide su hinchamiento adicionando al baño una sal neutra. Podría considerarse desde varios puntos de vista: como complemento del desencalado o interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido, como fase preparatoria de la curtición mineral y como procedimiento de conservación (ITINTEC, 1981 citado por Doria, 2005).

Otro de los objetivos es preparar las pieles para no fijar tan rápidamente las sales de cromo, y así obtener un rápido avance de las mismas a través del espesor de las pieles (Hernández, 1985 citado por Jiménez, 2002).

Como fase preparatoria a la curtición mineral, el piquelado es de gran importancia, ya que si la piel en tripa sin piquelar se introduce en un baño de curtición, el curtiente mineral adquiere una basicidad y en estas condiciones reacciona rápidamente con la proteína produciéndose una sobrecurtición en las capas externas de la piel que altera la difusión del curtiente (Angelinetti y Lacour, 1983 citado por López, 1997).

El colágeno es una estructura anfótera que puede comportarse según sea el pH de la solución, con carga positiva a negativa. Cuando el pH coincide con el valor de pH del punto isoeléctrico éstas están balanceadas electrostáticamente y la carga neta de la proteína es cero. Este balance puede ser alterado por algún mecanismo el cual pueda suprimir la carga positiva o la negativa. La interacción del colágeno con soluciones de ácidos altera el equilibrio de cargas, modificándose la reactividad de la proteína. Los iones H<sup>+</sup> se unen a las cargas de los grupos COO<sup>-</sup>, los cuales son descargados y pasan a la forma COOH<sup>+</sup>. Al descargarse completamente los grupos negativos, los positivos quedan libres para

reaccionar, cuando se ha alcanzado el punto de saturación de la piel, todo exceso de ácido queda remanente en el baño de piquelado. La misión de la sal neutra en el baño de piquelado es impedir el hinchamiento, ácido del colágeno. El sistema tiende a igualar la concentración de los iones en ambas fases, lo que origina un flujo de agua hacia la estructura colagénica, produciéndose un hinchamiento de la misma. Al agregar, por ejemplo, cloruro de sodio, los iones incorporados con la sal reducen la diferencia en concentración entre las dos fases, disminuyendo en consecuencia el hinchamiento. Es importante no provocar hinchamientos excesivos como así también cambios bruscos en el valor de pH, lo que produce hinchamientos diferenciales que afectan a la estructura fibrosa (Angelinetti y Lacour, 1983 citados por Doria, 2005).

Los factores que afectan el piquel son: la concentración de sal, cantidad de ácido presente, clase de ácido, velocidad del piquelado, que se puede incrementar con la temperatura pero es poco recomendable, ya que la piel empezará a solubilizarse (Trejo, 2002).

#### **2.5.4 LA ETAPA DE CURTIDO**

Se conoce como “curtido” o “curtición” al conjunto de operaciones que sirven para la transformación de una piel cruda en un material resistente, flexible, uniforme y apto para fines de uso humano, industrial o técnico. Un aspecto importante al establecer el criterio de curtición es la formación de una combinación irreversible entre la piel y el material curtiente que da lugar a un aumento en la estabilidad hidrotérmica del colágeno, a una disminución de la capacidad de hinchamiento del mismo en agua y a una mayor estabilidad frente a la acción enzimática (Santa Cruz, 1984 citado por Gómez, 2016).

El objetivo del curtido es evitar que las proteínas de la estructura fibrosa de la piel o cuero se pudran, lo que se lleva a cabo mediante la estabilización de dichas proteínas, con una resistencia a los ataques de bacterias o a las altas temperaturas. Todas las sustancias que producen esta estabilización se les llama curtientes. Su efecto se reconoce cuando el cuero al secarse no se hace duro sino poroso y flexible (Rodríguez, 1985 citado por Gómez, 2016).

#### **2.5.5 PROCESOS MECÁNICOS POST-CURTICIÓN**

A continuación del curtido, se efectúan ciertas operaciones mecánicas que pretenden dar un espesor específico y homogéneo al cuero. Estas operaciones son:

- Desaguado mecánico para eliminar el exceso de humedad, además permite entregarle una adecuada mecanización al cuero para los procesos siguientes (CONAMA, 1999).
- Dividido o partido del cuero para separar el lado flor del lado carne de la piel (CONAMA, 1999).
- Raspado para dar espesor definido y homogéneo al cuero (CONAMA, 1999).
- Recortes, proceso por el cual se elimina las partes del cuero que no van a tener una utilización posterior (CONAMA, 1999).

### **2.5.6 PROCESOS HÚMEDOS DE POST-CURTICIÓN**

Esto consiste en un reprocesamiento del colágeno ya estabilizado, tendiente a modificar sus propiedades para adecuarlas a artículos determinados. Este objetivo se logra agregando otros curtientes en combinación o no con cromo (CONAMA, 1999).

En este grupo de procesos se involucra el neutralizado, recurtido, teñido y engrasado del cuero.

#### **a. NEUTRALIZADO**

Después de estar curtido el cuero, éste se encuentra en medio ácido ( $\text{pH} = 3.0-3.8$ ). El tiempo promedio que se deja el cuero en reposo después del curtido es de 24 horas, logrando el cuero una mayor fijación de cromo y a parte se produce ácido sulfúrico formado por hidrólisis de las sales de cromo. La neutralización del ácido es muy importante, ya que si no sucede así, puede actuar desfavorablemente en los procesos subsiguientes como son la recurtición, tintura y engrase; pudiéndose fijar los productos que se utilizan en la superficie provocando manchas, un teñido desuniforme, acentuándose en el engrase. Esta es la causa por la cual se lleva a cabo el proceso de neutralizado, para que los productos químicos que se utilicen en los procesos posteriores penetren despacio y uniformemente al cuero. Se inicia el neutralizado dando un lavado al cuero ya rebajado. El lavado se realiza en tambor. Después de efectuar el lavado se trata el cuero al cromo en el tambor con aguas y sales alcalinas para eliminar los ácidos fuertes (ácido sulfúrico) y continuar separando las sales neutras que en parte ya han sido eliminadas anteriormente, la piel en consecuencia se

encuentra preparada para los pasos subsiguientes de: recurtición, tintura y engrase; pues se trata o se está variando la acidez del cuero, o sea variando su pH. Al terminar el neutralizado se realiza otro lavado para eliminar las sales que fueron formadas en el neutralizado y las que pudieron quedar dentro del cuero (Trejo, 2002).

Para llevar a cabo el neutralizado se puede usar los siguientes agentes químicos: soda caustica, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, bórax, fosfato básico de sodio, trisulfato de sodio, todos en una concentración al 1 por ciento (Trejo, 2002).

## **b. RECURTIDO**

Es el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos para completar el curtido o darle características finales al cuero que no son obtenibles con la sola curtición convencional, un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura (Cueronet, 2016).

En el recurtido está surgiendo el cuero que se quiere obtener al final del proceso, si presenta defectos es un buen momento para intentar corregirlos (flor suelta, cueros armados desparejos, etc.). El recurtido es una de las operaciones más importantes porque influiría directamente en el engrase, teñido y acabado y definirá las características finales del cuero. Algunos recurtientes incrementan la resistencia a la tracción. Los recurtientes que forman enlaces verdaderos con las proteínas, rompen enlaces naturales disminuyendo la resistencia. Un cuero tripa cruda si no se pudriera, sería más resistente que un cuero curtido, pero un cuero curtido y recurtido alcanza los niveles de resistencia adecuados para su uso posterior (Cueronet, 2016).

## **c. TEÑIDO**

El teñido consiste en un conjunto de operaciones cuya finalidad es conferirle al cuero determinada coloración, ya sea superficialmente, en parte del espesor o en todo el espesor para mejorar su apariencia (Cueronet, 2016). Según el mismo autor, el teñido de cualquier cuero requiere tomar en cuenta ciertos aspectos clave:

- Las propiedades intrínsecas del cuero que se desea teñir, sobre todo su comportamiento en los distintos métodos de teñido y cómo reacciona con los distintos tipos de colorantes que se emplean en cada caso.

- Las prioridades que debe tener el teñido a realizar (tener mayor penetración o al 100 por ciento teñido superficial, con buena igualación, buena resistencia al sudor, buena solidez a la luz, etc.).
- El efecto que puede tener la luz en los cuerpos teñidos, qué tonos se obtienen mezclando los colores fundamentales. No se trata de una pintura superficial, de sólo una cobertura física, sino que realmente se produce un cambio químico; entonces, depende mucho del método de teñido a usar.
- Las propiedades que tienen los colorantes que se van a emplear, tono, afinidad con la piel a teñir, intensidad del color (concentración), penetración y grado de fijación.
- Donde va a ser usado el cuero, es decir si es para calzado, vestimenta, tapicería u otros fines; si va a estar en contacto con humedad o solventes, etc.

El cuero que puede ser visto como un denso tejido natural hecho a base de fibras proteicas, antes de ser teñido sufre numerosos tratamientos químicos y enzimáticos que le van proporcionando modificaciones en las cargas negativas y positivas. De tal forma que cuando un cuero se va a teñir van a actuar la afinidad o rechazo de las cargas que posee tanto el cuero como la anilina empleada; dependiendo de la diferencia entre las cargas del cuero y la anilina será la mayor o menor reactividad entre ellas (Cueronet, 2016).

#### **d. ENGRASE**

Si la piel se somete a un secado después de la curtición, adquiere un tacto duro carece de flexibilidad y presenta frecuentemente una cierta fragilidad de la capa flor. El objeto de este proceso es separar las fibras del cuero rodeándolas con un material que al actuar de lubricante, disminuya el rozamiento interno de las paredes; con ello disminuye la fragilidad de las fibras de cuero y este mejora en consecuencia su resistencia al desgarre o incrementa su capacidad de elongación. Por otra parte, debido a que los espacios interfibrilares quedan parcialmente rellenos del producto engrasante disminuye la humectabilidad del cuero, mejorando su impermeabilidad del agua. Se utilizan productos como: aceites minerales,

aceites emulsionantes (que se usan en combinación con aceites naturales) aceites animales y vegetales (Angelinetti y Lacour, 1983 citado por Doria, 2005).

### **2.5.7 LA ETAPA DE ACABADO**

Son operaciones esencialmente de superficie, en donde se le confiere al cuero el aspecto final, que en algunos casos mejora la presentación y la selección; pero en otros prima la resistencia al uso, como en los cueros para tapicería automotriz. Se proporciona al cuero protección contra daños mecánicos, la humedad y la suciedad, así como el efecto de moda deseado: brillo, mate, bicolor, entre otros. Durante la etapa de acabado también se igualan las tinturas y se puede reconstruir artificialmente la superficie flor del cuero esmerilado (MAVDT, 2006).

En términos generales, consiste en la aplicación de una serie de capas de una mezcla de resinas, pigmentos y auxiliares, para finalizar con una capa final (base nitro, poliuretano o proteínico) que confieren una mayor solidez y regula el grado de brillo. En algunos casos se retira previamente parte de la flor natural del cuero para corregir notorias imperfecciones y entonces se denomina "flor corregida", la imitación de flor original se consigue mediante grabado en la prensa, en todos los casos se hace necesaria la aplicación de uno o más prensados, durante o al final de toda la fase de acabado. Al final se efectúan la clasificación, medición y el empaque (MAVDT, 2006).

### **2.6 LA CAPELLADA**

Es el cuero que cubre el empeine de la horma unida a la planta de la suela, cubre al pie de los elementos externos, además brinda contención al pie en los posibles desplazamientos laterales y antero-posteriores que se dan en el caminar. La capellada es la parte más importante del calzado no solo porque lleva la parte estética del calzado sino también porque debe cumplir con ciertos requerimientos como: resistencia (a la tracción, al desgarró, a la abrasión), capacidad de absorción del sudor, permitir la evaporación del sudor, impedir la entrada de agua (Jiménez, 2012).

### **2.7 EL GLUTARALDEHIDO**

El glutaraldehído es un líquido oleaginoso generalmente sin color o ligeramente amarillento y con un olor acre, es un compuesto estable sin riesgo de polimerización, es un potente bactericida. El glutaraldehído (GDA), se ha demostrado que es una sustancia más eficiente

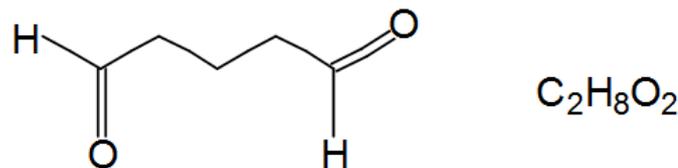
en el precurtido del wet-white. Muchos otros agentes curtientes fueron experimentados obteniéndose resultados menos favorables. Los taninos vegetales y sintéticos se mostraron menos eficaces en relación a las propiedades generales del wet-white con ellos obtenidos. Entre los demás aldehídos, el glioxal y el formaldehído han demostrado muchos límites (Schorlemmer, 2002).

En la producción del wet-white los trabajos que se consideran preliminares como son la ribera, el remojo y el pelambre se realizan con la misma modalidad que para la producción del wet-blue. El desencalado debe ser totalmente atravesado con el fin que el glutaraldehído pueda penetrar fácilmente en toda la sección de la piel. Los agentes desencalantes en base a sales de amonio evidencia un color amarillo en el cuero tratado con glutaraldehído, por tanto y sobre todo, si el cuero deberá ser teñido en tonos pasteles su empleo debe ser contenido en niveles aceptables. Por otra parte, el uso de desencalantes completamente libres de amonio implica la dificultad de desencalar en profundidad. Se sabe que los productos para la etapa de purga en base a enzimas contienen en sus mezclas una cierta cantidad de sales de amonio. En este sentido a fin de desencalar y rendir las pieles deben ser lavadas a fondo con el propósito de eliminar completamente los residuos de estas sales. La misma modalidad con que se desarrolla el piquelado tiene una influencia determinante en la penetración del glutaraldehído en la sección de la piel. El valor de pH debe ser inferior a 3 en toda la sección para que la distribución del precurtiente sea uniforme (Soler, 2008).

El glutaraldehído llega al comercio en solución acuosa al 25 y 50 por ciento dando lugar a una cierta mejora de la blandura del cuero. Sin embargo, no hace superflua un recurtición con productos convencionales, no es suficiente un tratamiento con glutaraldehído especialmente cuando se trata de cuero vacío y delgado o cuando se desee buena facilidad de grabado. Otorga al cuero un claro matiz amarillento, por lo que el producto no puede ser recomendado para blanco (Thorstensen, 2002).

### **2.7.1 QUIMICA DEL GLUTARALDEHIDO**

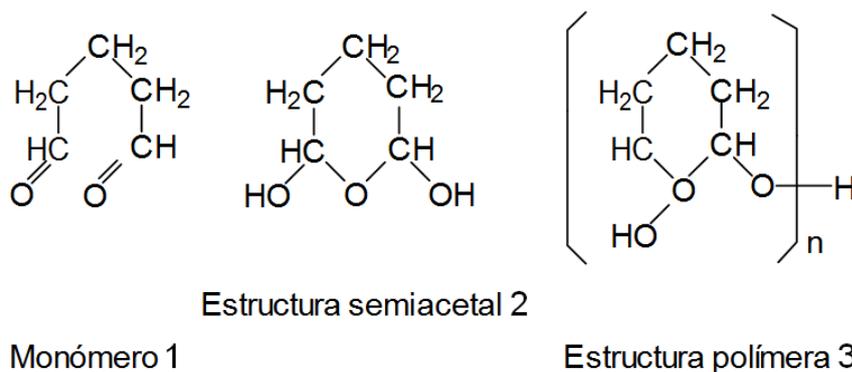
El glutaraldehído, aldehído glutárico o 1,5-pentanodial, es un compuesto que corresponde a la siguiente fórmula:



Fuente: INDIGO QUIMICA, 2010.

**Figura 4: Fórmula del Glutaraldehído**

En soluciones acuosas; sin embargo, el glutaraldehído no presenta esta estructura abierta sino que sufre diferentes modificaciones. Como monómero, el glutaraldehído adopta una estructura cíclica que se estabiliza con un puente de hidrógeno (Índigo Química, 2010).



Fuente: INDIGO QUIMICA, 2010.

**Figura 5: Estructura del glutaraldehído en soluciones acuosas**

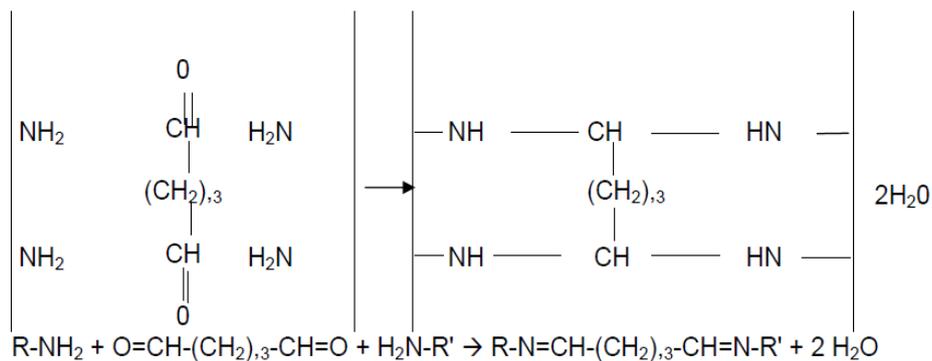
Las estructuras semiacetal 2 y 3 son las más probables. Respectivamente la estructura 2 resulta de la reacción de una molécula de agua con un glutaraldehído y corresponde a un hemiacetal; mientras que la 3 corresponde al producto formado por la auto polimerización del glutaraldehído. Esta propiedad de autoreacción se conoce desde hace tiempo. Disponemos ahora de una molécula con tres grupos funcionales, ideal para enlazar tres cadenas peptídicas al mismo tiempo (Índigo Química, 2010).

Comercialmente se presenta en soluciones del 25-50 por ciento de pH = 3-4. Es un líquido incoloro y transparente que puede envejecer volviéndose de color amarillento y formando un poco de precipitado. Su olor es picante y debe evitarse su contacto con piel y ojos. En las soluciones concentradas, el glutaraldehído se encuentra en forma de polímero formado por

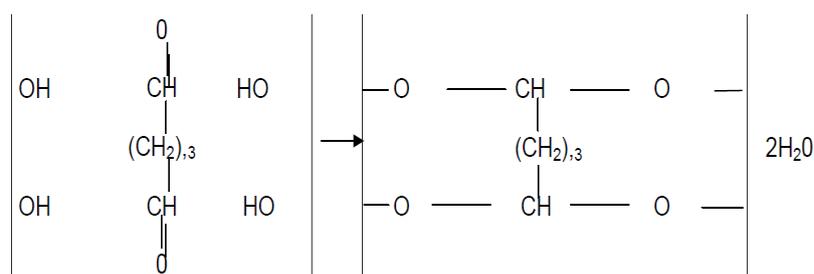
tres o cuatro monómeros (BASF, 1998). Sus reacciones que más interesan relacionadas con la curtición son:

- Con los derivados del fenol como los que están presentes en los curtientes vegetales y sintéticos. Con estos curtientes, el aldehído glutárico forma compuestos insolubles y por tanto es en principio incompatible y no se pueden usar los dos al mismo tiempo.
- La reacción con sí mismo. Es un proceso acelerado por: el calor, las concentraciones elevadas, los pH altos o que se produce simplemente debido a un largo período de almacenamiento. Se aprecia porque las soluciones acuosas de glutaraldehído se vuelven más amarillas y hay separación de polímeros insolubles.
- Con bisulfitos y sulfitos. Se producen unos precipitados que son muy difíciles de disolver y que pueden perjudicar el efecto curtiente. Ahora bien, empleados en pequeñas dosis en baños agotados y acompañados de un buen lavado van muy bien para eliminar los restos de glutaraldehído no fijado, que podrían formar manchas en la piel debido a sus cambios por oxidación.
- Con los grupos amino de la piel, hay dos posibilidades de reacción las cuales se ilustran en la figura 6.

Formula 1: Reacción química del glutaraldehído con el colágeno de la piel.



Formula 2: Reacción del glutaraldehído con los grupos hidroxil de la piel.



Fuente: Auquilla, 2012.

### Figura 6: Reacciones químicas del glutaraldehído con la piel

#### 2.7.2 UTILIZACIÓN DEL GLUTARALDEHIDO EN EL CURTIDO DE PIELES

Las aplicaciones más usuales del glutaraldehído son: curtición, recurtición, precurtición y crispación. En la primera influyen: el tiempo, la concentración de producto y el pH. La fijación de glutaraldehído en la piel se produce en un intervalo de pH de 2 a 9. La máxima temperatura de contracción se consigue a pH = 6. Cuando se llega a un medio neutro o ligeramente alcalino se fija más glutaraldehído, pero en forma polimérica y que sólo llena la piel, no la curte. Cuando el glutaraldehído es el único curtiente se usa aproximadamente una proporción del 12 por ciento de glutaraldehído del 25 por ciento para pieles ovinas y del 15 por ciento para pieles vacunas (Auquilla, 2012).

Si se usa conjuntamente con cromo las cantidades de glutaraldehído son inferiores. Se trabaja a pH = 4 y se puede añadir el glutaraldehído antes o al mismo tiempo que el cromo o bien 1 o 2 horas antes de añadir los neutralizantes en la neutralización. Se busca conseguir una buena resistencia a los lavados en seco y húmedo de la piel; así mismo se busca obtener un tacto blando y parecido al cromo. A su vez también se usa en ciertas curticiones como al aceite para gamuzas o al aluminio para blanco. El cuero curtido con glutaraldehído resiste bien la acción de los álcalis, son sólidos al lavado con jabón y detergentes en caliente, tienen una buena solidez al sudor y sus temperaturas de contracción llegan a 80-85°C. Con glutaraldehído tanto se puede recurtir cuero con curtición vegetal como cuero con curtición al cromo (Auquilla, 2012).

### **a. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

La alta eficiencia curtiende del glutaraldehído permite que si se utiliza también en la curtiembre principal, menos agentes curtiendes necesitan ser aplicados en esta curtiembre, además permite que los agentes curtiendes y engrasantes adicionados posteriormente se depositen de forma mucho más homogénea. El resultado final será que todas las pieles de la partida serán más blandas y más relajadas en su apariencia (INDIGO QUIMICA, 2010).

### **VENTAJAS DEL CUERO WET-WHITE**

Se requieren menos agentes curtiendes.

- Los curtiendes y desengrasantes se reparten mucho más homogéneamente.
- Todas las pieles tanto individualmente como en conjunto, se ven mucho más relajadas en su apariencia.
- Procesos mecánicos realizados más fácilmente (es posible pinzar en húmedo a 60-70°C).
- Mejor rendimiento de la piel.
- Pieles más blandas.
- Resistencias de la flor aceptables.

No hay deterioros significantes en la resistencia al estallido de flor si la concentración de glutaraldehído se mantiene bajo control.

### **DESVENTAJAS DEL CUERO WET-WHITE**

- Máxima temperatura de contracción 72-75 °C.
- Menor espesor que el cuero curtido con cromo trivalente.
- Utilización de productos libres sales de amonio para evitar que el cuero tenga un color amarillo.

### **b. PROPIEDADES FISICAS CONFERIDAS AL CUERO**

Además de poseer las ventajas ya mencionadas, el uso del glutaraldehído concede ciertas propiedades físicas al cuero (Sanmarco, 1998):

- Resistencia a la tracción.
- Resistencia al estallido de la flor.

- Resistencia al desgarro.
- Solidez a la luz.
- Solidez al frote.
- Resistencia al sudor.
- Resistencia a las flexiones.
- Estabilidad al calor.

## 2.8 EL CROMO

El cromo (Cr) es un elemento natural que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Pudiendo presentarse, con distintas valencias y en el ambiente, en varias formas (Córdova, 2014).

A continuación, en el cuadro 5 se muestra los compuestos de cromo según su estado de oxidación:

**Cuadro 5: Compuestos de cromo según su estado de oxidación**

Compuesto	Fórmula	Estado de oxidación
Oxido cromoso	CrO	2 <sup>+</sup>
Hidróxido cromoso	Cr(OH) <sub>2</sub>	2 <sup>+</sup>
Tetróxido crómico	CrO <sub>2</sub>	4 <sup>+</sup>
Pentóxido crómico	CrO <sub>3</sub>	5 <sup>+</sup>
Oxido crómico	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 <sup>+</sup>
Hidróxido crómico	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> xH <sub>2</sub> O	3 <sup>+</sup>
Cromitas	(Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	3 <sup>+</sup>
Anhídrido crómico	CrO <sub>3</sub>	6 <sup>+</sup>
Cromatos	(CrO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> y (Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>2-</sup>	6 <sup>+</sup>

Fuente: Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004

Es un elemento común y ocupa el lugar 21 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Su símbolo químico es “Cr”, su número atómico es 24, pertenece al grupo VI B de la tabla periódica, su masa atómica es 51.996, su punto de fusión es de 1857°C, el de ebullición es de 2672°C y su densidad es de 7,14 g/cm<sup>3</sup>. Los estados de oxidación más

estables son trivalente y el hexavalente. El cromo trivalente es la forma con más estabilidad química, ya que requiere una energía considerable para convertirlo en otros estados de oxidación más bajos o más altos (Córdova, 2014).

El cromo y sus compuestos por sus características químicas y por los beneficios que brinda en la elaboración de múltiples productos, son ampliamente utilizados en diversos procesos industriales, tales como: curtiembre, la industria del cemento, pintura y tintes de cromo, producción de aceros y otras aleaciones metálicas entre otros (Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004; Barsoum, Eid, Fahim, & Khalil, 2006).

El cromo hexavalente es peligroso para la salud, su ingestión provoca trastornos tales como: úlceras estomacales, convulsiones, daños al hígado y al riñón o úlceras en la piel si el contacto es externo. Toda esta fenomenología se produce debido a que el cromo busca su forma estable cromo trivalente, por lo que a nivel intracelular se producen reacciones que lo llevan de la forma hexavalente a la forma trivalente con el consiguiente perjuicio a la salud (Cado, 1996).

### **2.8.1 REACCIONES DE ÓXIDO – REDUCCIÓN DEL CROMO**

La reacción de reducción del cromo hexavalente al cromo trivalente se da mediante especies tales como sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito. La reacción de oxidación de los compuestos de cromo trivalente con oxidante el oxígeno del aire (por estar en contacto), en disposición naturales, es imposible. (Cado, 1996; Huamaní, 2011)

El cromo trivalente puede ser oxidado a cromo hexavalente por oxidantes químicos y éste puede volver a ser reducido cromo trivalente por reductores que están presentes en aceites y agua, como por ejemplo Óxidos de Manganeso y/o hierro divalente, materia orgánica y sulfuros (Sánchez *et al.*, 2009).

Esta especie de cromo es conocida por inducir deleciones y cortes en la cadena de ADN a través de radicales hidroxilos por la vía de Fenton. Se ha comprobado que puede formar aductos e interactuar con biomoléculas en el interior celular, también puede someterse a la reducción/oxidación y lograr cambios en la estructura y función de biomoléculas e interferir en el proceso metabólico (Raja y Unni, 2008).

### **2.8.2 BIODISPONIBILIDAD DEL CROMO**

La biodisponibilidad del cromo no ha sido muy estudiada; sin embargo, influye la solubilidad de los compuestos y la capacidad de formar complejos de los derivados de cromo trivalente, los que pueden ser más o menos solubles que el compuesto original.

Se conoce que, aunque la absorción de cromo hexavalente es más rápida, una vez en los organismos, el cromo se reduce a su forma más estable, trivalente, la cual predomina (Albert, 1995).

### **2.8.3 BIOACUMULACIÓN DEL CROMO**

En los ecosistemas acuáticos, el cromo hexavalente se encuentra principalmente en forma soluble que puede ser lo suficientemente estable como para ser transportado por el agua. Sin embargo, éste finalmente se convierte en cromo trivalente mediante la reducción de especie tales como las sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito. Por lo general, esta forma trivalente no migra de manera significativa, sino que precipita rápidamente y se absorbe en partículas en suspensión y sedimentos del fondo. Se ha comprobado que se acumulan en muchas especies acuáticas especialmente en peces que se alimentan del fondo, como el bagre (*Ictalurus nebulosus*), en los bivalvos, como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón azul (*Mytilus edulis*) y la almeja de caparazón blando (Chávez, 2010).

### **2.8.4 TOXICIDAD DEL CROMO**

Las principales vías de absorción del cromo y sus compuestos en el organismo, son la ingestión, el contacto dérmico y la inhalación. Para el caso de los trabajadores, las más importantes vías son la inhalación y el contacto dérmico; mientras que para la población en general, la vía más importante es la ingestión (Córdova, 2014).

### **2.8.5 VÍAS DE ENTRADA**

Los compuestos de cromo se presentan de diversas formas: líquidos, sólidos, aerosoles líquidos, aerosoles sólidos y vapores; de estos depende la vía de entrada (Martínez, 2003).

### **a. VÍA RESPIRATORIA**

Es la vía más importante en el caso de personas expuestas laboralmente, ya que en este medio predominan los vapores, aerosoles y polvos de cromo (Martínez, 2003).

### **b. VÍA DIGESTIVA**

Es una vía secundaria, pero importante en caso de ingestión accidental en seres humanos y en caso de ingestión inevitable en la fauna acuática (Martínez, 2003).

### **c. VÍA CUTÁNEA**

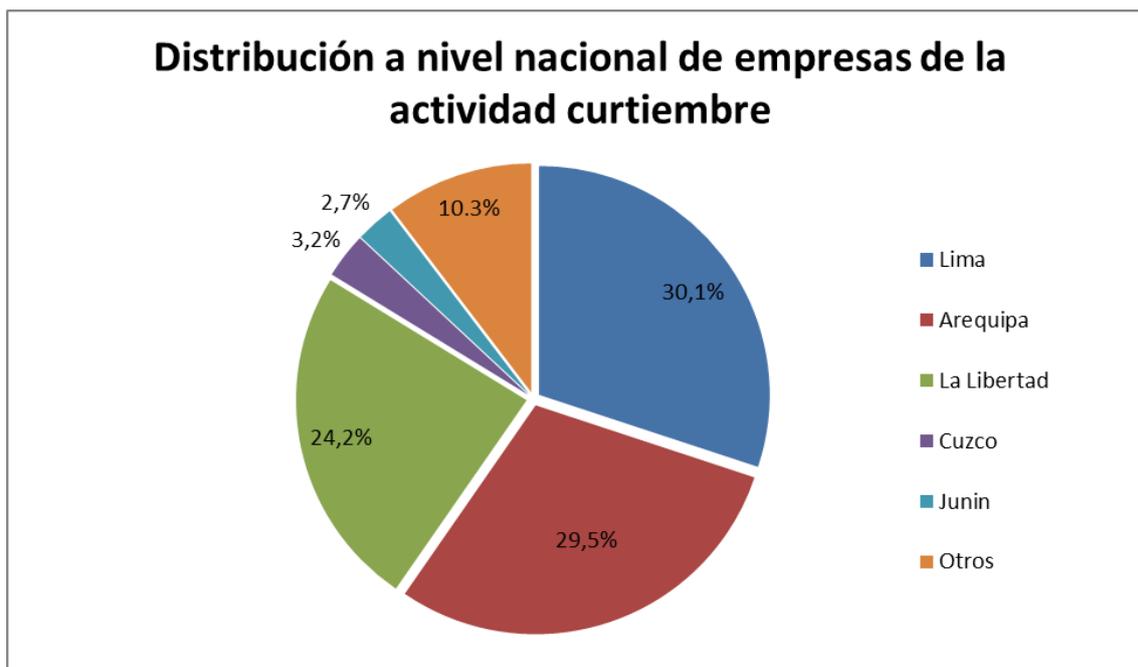
Esta vía es importante en caso de seres humanos que están en contacto con compuestos de cromo por medio de la piel y las mucosas (nasal y de los ojos) así como en el caso de los organismos acuáticos (Martínez, 2003).

No existe uniformidad de criterios para determinar cuáles son las concentraciones “normales” de cromo en cada individuo; sin embargo, lo que sí se sabe es que los organismos expuestos al cromo tienen concentraciones más altas que los no expuestos y que estas concentraciones persisten en ellos muchos años después de que la exposición ha cesado. Normalmente, el cromo en concentraciones naturales, se deposita en piel, pulmones, músculos y grasa de mamíferos superiores pero, cuando se encuentra en cantidades superiores y/o por largo tiempo, se acumulan en hígado, bazo, espina dorsal, cabello, uñas y placenta (Martínez, 2003).

## **2.9 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD CURTIEMBRE EN EL PERÚ**

### **2.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD CURTIEMBRE EN EL PERÚ**

Según el Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales, 2002; las empresas registradas para la actividad curtiembre a nivel nacional sumaban 438. De las cuales el 89,2 por ciento corresponden a microempresas; 5,1 por ciento a pequeñas empresas; 4,0 por ciento a medianas empresas y finalmente, 1,7 por ciento corresponde a empresas grandes (Córdova, 2014).



Fuente: Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales, 2002.

**Figura 7: Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre**

En la actualidad se estima que el departamento de Arequipa posee el 40 por ciento de la distribución nacional, mientras que los departamentos de la Libertad y Lima 30 por ciento respectivamente (Bazán y Vargas, 2012).

## 2.9.2 MERCADO DE LA ACTIVIDAD CURTIEMBRE

El Perú es deficitario en pieles de vacuno, por lo que en una situación económica normal se requeriría importar una considerable cantidad de pieles. La industria peruana de curtido procesa en mayor volumen pieles de vacuno y en menor cantidad pieles de caprino y ovino (Sociedad Nacional de Industria (2005), citado por Mestanza, 2005).

- **EXPORTACIONES DE CUERO:** Las exportaciones por la industria del cuero (cueros y sus manufacturas) en los años 2010 y 2011, registraron en promedio una importante tasa de crecimiento de 39,5 por ciento en términos de valores; el cual se debió a una mayor demanda de cueros y pieles curtidos, de bovino y ovino de los países de España, China, Ecuador y Venezuela (Ministerio de la Producción, 2014). Es así que, en el 2011 las exportaciones de cuero registraron 29,6 millones de US\$-FOB. No obstante, para el periodo acumulado de enero a noviembre 2012, la

industria del cuero ha registrado un monto de 26,9 millones de US\$-FOB, el cual ha significado una ligera caída de 0,6 por ciento asociado a una reducción en los pedidos de productos de cuero provenientes de España, India y Portugal (Ministerio de la Producción, 2014).

#### – **IMPORTACIONES DE CUERO**

Las importaciones por la industria del cuero (cueros y sus manufacturas) registraron un importante crecimiento durante el periodo 2005 – 2012, con excepción del 2009 que se contrajo debido a una menor demanda local influenciado por la crisis internacional (Ministerio de la Producción, 2014).

En el 2012, las importaciones de la industria del cuero registraron un monto de 115,5 millones de US\$-CIF, lo cual significó un incremento de 103,3 por ciento con relación al año anterior, debiéndose a un aumento en las compras de bolsos de mano, estuches, bolsas de materia textil, maletas y maletines provenientes principalmente de China (76,2 por ciento) y en menor medida India (4,8 por ciento), los cuales en su conjunto concentraron el 81,0 por ciento del monto total importado (Ministerio de la Producción, 2014).

#### – **DEMANDA DE CUERO**

Aunque no se cuentan con cifras sobre la demanda de cuero procesado por parte de la industria nacional, se sabe que la pieza cruda, proveída por los camales del país, ahora es exportada, lo que genera que el insumo escasee en el Perú. La Cámara de Curtiembres del Perú (Cacurpe) en un reciente estudio ratificó el desabastecimiento nacional. En 2014 se retiraron del mercado interno 350 mil unidades de pieles que equivalen a 4 mil 764 toneladas en piel ovina y vacuna en todas sus variedades (crudo, piquelado, wet-blue y crust). Esto representa el 30 por ciento de la producción nacional (Mamani, 2015).

### **2.9.3 PROBLEMÁTICA EN EL PERÚ**

Existen diversos problemas que enmarcan la actividad curtiembre a nivel nacional, caracterizando a la actividad curtiembre como una industria en crisis debido a fuerzas interna e externas. El primer grupo, es caracterizado por la formación de PYMES, donde prevalece la informalidad, algunas fuentes estiman que las curtiembres formales producen hasta el 50 por ciento del cuero que se produce en el país; el uso de tecnologías obsoletas; la ubicación de las empresas, debido a que no existe una zonificación destinada para esta industria, en muchos casos estas están ubicadas en zonas residenciales; la falta de capacitación del personal responsable de la curtición de pieles, la baja calidad del producto y déficit en el abastecimiento de pieles). Mientras que en el segundo grupo, fuerza externa, es caracterizado por la importación formal e informal de cueros y la baja calidad del cuero que dificulta el cumplimiento de estándares internacionales para su exportación. Asimismo, se menciona que muchas curtiembres que eran formales han cerrado, y los operarios y empleados que laboran en formalidad han reaparecido con curtiembre informales; muchas curtiembre, inclusive, alquilan sus servicios a curtidores informales como un medio para generar ingresos (Gagnet, Miller, y Worden. 1999)

La contaminación es perjudicial, no sola a la salud humana y al ambiente sino que, además, la polución representa el producto perdido que resulta en la baja eficiencia y competitividad para el sub-sector industrial. Sin embargo, ninguna curtiembre es lo suficientemente grande para justificar la implementación de su sistema eficiente de tratamiento de efluentes líquidos, con el cual se podría alcanzar los valores máximos admisibles estipulados en la normativa nacional; a lo cual ninguna entidad reguladora gubernamental podría identificar, alcanzar y controlar un proceso tan fácilmente escondido como la curtiembre informal (Córdova, 2014).

### **2.10 LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELACIONADA AL SUBSECTOR CURTIEMBRE**

El Derecho Ambiental es una categoría de legislación avocada a regular asuntos ambientales. En el Perú el derecho a un ambiente adecuado y equilibrado para el desarrollo de la vida se encuentra recogido como un derecho fundamental en el numeral 22 del Artículo 2 de la Constitución Política. Asimismo, la Ley N° 28611 – “Ley General del Ambiente”, califica a este derecho como irrenunciable y señala que viene aparejado con el deber de conservar el ambiente (MINAM, 2009).

De acuerdo con el Decreto Legislativo N° 613, “Código del Medio Ambiente y los recursos naturales” y el Decreto Legislativo N° 757, “Ley Marco Para el Crecimiento de la Inversión Privada” y sus normas modificatorias y conexas, corresponde al Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales (MITINCI), hoy Ministerio de la Producción (PRODUCE) dictar las normas reglamentarias para regular de manera específica el control ambiental de las actividades productivas bajo su ámbito de competencia.

Mediante la ley N° 17752, 1969 Art 143° - “Ley general de aguas, se establece que los desagües y efluentes provenientes de la industria”, deberán ser evacuados preferentemente en redes o canales especialmente contruidos para estos fines, permitiéndose hacerlo en las redes y alcantarillado de las poblaciones, solamente previo los tratamientos requeridos para evitar el deterioro de dichas redes.

Así mismo el Decreto Supremo N° 019-97 ITINCI – “Reglamento de protección ambiental para el desarrollo de actividades de la industria manufacturera”, establece las pautas y obligaciones que deben cumplir las empresas industriales manufactureras del país; incluyendo dentro de ella un conjunto de instrumentos de gestión ambiental. Se prioriza la regulación de prácticas e instrumentos de prevención y evaluación ambiental para afianzar el desarrollo sostenible del sector Industrial.

El artículo 9 de la norma D.S. N° 003-2011- Vivienda, prohíbe totalmente la descarga directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado de aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidades causen por si solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconvenientes en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el reglamento de la presente norma (MVCS, 2013).

El Decreto Supremo N°003-2002-Produce-“Límites máximos permisibles y valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel”. En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para este parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de este LMP.

En curso, se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando. Nueva, se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo

**Cuadro 6. Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad de curtiembre**

Parámetros	Curtiembre	
	En Curso	Nueva
PH		6 – 9
Temperatura (°C)	35	35
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)		500
Aceites y Grasas (mg/l)	100	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)		500
DQO (mg/l)		1500
Sulfuros (mg/l)		3
Cromo VI (mg/l)		0.4
Cromo Total (mg/l)		2
N – NH <sub>4</sub> (mg/l)		30
Coliformes Fecales, NMP/100 ml		

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE

## **2.11. CALIDAD DE CUEROS DE ALPACA**

### **2.11.1 ESPESOR**

El espesor de la piel de alpaca presenta diferencias significativas entre zonas, de tal forma que el espesor promedio del cuello 5.12 mm, supera al del crupón 2.00 mm. (Gómez, 1994).

Los valores promedio de espesor obtenidos en cueros wet-blue de alpaca, para la zona del crupón fue de 2.21 mm y el de la falda fue de 1.27 mm, según estos resultados obtenidos por Jiménez (1998), se puede apreciar que la zona de la falda tiene un menor espesor que la zona del crupón.

Según reportes de Doria (2005), se obtuvieron cueros wet-blue de 1.18 y 1.23 mm de espesor en el crupón, las cuales fueron registradas para pruebas de resistencia a la tracción con porcentaje de elongación y para la prueba de resistencia al desgarro.

### **2.11.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Los resultados obtenidos por Doria (2005) en cueros napa para vestimenta wet-blue de alpaca en los laboratorios de CITEccal fueron de más de 50,000 flexiones sin daño aparente, tanto en la zona del cuello como en la zona del crupón. Estos resultados también se obtuvieron en las investigaciones de Gómez (1994), López (1997) y Jiménez (1998). Por lo que se corrobora que el cuero wet-blue de alpaca es ideal para la elaboración de vestimenta, calzado y tapicería.

Según las especificaciones de la “NTP 241.001: 2014. Calzado escolar. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado escolar con forro debe tener, un valor de resistencia a la flexión mayor o igual a 30 000 ciclos sin daño apreciable.

Según las especificaciones de la “NTP 241.023: 2014. Calzado casual. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado casual debe tener, un valor de resistencia a la flexión mayor o igual a 30 000 ciclos sin daño apreciable.

Según las especificaciones de la “NTP 241.021: 2015. Calzado caballero. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de caballero debe tener, un valor de resistencia a la flexión mayor o igual a 20 000 ciclos sin daño apreciable.

Según las especificaciones de la “NTP 241.022: 2015. Calzado dama. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de dama debe tener, un valor de resistencia a la flexión mayor o igual a 20 000 ciclos sin daño apreciable.

### **2.11.3 RESISTENCIA AL DESGARRO**

Se ha reportado valores de resistencia al desgarro para cuero wet-blue de alpaca de 64 N en la zona del crupón y de 35 N en la zona del cuello, en la investigación de Doria (2005). En tesis anteriores a esta no se ha realizado prueba alguna de esta resistencia en cueros de alpaca.

Según las especificaciones de la “NTP 241.001: 2014. Calzado escolar. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado escolar con forro debe tener, un valor de resistencia al desgarro mayor o igual a 35 N.

Según las especificaciones de la “NTP 241.023: 2014. Calzado casual. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado casual sin forro debe tener, un valor de resistencia al desgarro mayor o igual a 100 N y el cuero para calzado casual con forro debe tener, un valor de resistencia al desgarro mayor o igual a 70 N.

Según las especificaciones de la “NTP 241.021: 2015. Calzado caballero. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de caballero debe tener, un valor de resistencia al desgarro mayor o igual a 40 N.

Según las especificaciones de la “NTP 241.022: 2015. Calzado dama. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de dama debe tener, un valor de resistencia al desgarro mayor o igual a 40 N.

### **2.11.4 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

Los valores obtenidos en la investigación de Doria (2005) para esta prueba fueron de 17 N/mm<sup>2</sup> en la zona de crupón del cuero wet-blue de alpaca. Estudios anteriores en cuero wet-blue de alpacas, Gómez (1994) indica una resistencia a la tracción de 23.77 a 19.34 N/mm<sup>2</sup> en la zona del crupón para un curtido al cromo de 6 y 8 por ciento respectivamente. López (1997) obtuvo promedios variables en el crupón de 11.81 a 15.24 N/mm<sup>2</sup>, siendo su mejor resultado el tratamiento de 3 días de encalado con 4 por ciento de cal.

Según las especificaciones de la “NTP 241.021: 2015. Calzado caballero. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de caballero debe tener, un valor de resistencia a la tracción mayor o igual a 15.0 N/mm<sup>2</sup>.

Según las especificaciones de la “NTP 241.022: 2015. Calzado dama. Requisitos y métodos de ensayo”, el cuero para calzado de dama debe tener, un valor de resistencia a la tracción mayor o igual a 15.0 N/mm<sup>2</sup>.

### **2.11.5 RESISTENCIA A LA RUPTURA DE FLOR**

No hay valores registrados en trabajos de investigación anteriores sobre el ensayo de ruptura de flor en cuero de alpaca para hacer las comparaciones correspondientes. Las directrices de calidad para el empeine de calzado, especifican el cumplimiento mínimo de 7mm (Monsalve, 2009).

### **2.11.6 TEMPERATURA DE CONTRACCIÓN**

El cuero de alpaca está en el límite aceptable de tolerar altas temperaturas (90 °C), correspondiendo la máxima temperatura de contracción (100°C) al cuero semiprocesado de ovino (Gómez, 1994).

Se ha reportado en la investigación de Gómez (1994), valores de temperatura de contracción en cueros wet-blue de alpaca de 95 y 90°C a los niveles de cromo de 6 y 8 por ciento respectivamente. Por otro lado, se puede observar que los valores obtenidos son muy cercanos a los reportados por López (1997), quien encontró para la piel de alpaca encalada por siete días y con 6 por ciento de cal, una temperatura promedio de contracción de 99.25°C.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN**

La fase experimental de la presente investigación se realizó en el Taller de Curtido de Pieles y Cueros del Departamento de Producción Animal perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM.

Las etapas de descarnado y rebajado se realizaron en las instalaciones de la empresa Industria Peletera Peruana S.A (IPEPESA), ubicado en el distrito de Ate Vitarte, Lima.

Las pruebas físicas de: espesor, resistencia a la flexión, resistencia al desgarro, resistencia a la tracción, ruptura de flor y temperatura de contracción; se realizaron en los laboratorios del Centro de Investigación de Tecnología del Cuero, Calzado e Industrias Conexas (CITEccal), ubicado en la Av. Caquetá N° 1300 del distrito del Rímac. El análisis del efluente de la operación de curtido se realizó en el Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego-UNALM. El tiempo empleado desde la conservación de las pieles hasta el último control de calidad de los cueros fue de quince meses.

La parte experimental tuvo una duración de quince meses desde la conservación de las pieles hasta el último control de calidad de los cueros se realizó en tres periodos. El primero constituye la etapa de conservación hasta el inicio de la etapa de ribera, del 18 de octubre al 10 de marzo del 2016. El siguiente periodo constituye la etapa de ribera hasta curtido incluyendo el análisis de efluente de curtido, del 10 al 15 de marzo del 2016 y, por último, se realizó las etapas de recurtido hasta acabado, del 3 al 11 de mayo del 2016.incluyendo las pruebas de control de calidad del cuero en el mes de diciembre del 2016.

### **3.2 PROCEDENCIA Y CANTIDAD DE MATERIA PRIMA**

Se utilizó 30 pieles de alpaca huacaya adulta, en estado de conservación seco salado, proveniente de la empresa asociativa SAIS PACHACUTEC S.A.C, situada en Corpacancha, Junín, los cuales fueron distribuidos al azar en dos (2) tratamientos con quince (15) repeticiones, teniendo así treinta (30) unidades experimentales (pieles).

### **3.3 EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **3.3.1 EQUIPOS**

- Botal
- Terma
- Descarnadora
- Rebajadora
- Balanza
- Compresora
- Soplete
- Calibrador de espesor

### 3.3.2 MATERIALES

**Cuadro 7: Productos químicos utilizados durante la parte experimental**

<b>Productos químicos utilizados en el curtido wet-blue</b>	<b>Productos químicos utilizados en el curtido wet-white</b>
Eusapon OC	Eusapon OC
Smart wet	Smart wet
Mollescal LND	Mollescal LND
Mollescal PA	Mollescal PA
Smart lime	Smart lime
Taurolime 2E	Taurolime 2E
Cal	Cal
Sulfuro de sodio	Sulfuro de sodio
Desenclante DC	Desenclante DC
Smart oil PSA	Smart oil PSA
Smart oil FS	Smart oil FS
Macerante 1500	Macerante 1500
Sal	Sal
Ácido fórmico	Ácido fórmico
Sulfato de Cromo	Relugan GT- 50
Bicarbonato	Bicarbonato
Anilina negra	Anilina beige
Tamol NNOL	Tamol NNOL
Taurotan CM-35	Taurotan CM-35
Pigmento negro plus	Pigmento blanco
Laca	Pigmento pardo claro
Verde bromocresol	Pigmento ocre
Fenolftaleína	Laca
	Verde bromocresol
	Fenolftaleína

### 3.4 TRATAMIENTOS

Para la presente investigación se evaluaron dos (02) métodos de curtido, uno de los cuales correspondió al curtido con sales de cromo (wet-blue) y el otro a un curtido con glutaraldehído (wet-white). Las pieles fueron tratadas en el mismo botal hasta la etapa de piquelado, luego se asignó completamente al azar un total de quince (15) pieles de alpaca a cada método de curtido. A continuación se detallan los tratamientos:

- Tratamiento 1: Piel de alpaca curtido y recurtido con cromo.
- Tratamiento 2: Piel de alpaca curtido con glutaraldehído y con recurtido con glutaraldehído.

### 3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar los dos métodos de curtido (wet-white y wet-blue); las evaluaciones estadísticas de las características tecnológicas de las variables utilizaron el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mathbf{u} + \mathbf{T}_i + \mathbf{E}_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta correspondiente a la j-ésima repetición (piel de alpaca), bajo el efecto del i-ésimo tratamiento (método de curtido: wet-white y wet-blue)

$\mathbf{u}$  = Efecto de la media general.

$\mathbf{T}_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento (método de curtido: wet-white y wet-blue).

$\mathbf{E}_{ij}$  = Error experimental

Para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de significación de Duncan a un nivel de significancia del 0.05.

### 3.5.2 PROCESO DE CONSERVACIÓN

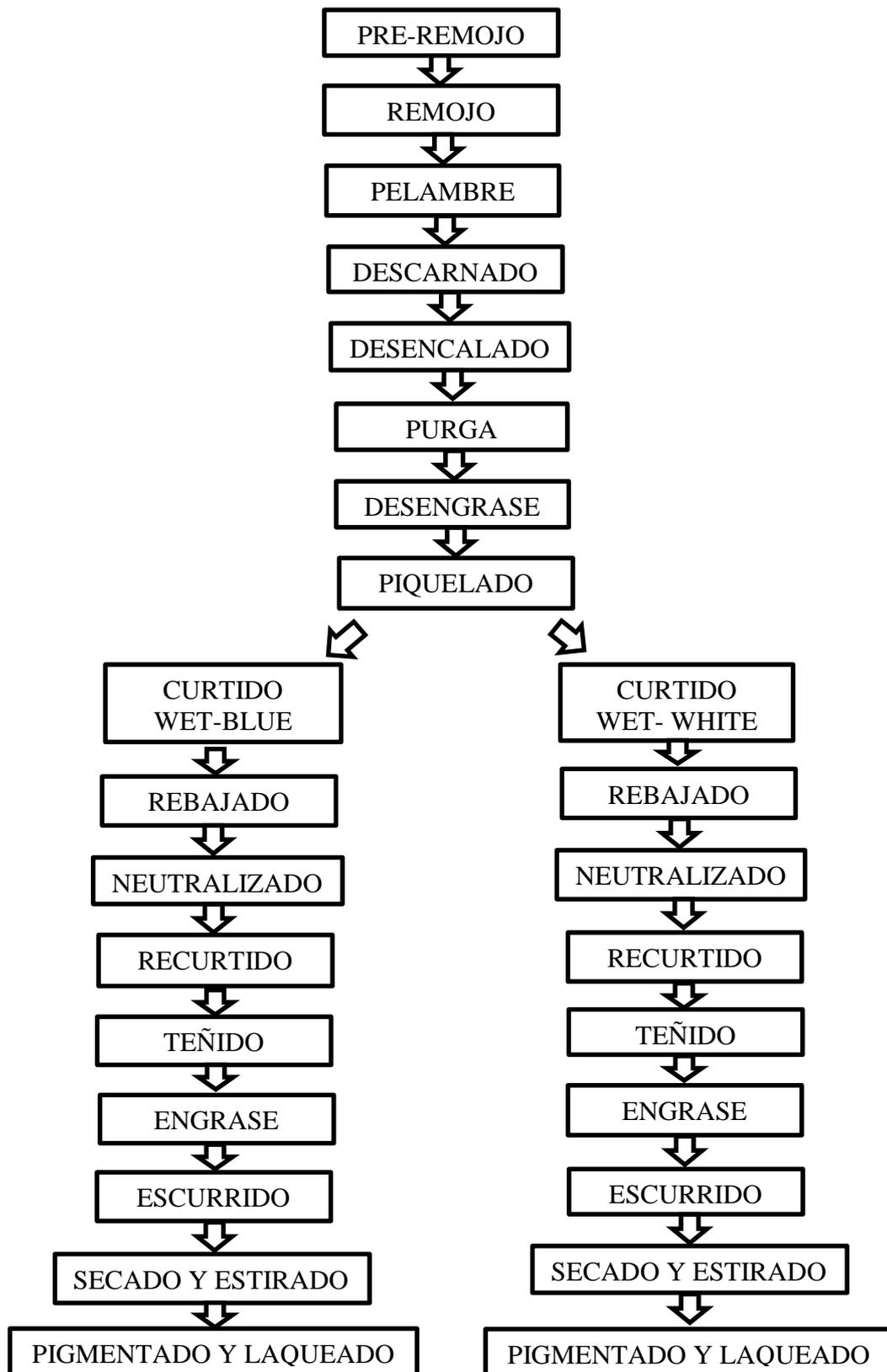
Debido a que las pieles fueron obtenidas con un mes de anticipación al inicio de los procesos, se procedió a salar nuevamente las pieles, para lo cual se utilizó sal industrial en un porcentaje de 30 por ciento de sal sobre el peso de la piel para evitar la proliferación de bacterias. Posteriormente, fueron colgadas en un cordel de madera para evitar su contacto con el piso y la deshidratación de la piel sea correcta, además de estar en un ambiente fresco y bajo sombra para evitar el contacto con los rayos solares.

### 3.5.3 CONTROL DEL PESO DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

El control de peso de las pieles se realizó en cuatro momentos (Cuadro 8). El primero fue antes de iniciar el proceso de ribera, al estado seco-salado. Previo a ello, las pieles fueron sacudidas para retirar el exceso de sal. El peso inicial de las 30 pieles fue de 76.32 Kg. El segundo control de peso se realizó después del recorte de la zona de los cuellos y las patas, se obtuvo un peso de 49.22 Kg. El tercero se realizó durante el proceso de ribera, después del descarnado en la piel al estado tripa obteniéndose un peso de 51.7 kg. y el último pesaje de las pieles se realizó después de la operación de rebajado, el peso obtenido por las pieles curtidas al estado wet-blue fue de 12.32 kg y las pieles curtidas al estado wet-white fue de 11.7 kg.

**Cuadro 8: Pesos de las pieles y cueros de alpaca en diferentes estados**

<b>Estado</b>	<b>Peso promedio (Kg)</b>	<b>%</b>	<b>Peso total (kg)</b>
<b>Pieles de alpaca</b>			
Seco-salado	2.54	100	76.32
Piel recortada	1.64	64.57	49.22
Piel tripa	1.72	67.72	51.7
<b>Cueros rebajados de alpaca</b>			
Wet-blue	0.82	32.28	12.3
Wet-white	0.78	30.71	11.7



Fuente: Modificado de Gómez, 2016.

**Figura 8: Etapas y procesos involucrados en el procesamiento de las pieles de alpaca**

### **3.5.4 PROCESO DE RIBERA Y CURTIDO PARA CAPELLADA**

Durante todo el proceso de ribera las treinta (30) pieles que conforman los dos tratamientos fueron procesadas al mismo tiempo en un mismo botal, el cual incluye las operaciones de: remojo, pelambre, descarnado, desencalado, purga, desengrase y piquelado, en esta última operación de piquelado las pieles son asignadas en dos grupos de quince (15) pieles escogidas completamente al azar, el primer grupo fue curtido con glutaraldehído y el segundo grupo con cromo. Los productos químicos y el agua utilizada se encuentran en función al peso total de las pieles.

Antes de iniciar el pre-remojo o lavado, las pieles fueron pesadas debido a que los productos químicos son usados en base al peso total de las treinta (30) pieles de alpaca, las pieles se encontraban en el estado, seco salado recortadas, pesando 49.22 kg.

#### **a. Pre-remojo**

Durante este proceso se buscó iniciar con el reblandecimiento de las pieles con el objetivo de devolver a las pieles conservadas a su estado natural, además de iniciar la limpieza de las pieles, para ello se llenó el botal con agua al 300 por ciento del peso de las pieles, a temperatura ambiente (25°C) y se utilizó un producto humectante (Eusapon® OC) al finalizar el proceso se midió la densidad del baño (o solución) en grados Baumé, lo que nos dio el grado de suciedad, sal y restos orgánicos que contiene la solución (°Bé = 5).

Al finalizar el proceso se obtuvieron pieles un poco limpias y con características al tacto poco suaves y flexibles



**Figura 9: Pieles saladas con productos de pre-remojo en rotación dentro del botal**

#### **b. Remojo**

Durante este proceso se buscó el reblandecimiento completo de las pieles con el propósito de devolver a los cueros conservados a su estado natural, además de limpiar las pieles y eliminar algunos constituyentes no deseables (albuminas y proteínas solubles), para ello se llenó el botal con agua al 150 por ciento del peso de las pieles, a temperatura ambiente (25°C) y se utilizaron productos tales como: detergente, humectante, emulsionante y bactericida; al finalizar el proceso se midió la densidad del baño (o solución) en grados Baumé, la cual fue igual a 2, esto debido a la suciedad de las pieles y la sal presente. El pH encontrado fue de 8.5 durante el remojo.

Al final de la operación de remojo se obtuvieron pieles: limpias, flexibles, hidratadas, con apariencia más blanda y con parte de sus proteínas eliminadas.



**Figura 10: Piel limpia, hidratada y con apariencia más blanda obtenidas al final del proceso de remojo.**

### **c. Pelambre**

La realización del pelambre tiene como objetivos el separar del corium, la epidermis y el pelo o fibra y producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno. Durante el pelambre se utilizaron productos como el sulfuro de sodio, cal, enzima sintética, desengrasante y humectante los cuales fueron agregados por partes. Se verifico periódicamente la soltura de fibra y se dejó reposar las pieles con los productos en el baño durante toda la noche en el botal.

Al final se contó con pieles totalmente depiladas, ligeramente hinchadas, con una parcial saponificación de grasas naturales de la piel, hidrólisis del colágeno y el desdoblamiento de las fibras en fibrillas.



**Figura 11: Pieles totalmente depiladas y ligeramente hinchadas obtenidas al final del proceso de pelambre**

**d. Descarnado**

Esta operación se realizó con una maquina descarnadora, la cual retira el exceso de carne y grasa en el lado carne obteniéndose pieles denominadas “tripa”. Luego del descarne se obtuvieron pieles totalmente limpias de grasa y carne. Se dejaron las 30 pieles reposando durante toda una noche en un baño alcalino que consta de: 200 por ciento agua y 0.5 por ciento cal.

Las pieles fueron pesadas obteniendo 51.7 kg, siendo este el peso con el cual se calculó el peso de los productos químicos que se utilizaron en las posteriores operaciones de: desencalado, purga, desengrase, piquelado y curtido.



**Figura 12: Pielas peladas durante el descarnado**

#### **e. Desencalado**

Durante este proceso se buscó la solubilización del hidróxido de calcio absorbido y la preparación de la piel para el rendido llevando a la piel al pH deseado de 8-9, para ello se utilizaron los siguientes productos: Desencalante sintético y un humectante. Antes de iniciar el desencalado se lavaron las pieles que reposaron en el baño alcalino, luego se midió el pH del baño, el cual debía estar en pH 8.5 ya que en los procesos posteriores, los productos actúan en un pH por encima de 8.

Se retiró una piel para realizarle un corte a la altura del anca y verificar el pH de la piel agregando fenolftaleína (indicador del desencalado). Al agregar la fenolftaleína la piel no cambio de color por lo que se comprobó que las pieles fueron bien desencaladas.

Al final del proceso se obtuvieron pieles libres de cal y con un pH de 8.5 óptimo para que los productos puedan actuar sobre la piel durante la purga.

#### **f. Purga**

Durante la purga se buscó eliminar de la piel los componentes proteínicos no susceptibles de curtición mediante una acción enzimática. Esta operación se efectuó en el mismo baño de desencalado utilizando un producto en base a una enzima pancreática selectiva con propiedades específicas en el proceso de rendido de las pieles, después se comprobó la abertura de los poros realizando la prueba de permeabilidad del aire: estirando las pieles, haciendo un globo y presionando la piel.

Al final se obtuvieron pieles limpias con buena abertura de poros las cuales facilitarían el ingreso de los productos químicos durante el posterior proceso de piquelado.



**Figura 13: Piel al final del proceso de purga**

#### **g. Desengrase**

La grasa de la piel impide un buen curtido, por ese motivo los restos de grasa deben de ser profundamente eliminados o minimizarlos, para lograr este objetivo al inicio del desengrase solo se incorporó un desengrasante biodegradable sin agua, después se agregó agua a 35 °C de temperatura.

Al final del desengrase se obtuvieron pieles desengrasadas, limpias y listas para el posterior proceso de picle.



**Figura 14: Pieles durante el proceso de desengrase en rotación dentro del botal**

#### **h. Piquelado**

El piquel tiene como objetivo el acondicionar las pieles para el curtido, así como interrumpir la acción de las enzimas sobre el colágeno y esto se realizó utilizando los siguientes productos: sal industrial, fungicida. Además, se preparó el ácido fórmico al 2.4 por ciento. y fue diluido en agua en la proporción 1 L de ácido fórmico en 10 L de agua a 25 °C. Se adicionó en dos partes en un lapso de media hora y se dejó rotando el bombo por 3 horas. Al término de la rotación, se midió el pH, obteniéndose un pH de 3, quedando las pieles listas para el curtido.

#### **i. Curtido**

Después de culminado el proceso de piquelado las pieles fueron divididas en dos grupos de 15 pieles cada uno. Se separaron y dejaron reposar toda la noche en el mismo baño del piquelado. El primer grupo se curtió con sales de cromo (wet-blue) y el segundo se curtió con glutaraldehído (wet-white).



**Figura 15: Grupos con pieles en baño de pickle**

#### **Curtido con Cromo (wet-blue)**

Durante este proceso se usó la mitad del baño del piquelado y 8 por ciento de sulfato básico de cromo (cromo trivalente), dividido en dos partes. Después del curtido se procedió a basificar. Para ello se usó el mismo baño del curtido, agregando bicarbonato dividido en cuatro (4) partes, con un lapso de 15 minutos cada uno, finalmente se midió el pH del baño que fue de 3.8, además de realizar un corte en el cuero, observándose que el cromo había atravesado el cuero y al agregar el indicador verde bromocresol cambio de color a verde manzana, indicando que el pH del cuero esta entre 3 y 4.

Al finalizar se obtuvieron quince (15) pieles húmedas curtidas tradicionalmente (wet-blue).

#### **Curtido con glutaraldehído (wet-white)**

Durante este proceso se usó la mitad del baño del piquelado y 2 por ciento del curtiente regulan GT 50 (glutaraldehído) diluido en la proporción de 1:1. Después del curtido se procedió a basificar, para ello se usó el mismo baño del curtido, agregando bicarbonato dividido en cuatro (4) partes, con un lapso de 15 minutos cada uno, finalmente se midió el

pH del baño que fue de 3.8, además de realizar un corte en el cuero para agregar el indicador verde bromocresol el cual cambio de color a verde manzana, indicando que el pH del cuero esta entre 3 y 4.

Al finalizar se obtuvieron 15 pieles húmedas curtidas con un curtiente alternativo (wet-white) libre de cromo.



**Figura 16: Corte de piel curtida con glutaraldehído**



**Figura 17: Muestra de efluente de curtido Wet-Blue y Wet-White**

### **3.5.5 PROCESO DE POST CURTIDO DEL CUERO PARA CAPELLADA CURTIDO CON CROMO (WET-BLUE)**

#### **a. Rebajado**

El rebajado se realizó con una maquina rebajadora, para esto la piel debió tener la humedad adecuada de lo contrario se podría haber roto el cuero en la máquina. Los cueros curtidos al estado wet-blue fueron rebajados a un espesor de 1mm, después se procedió a pesar las pieles obteniendo un peso de 12.3 kilos.

#### **b. Neutralizado**

La neutralización del cuero curtido al cromo se realiza después de la basificación, al finalizar la etapa de curtido, el cuero se encontraba en un medio ácido con pH 3.0 – 3.8, para realizar el neutralizado se utilizó formiato de sodio, bicarbonato de sodio y un humectante.

#### **c. Recurtido**

Durante el proceso de recurtido se forman enlaces verdaderos con las proteínas, se rompen enlaces naturales disminuyendo la resistencia, para el proceso de recurtido se utilizó: 3 por ciento de sulfato básico de cromo (cromo trivalente), 3 por ciento de cromo sintético.

#### **d. Teñido**

Durante el proceso de teñido se buscó conferirle al cuero una determinada coloración (negro) superficial y en todo el espesor de la piel, para el proceso de teñido se utilizó agua a 40 °C de temperatura, anilina de color negro (diluida con agua a 80 °C en la proporción de 1:15), engrasante y ácido fórmico. Al finalizar, se realizó un control haciendo un corte en el área del anca para observar que el cuero se encuentre atravesado al 100 por ciento.

#### **e. Engrase**

A través del engrase se incorporaron sustancias grasas en los espacios entre las fibras, donde se fijan, obteniendo un cuero más suave y flexible, para esto se utilizó agua a 70 °C, engrasante sintético y ester de ácido fosfórico de hidrocarburos. A su termino se obtuvieron cueros blandos, humectados y flexibles al tacto.

#### **f. Escurrido**

Los cueros al estado wet-blue, al terminar el proceso de engrase fueron descargados del botal y colocados en un caballete de madera, para eliminar el agua absorbida durante el teñido.

#### **g. Secado y Estirado**

Los cueros al estado wet-blue, después de ser escurridos fueron secados y estirados en una máquina de secado Toggling el cual consiste en el clavado del cuero en marcos metálicos de chapa perforada con ganchos especiales para después pasar por un túnel caliente acondicionado a una determinada humedad.

#### **h. Pigmentado**

Durante este proceso se utilizó cantidades importantes de pigmentos con capacidad cubriente. Se utilizó pigmento de color negro para las pieles curtidas con cromo (wet-blue). Para el proceso de pigmentado se cubrió toda la piel por el lado flor con la ayuda de una paleta, después se dejaron secar y se procedió a dar una segunda mano de pigmento, con la ayuda de una compresora de aire y un soplete para pintar, finalmente se tendieron bajo sombra de un día para otro y en un ambiente ventilado para que puedan secar adecuadamente.

#### **i. Laqueado**

Durante este proceso se utilizó laca al agua; para esto se cubrió por completo la superficie de la piel por el lado flor, primero en un sentido y después en un sentido transversal al

primero, después de cubrir por completo la superficie de la piel se tendieron bajo sombra y en un ambiente ventilado para que puedan secar adecuadamente.



**Figura 18: Tendido de pieles laqueadas**

### **3.5.6 PROCESO DE POST CURTIDO DEL CUERO PARA CAPELLADA CURTIDO CON GLUTARALDEHIDO (WET-WHITE)**

#### **a. Rebajado**

El rebajado se realizó con una maquina rebajadora, para esto la piel debió tener la humedad adecuada de lo contrario se podría haber roto el cuero en la máquina. Los cueros curtidos al estado wet-white fueron rebajados a un espesor de 1mm, después se procedió a pesar las pieles obteniendo un peso de 11.7 kilos.

#### **b. Neutralizado**

La neutralización del cuero curtido con glutaraldehído se realiza después de la basificación, al finalizar la etapa de curtido, el cuero se encontraba en un medio ácido con pH 3.0 - 3.8, para realizar el neutralizado se utilizó formiato de sodio, bicarbonato de sodio y un humectante.

#### **c. Recurtido**

Durante el proceso de recurtido se forman enlaces verdaderos con las proteínas, se rompen enlaces naturales disminuyendo la resistencia, para el proceso de recurtido se utilizó un

recurtiente sintético-vegetal y glutaraldehído, manteniendo la premisa de que el cuero final se encuentre libre de metales pesados.

#### **d. Teñido**

Durante este proceso se buscó conferirle al cuero una determinada coloración (beige) superficial y en todo el espesor de la piel, para el proceso de teñido se utilizó agua a 40 °C de temperatura, anilina de color beige, diluida con agua a 80 °C en la proporción de 1:15, engrasante y ácido fórmico. Al finalizar, se realizó un control haciendo un corte en el área del anca para que el cuero se encuentre atravesado al 100 por ciento.

#### **e. Engrase**

A través del engrase se incorporaron sustancias grasas en los espacios entre las fibras, donde se fijan, obteniendo un cuero más suave y flexible, para esto se utilizó agua a 70 °C, engrasante sintético y ester de ácido fosfórico de hidrocarburos. Al finalizar el engrase se obtuvieron cueros blandos, humectados y flexibles al tacto.

#### **f. Ecurrido**

Los cueros al estado wet-white, al terminar el proceso de engrase fueron descargados del botal y colocados en un caballete de madera para eliminar el agua absorbida durante el teñido.

#### **g. Secado y Estirado**

Los cueros al estado wet-white, después de ser escurridos fueron secados y estirados en una máquina de secado toggling el cual consiste en el clavado del cuero en marcos metálicos de chapa perforada con ganchos especiales para después pasar por un túnel caliente acondicionado a una determinada humedad.

#### **h. Pigmentado**

Durante este proceso se utilizó cantidades importantes de pigmentos con capacidad cubriente. Se utilizó pigmento de beige para las pieles curtidas con glutaraldehído (wet-white). Para el proceso de pigmentado se cubrió toda la piel por el lado flor con la ayuda de una paleta, después se dejaron secar y se procedió a dar una segunda mano de pigmento, con la ayuda de una compresora de aire y un soplete para pintar, finalmente se tendieron bajo sombra de un día para otro y en un ambiente ventilado para que puedan secar adecuadamente.



**Figura 19: Pigmentado de cuero con paleta**

**i. Laqueado**

Durante este proceso se utilizó laca al agua, para llevarlo a cabo se cubrió por completo la superficie de la piel por el lado flor, primero en un sentido y después en un sentido transversal al primero, después de cubrir por completo la superficie de la piel se tendieron bajo sombra y en un ambiente ventilado para que puedan secar adecuadamente.

**3.5.7 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS**

Los ensayos físicos fueron realizados en los laboratorios del Centro de Investigación de Tecnología del Cuero, Calzado e Industrias Conexas (CITEccal).

**a. Espesor**

Se determinó el espesor de muestras de cueros curtidos por el método wet-white y wet-blue. La medición del espesor para los dos tratamientos, fueron tomadas de 5 diferentes zonas del cuero de alpaca. Según la norma NTP ISO 2589:2006, la cual especifica un método de ensayo para determinar el espesor del cuero aplicable a todo tipo de cuero cualquiera sea su técnica de Curtición, así mismo la medición es aplicable a un cuero entero como a una probeta (INDECOPI, 2014).



Fuente: CITEccal, 2016.

**Figura 20: Micrómetro para medir el espesor de la piel**

#### **b. Resistencia a la flexión**

Se determinó la resistencia a la flexión mediante el método del flexómetro. Según la norma NTP ISO 17694:2006, se determina la resistencia a la flexión de empeines y forros. Este método es aplicable a todo tipo de cueros con un espesor menor de 3,0 mm. (INDECOPI, 2014.).

La prueba del flexómetro reproduce el efecto del doblado que sufre el cuero cuando es usado. Es una prueba muy exigente para el acabado del cuero. El comportamiento del cuero al plegado continuo se mide con el flexómetro Bally. Las muestras se fijan a dos mordazas (pinzas) del equipo, una fija y otra dotada de movimiento de avance y retroceso formando un ángulo de  $22^{\circ}30'$ . Luego de 100, 500, 1000, 5000, 10000 flexiones el control se realiza con un lente de aumento observando si no ha habido ninguna alteración así como la presencia de fisura, exfoliaciones y polvo. A su vez, se controla el estado de la parte interna del cuero (AENOR, 1988 citado por Gómez, 2016).



Fuente: CITEccal, 2016.

**Figura 21: Flexómetro para medir la resistencia a la flexión del cuero**

### **c. Resistencia al desgarro**

Se determinó la resistencia al desgarro del cuero al estado wet-white y wet-blue, realizando el desgarro por los dos bordes. La norma NTP ISO 3377-2:2008, establece un método para determinar la resistencia al desgarro del cuero realizando el desgarro por los dos bordes. En ocasiones, este método se describe como desgarro Baumann. Se aplica a todos los tipos de cuero (INDECOPI, 2014).

Esta prueba es realizada para todo tipo de cuero, en donde se somete el cuero a una fuerza de tracción de  $100 \pm 20$  mm/minuto, con una precisión de 1 por ciento permitiendo la lectura de la fuerza aplicada. Se usa para esta prueba un dinamómetro y dos mordazas accesorias que son láminas de acero (10 mm de ancho por 2mm de espesor de lado recto). Se ajusta la máquina de ensayo de forma que los extremos doblados de los accesorios mordazas se toquen, pasen por la misma entalladura y queden perpendiculares a los lados mayores de la misma; se pone en funcionamiento la maquina hasta que se desgarre la muestra. Se anota la fuerza al desgarro en Newton y se indica el grosor de la probeta, cuyo grosor es la media aritmética de 3 medidas (AENOR, 1988 citado por Gómez, 2016).



Fuente: CITEccal, 2016.

**Figura 22: Determinación de la resistencia al desgarro en cuero**

#### **d. Resistencia a la tracción**

Se determinó la resistencia a la tracción del cuero al estado wet-white y wet-blue. La norma NTP ISO 3376:2012, especifica un método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción, el alargamiento bajo una carga específica y el alargamiento a la rotura del cuero. Este método es aplicable a todos los tipos de cuero (INDECOPI, 2014).

Para la prueba de resistencia a la tracción se utiliza un dinamómetro, el cual debe de tener una velocidad constante de separación de sus pinzas equivalente a 100 mm/min. Se mide el ancho de la probeta o muestra de cuero (25 mm de ancho por 90 mm de largo) en tres puntos de la misma, con una aproximación de 0.01 mm. Se considera la media aritmética como representante de la anchura, y se calculará el área de la sección transversal de la muestra o probeta (ancho por espesor). Previamente acondicionada y realizada la medida de su espesor, la muestra o probeta es sometida a la tracción y se determina la fuerza necesaria para su rotura. Se pone en marcha el dinamómetro hasta que se rompa la probeta y se registra la fuerza máxima ejercida, como la fuerza de rotura (AENOR, 2012).

#### **e. Ruptura de flor**

La norma NTP ISO 291.018:1970, especifica un método para determinar la carga y la distensión a la rotura de la flor y al reventado de los cueros livianos. Puede ser aplicado a

todos los tipos de cueros livianos pero su uso está particularmente indicado para ensayar cueros destinados a la confección de calzado (INDECOPI, 2014).

Para el ensayo de ruptura de flor se necesita una mordaza para fijar el borde de la probeta permitiendo que la porción central de la misma tenga libre movimiento. La agarradera debe ser de forma tal que la probeta quede firmemente sujeta, sin presentar deslizamientos, cuando se aplica en su zona central una carga de hasta 80 kg. El límite entre el área sujeta por la mordaza y el área libre debe estar perfectamente definida. El diámetro del área libre debe ser de 25 mm (AENOR, 1988 citado por Gómez, 2016).

El aparato de medición debe tener una escala dividida en 0,1 mm, calibrada de modo que el error máximo no sobrepase 0,05 mm. La distensión debe ser tomada como la distancia medida en mm, a través de la cual se desplaza el vástago en dirección normal a la superficie de la probeta. Se pone 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. Si la probeta o muestra no estalla, el ensayo se detiene al llegar a los 80 kg (AENOR, 1988 citado por Gómez, 2016).

#### **f. Temperatura de contracción**

La evaluación de la temperatura de contracción se realizó cuando el cuero estaba en el estado terminado con muestras tomadas de la zona del anca y las faldas.

La norma NTP ISO 3380:2009, establece un método de ensayo para determinar la temperatura de contracción del cuero hasta 100 °C. Este método de ensayo es aplicable a todo tipo de cueros. La temperatura de contracción se determina observando la temperatura a la cual una tira de cuero comienza a curvarse dentro del agua a distintas temperaturas, comenzando desde 50°C hasta 100°C, durante 3 minutos en cada grado de temperatura. (INDECOPI, 2014).

#### **3.5.8 NIVELES DE CROMO TOTAL.**

La muestra de cada uno de los métodos de curtido (wet-blue y wet-white) fue tomada de forma directa del botal, inmediatamente después de culminada la rotación del botal al finalizar la etapa de curtido, la toma de muestra se realizó según se indica en las

recomendaciones generales de la American Public Health Agency (APHA) sobre los métodos para la determinación de trazas elementales en muestras de agua en donde se señala que para la determinación de metales totales, las muestras no deben ser filtradas, por lo que la muestra tomada directamente del botal fue almacenada sin filtrar, la cantidad de muestra tomada fue de 1 litro, según la recomendación del Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

La determinación de cromo total se hará con base en recomendaciones descritas en el método de absorción atómica para cromo total, 3500-Crb, métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Se determinará los niveles de cromo total mediante espectrofotometría de absorción atómica en las aguas residuales obtenidas del proceso de curtido wet-white y wet-blue (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ESPESOR

Para este ensayo se tomaron cuatro muestras de cada tipo de tratamiento, tomándose mediciones de cinco diferentes zonas del cuero de alpaca y se obtuvieron los siguientes resultados, para el T1 el promedio de espesor es de 1.32 mm y para el T2 el promedio de espesor es de 1.10 mm, pese a que los cueros fueron rebajadas a 1.0 mm después del curtido. Según el análisis estadístico realizado no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos tratamientos.

**Cuadro 9: Espesor del cuero para capellada de alpaca.**

Tratamiento	Número de Cuero	Espesor (mm)	Media	Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
T1	5	0.99	1.3148	A
	6	1.43		
	7	1.25		
	8	1.60		
T2	1	0.94	1.1035	A
	2	1.02		
	3	1.31		
	4	1.14		

El espesor de la piel de alpaca no es uniforme en todo el cuerpo, tal como lo reporta Gómez (1994) con valores de 5.12 mm para la zona del cuello y 2.00 mm para el crupón. De igual manera, según Jiménez (1998), en los cueros de alpaca la zona de la falda presenta menor espesor (1.27 mm) que la zona del crupón (2.21 mm). Por último Doria (2005) encontró que la napa de alpaca en la zona del crupón muestra valores entre 1.18 y 1.23 mm de espesor, pese a que las pieles fueron rebajadas a 1.0 mm después del curtido.

## 4.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Se tomaron cuatro muestras de cada tipo de tratamiento y se obtuvieron los siguientes resultados, para el T1 todas las muestras tuvieron una resistencia a la flexión de más de 30 000 flexiones y para el T2 dos de las cuatro muestras tuvieron una resistencia a la flexión de más de 30 000 flexiones mientras que, en las otras dos muestras se observaron daños en la zona de la flor del cuero, una a 20 000 flexiones y otra a 10 000 flexiones.

**Cuadro 10: Resistencia a la flexión del cuero para capellada de alpaca.**

Tratamiento	Número de Cuero	Resistencia a la flexión (Flexiones)
T1	5	>30 000
	6	>30 000
	7	>30 000
	8	>30 000
T2	1	>30 000
	2	20 000
	3	>30 000
	4	10 000

Los resultados obtenidos por Doria (2005) en cueros para vestimenta wet-blue de alpaca en los laboratorios de CITEccal fueron de 50,000 flexiones sin daño aparente en la zona del crupón. Estos resultados también se obtuvieron en la investigación de López (1997).

Los resultados obtenidos para el T1 cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Calzado: escolar, casual, caballero y dama. Con respecto a los resultados obtenidos para el T2 dos muestras cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Calzado: caballero y dama.

Estos resultados pueden relacionarse al proceso de encalado, debido a que un encalado inadecuado da como resultados deficiencia en suavidad, una flor tanto acartonada como quebradiza y cueros sin cuerpo. Así mismo, el factor tiempo de encalado influencia más en los resultados que el factor porcentaje de cal (Ramírez, 1985 citado por López, 1997), por lo

que los resultados obtenidos no se pueden tomar aún como un patrón general, debido a que es la primera investigación en cuero para capellada de alpaca.

No obstante, en la presente investigación ambos tratamientos pasaron por las mismas etapas bajo los mismos procesos hasta el proceso de curtido en donde se siguieron etapas con proceso y factores distintos. Sin duda cada etapa de inicio a fin con cada una de sus operaciones y factores de tiempo, pH, temperatura y rotación deben estar íntimamente relacionados al tipo de cuero que se desea obtener.

### 4.3 RESISTENCIA AL DESGARRO

Este ensayo muestra el promedio entre el desgarro longitudinal y transversal, en el cual se obtuvo el valor de 96.948 N para el T1 y 57.600 N para T2, según el análisis estadístico realizado se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los dos tratamientos.

**Cuadro 11: Resistencia al desgarro promedio del cuero para capellada de alpaca.**

Tratamiento	Número de Cuero	Resistencia al desgarro promedio (N)	Media	Medias con la misma letra no son significativamente Diferentes.
T1	5	90.78	96.948	A
	6	94.43		
	7	98.77		
	8	103.81		
T2	1	67.17	57.600	B
	2	48.03		
	3	60.04		
	4	55.17		

N: Newton.

Los resultados obtenidos para el T1 cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Calzado: escolar, casual con forro, caballero y dama. Con respecto a los resultados obtenidos para el T2 cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Calzado: escolar, caballero y dama.

En este ensayo el T1 obtuvo un valor superior al T2, entre las cuatro muestras tomadas en el T1, se obtuvo como máximo resultado individual 103.81 N de fuerza, mientras que de las cuatro muestras tomadas en el T2, el máximo resultado individual 67.17 N de fuerza,

La tesis de Doria (2005) ha reportado valores de resistencia al desgarro para cuero wet-blue de alpaca de 64 N en la zona del crupón, valores menores a los obtenidos en el cuero para capellada de alpaca tanto para wet-blue como para wet-white. En tesis anteriores no se ha realizado prueba alguna de esta resistencia en cueros de alpaca, por lo que no hay valores registrados para hacer las comparaciones respectivas.

#### **4.4 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

Este ensayo muestra el promedio entre la resistencia a la tracción longitudinal y transversal, en el cual se obtuvo el valor de 21.68 N/mm<sup>2</sup> para el T1 y 18.67 N/mm<sup>2</sup> para el T2, según el análisis estadístico realizado no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos tratamientos.

La resistencia a la tracción promedio obtenida para el T1 es superior a la resistencia a la tracción promedio obtenida para el T2, sin embargo ambos tratamientos cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Calzado: caballero y dama.

Los valores obtenidos en la investigación de Gómez (1994) para la prueba de resistencia a la tracción fueron de 23.77 a 19.34 N/mm<sup>2</sup>. López (1997) obtuvo promedios variables en el crupón de 11.81 a 15.24 N/mm<sup>2</sup>. Doria (2005) reporta para la misma prueba valores de 17 N/mm<sup>2</sup> en la zona del crupón. Por lo que el cuero de alpaca es ideal para la confección de calzado si solo se considerará esta prueba.

**Cuadro 12: Resistencia a la tracción promedio del cuero para capellada de alpaca.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Número de Cuero</b>	<b>Resistencia a la tracción promedio (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Media</b>	<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>
T1	5	22.28	21.683	A
	6	23.79		
	7	19.90		
	8	20.76		
T2	1	18.21	18.668	A
	2	20.97		
	3	16.15		
	4	19.34		

N/mm<sup>2</sup>: Newton por milímetro cuadrado

#### **4.5 RESISTENCIA A LA RUPTURA DE FLOR**

Para el ensayo de resistencia a la ruptura de flor se tomaron cuatro muestras de cada tipo de tratamiento, tomándose a la vez tres mediciones por cada muestra. Los valores que se obtuvieron para el ensayo de ruptura de flor en el T1 fue de 9.21 mm y para el T2 fue de 8.92 mm, según el análisis estadístico realizado no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos tratamientos.

La resistencia a la ruptura de flor promedio obtenida para el T1 fue superior a la resistencia a la ruptura de flor promedio obtenida para el T2, así mismo ambos tratamientos cumplen con las directrices de calidad para el empeine de calzado, las cuales especifican el cumplimiento mínimo de 7mm (Monsalve, 2009).

Los resultados individuales de resistencia a la ruptura de flor tienen valores desde 8.65 mm hasta 9.55 mm para el T1 y valores desde 8.65 mm hasta 9.24 mm para el T2. Estos resultados cercanos pueden estar influenciados debido a que el curtido wet-white (T2) se realizó con glutaraldehído y este le confiere una mayor resistencia a la ruptura de flor, pero solo en concentraciones adecuadas. El aumento de aldehído añadido a la piel disminuye la ruptura de flor (Sanmarco, 1998).

No se han realizado trabajos de investigación anteriores sobre el ensayo de ruptura de flor en cuero de alpaca, por lo que no hay valores registrados para hacer las comparaciones correspondientes.

**Cuadro 13: Resistencia a la ruptura de flor del cuero para capellada de alpaca.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Número de Cuero</b>	<b>Resistencia a la ruptura de flor (mm)</b>	<b>Media</b>	<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>
T1	5	9.55	9.2050	A
	6	9.11		
	7	9.51		
	8	8.65		
T2	1	9.24	8.9150	A
	2	8.65		
	3	9.05		
	4	8.72		

#### **4.6 TEMPERATURA DE CONTRACCIÓN**

Se tomaron cuatro muestras de cada tipo de tratamiento, tomándose a la vez tres mediciones por cada muestra. Los valores que se obtuvieron para el ensayo de temperatura de contracción en el T1 fue de 93.63°C y para el T2 fue de 75.25 °C, según el análisis estadístico realizado se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los dos tratamientos.

La temperatura de contracción obtenida para el T1 fue superior a la temperatura obtenida para el T2. Esto se debe a que el sulfato básico de cromo le confiere al cuero la característica de resistencia a temperaturas altas a diferencia del glutaraldehído el cual no le confiere una alta resistencias a temperaturas superiores de 75 °C (Sanmarco, 1998).

El cuero de alpaca curtido con sulfato básico de cromo está en el límite aceptable de tolerar altas temperaturas (90°C), correspondiendo la máxima temperatura de contracción (100 °C) al cuero semiprocado de ovino (Gómez, 1994).

Para las pieles curtidas sin sulfato básico de cromo, la temperatura de contracción se encuentra en función a la adición de aldehído. La piel muestra una temperatura de contracción de 72 °C si el glutaraldehído es aplicado en una concentración de 0,5 a 2 por ciento (Sanmarco, 1998).

**Cuadro 14: Temperatura de contracción del cuero para capellada de alpaca.**

Tratamiento	Número de Cuero	Temperatura		Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
		de contracción (°C)	Media	
T1	5	95.6	93.642	A
	6	91.1		
	7	93.6		
	8	94.2		
T2	1	76.5	75.258	B
	2	75.4		
	3	75.5		
	4	73.6		

#### 4.7 NIVELES DE CROMO TOTAL.

El efluente analizado fue del proceso de curtido. Se tomó una muestra de cada tipo de tratamiento y se obtuvieron los siguientes valores de cromo total, para el T1 un valor de 1085.00 mg/L y para el T2 un valor de 0.72 mg/L.

El valor monitoreado de cromo total del T1 (1085.00 mg/L) ha sido mucho mayor a 2 mg/L, incumpliendo con lo establecido por el Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad de curtiembre (D.S. N° 003-2002-PRODUCE).

El valor obtenido en el análisis de cromo total del T1 (1085.00 mg/L) es un valor esperado ya que el efluente analizado no fue tratado con ningún método de remoción de cromo, siendo el valor obtenido similar al de otras investigaciones tales como los valores reportados por Rey de Castro (2013) quien reporto valores de cromo total de entre 5 702,80 mg/L y 1 608,32 mg/L en muestras de baños de curtido sin pasar por ningún método de remoción; de igual

manera Córdova et al, 2013 reporto valores de cromo total de 2000 mg/L obtenido de aguas residuales del proceso de curtido sin ningún tratamiento previo al análisis.

El valor monitoreado de cromo total del T2 (0.72 mg/L) ha sido menor a 10 mg/L, cumpliendo con lo establecido por el Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad de curtiembre (D.S. N° 003-2002-PRODUCE).

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en la que se realizó el presente estudio se concluye:

1. Las características tecnológicas de espesor, resistencia a la tracción y resistencia a la ruptura de flor; obtenidas en los cueros para capellada de alpaca curtidos fueron similares para los métodos wet-blue y wet-white utilizados.
2. La resistencia al desgarro obtenida en los cueros para capellada de alpaca curtidos mediante el método wet-blue, presentan diferencias significativas sobre los cueros para capellada de alpaca curtido mediante el método wet-white, siendo los cueros curtidos mediante el método wet-blue más resistentes al desgarro (96.948 N) que los cueros curtidos mediante el método wet-white (57.600 N).
3. La temperatura de contracción obtenida en los cueros para capellada de alpaca curtidos mediante el método wet-blue, presentan diferencias significativas sobre los cueros para capellada de alpaca curtido mediante el método wet-white, presentando los cueros curtidos mediante el método wet-blue mayor capacidad de soportar alta temperatura de contracción (93.642 °C), que los cueros curtidos mediante el método wet-white (75.258 °C).
4. Los cueros para capellada de alpaca curtidos mediante el método wet-blue, presentan mayor resistencia a la flexión ( $\geq 30\ 000$  flexiones sin daño en el material) que los cueros para capellada de alpaca curtidos mediante el método wet-white ( $< 20\ 000$  flexiones sin daño en el material y  $\geq 30\ 000$  flexiones sin daño en el material).
5. La resistencia a la flexión no fue buena en los cueros para capellada de alpaca curtido mediante el método wet-white, debido a factores en el encalado ya explicados, por lo que no se puede tomar aún como un patrón general, debido a que es la primera investigación en cuero para capellada de alpaca.

6. El efluente de curtido del método wet-blue, presento valores de cromo total (1 085 mg/L) por encima del, límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad de curtiembre (2 mg/L), mientras que el efluente de curtido del método wet-white, presento valores de cromo total (0.72 mg/L) por debajo del, límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de la actividad de curtiembre, por lo que se puede afirmar que el curtido wet-white es un curtido libre de cromo.
7. Por todo lo visto anteriormente, se concluye que los cueros para capellada de alpaca huacaya curtidos mediante los métodos wet-white y wet-blue muestran características tecnológicas ideales para la confección de zapatos.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Es necesario seguir investigando el cuero de alpaca y sus características tecnológicas; principalmente la resistencia al desgarro y resistencia a la ruptura de flor, con la finalidad de obtener más datos referenciales que nos ayuden a evaluar el proceso de obtención de cueros de alpaca.
2. Se recomienda buscar otros procesos mas adecuados para la obtención de cuero para capellada de alpaca, pudiendo tomarse como referencia el trabajo de investigación de López (1997), donde hace pruebas con diferentes tiempos y porcentajes de encalado; sumándose a esto, una investigación con diferentes niveles de glutaraldehído durante los procesos de curtido y recurtido, en distintos periodos de tiempo; con la finalidad de obtener cueros para capellada con mayor resistencia al desgarro y a la flexión.
3. Resulta fundamental buscar nuevas alternativas en las diferentes etapas del proceso de obtención de cueros para emitir cada vez menos efluentes contaminados, con el uso de nuevos productos o de productos ya existentes a base de enzimas para remojo, enzimas para pelambre, curtientes libres de cromo; que permita obtener un proceso más limpio con cueros de calidad y efluentes que con un tratamiento simple puedan cumplir con los límites máximos permisibles de la normativa nacional.
4. Fomentar el uso de cueros de alpaca, creando una cultura de consumo: en los fabricantes, comerciantes y en los consumidores, para que este tipo de cuero pueda ser más comercial y puedan elaborarse más zapatos, prendas de vestir o tapicería; beneficiándose de esta forma principalmente los criadores de camélidos en nuestro país.

5. Para futuras investigaciones en cuero y peletería es necesario disponer en la Universidad Nacional Agraria la Molina de un laboratorio apropiadamente equipado para llevar a cabo investigaciones en todo el proceso productivo y análisis de calidad de cueros y pieles, que garantice estudios completos y coloquen a la UNALM como referente en las investigaciones que tengan que ver con la industria peruana del cuero.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABASS, A. ALIREZA, M., & REZA, V. (2005). Chromium (III) removal and recovery from tannery wastewater by precipitation process. American Journal of Applied Sciences. Iran: University of Medical Sciences. Science Publications. ISSN 1546-9239. 2 (10). pág. 1471-1473.

ADZET, J. 1985. Química Técnica de Tenerife. 1ª ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pág. 5, 25, 44-128.

ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION (AENOR). 1988. Cuero ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la Permeabilidad al vapor de agua. Editada e impresa por AENOR. Madrid- España. Pág. 14.

ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION (AENOR). 2012. Cuero ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de alargamiento. Editada e impresa por AENOR. Madrid- España. pág.12.

ALBERT, J., Y BUNYOL, X. 1995. Tecnología del cuero (Vol. IV). Estudio Cicero S.L. Barcelona. Pág. 52-69.

ANGELINETTI, A Y LACOUR, N. 1993. Primer curso nacional de tecnología del cuero. ITINTEC-CITEC. Lima- Trujillo. Perú s. p.

AUQUILLA, A. 2012. Curtición de Pieles Ovinas con Tres Niveles de Glutaraldehído en la Obtención de Cuero para Marroquinería. Tesis Ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pág. 110.

BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. Couso. pág. 12-52-69.

BARRETTO, S. 2006. Diseño de calzados urbanos- 1era Edición. Nobuko. Buenos Aires-Argentina. pág. 68,69.

BARSOU, B., EID, A., FAHIM, N., Y KHALIL, M. 2006. Removal of chromium (III) from tannery wastewater using activated carbon from sugar industrial waste. Egypt. Journal of Hazardous Materials. Volumen 136, Issue 2, 21 August 2006. pág. 303-309.

BASF. 1998. Relugan GT 50 Informaciones técnicas. TI/P 2641 s. Octubre 1998 (EMC). s.l. s.e. pág. 8.

BAZÁN, G., Y VARGAS, R. 2012. Seminario: Consultoría en proceso de curtición y adaptación a la realidad peruana. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

BOAVENTURA, R., & FONSECA, A. 1997. Chromium precipitation from tanning spent liquors using industrial alkaline residues: A comparative study. Portugal: University of Porto. Waste Management, 1997; 17(4). pág. 201-209.

BORDA, O. 2014. Evaluación y reducción de los niveles de cromo en muestras de aguas residuales provenientes de curtiembres. V Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Universidad Santo Tomás Seccional Tunja. Bogotá. Colombia. s.e. pág. 1-8.

CADO, O. 1996. Sales de cromo: Su relación con el medio ambiente. Revista Gerencia Ambiental. Número 30 - Dic/1996. Argentina.

CARVAJAL, R, GAITÁN, A, Y TELLEZ, J. 2004. Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembre. Revista de la Facultad de Medicina. Bogotá. Colombia. Vol. 52, núm. 1 (2004). pág. 50-61.

CALLE ESCOBAR, R. 1982. Producción y mejoramiento de la alpaca. Lima, Perú. Abril editores. pág. 308.

CHÁVEZ, A. 2010. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Colombia: Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. pág. 34.

CIPRIÁN, C. CHAMBILLA, V y BUSTINZA, V. 1988. Histología de la piel de Alpaca y Llama. Proyecto Piel de Alpaca. Puno. Perú. pág. 189.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA - Región Metropolitana). 1999. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Curtiembre. s.l. s.e. pág. 7-13.

Visitación, L. Cesare, M. y Téllez, L. 2012. Manual práctico para la producción de cuero hasta wet blue para el pequeño productor. CONVENIO N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI. Lima. Perú. pág. 32.

CÓRDOVA BRAVO, H.; VARGAS PARKER, R.; TÉLLEZ MONZÓN L.; CESARE CORAL, M.; BECKER, R.; VISITACIÓN FIGUEROA, L. 2013. Influencia del Uso de Acomejantes en el Baño de Curtido Sobre la Calidad Final del Cuero. Revista de la Sociedad Química del Perú. 79 (4). pág. 13.

CÓRDOVA, H. 2014. Minimización de emisiones de cromo en el proceso de curtido, por uso de acomejantes y basificantes de cromo y tratamiento de efluentes. Tesis Ing. Ambiental. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 6-28.

CORMACK, D. 1988. Histología de Ham. Editorial Harla. México. pág. 675.

CUERONET. Zonas de la piel. [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de Octubre del 2016]. Disponible en: (<http://www.cueronet.com/tecnica/residuos.htm>)

CITECCAL. Servicios. Laboratorio. Ensayos físicos. [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de Noviembre del 2016]. Disponible en: (<http://citeccal.com.pe/ensayos-fisicos/>)

DELLMAN, H Y BROWN, A. 1980. Histología Veterinaria. Editorial Acribia. España. pág. 520.

DORIA, G. 2005. Características tecnológicas de la napa de piel de alpaca (*lama pacus*) Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág 60, 92-98.

ESCUELA DE CURTIMIENTO SENAI. 1984. Libro de calidad para la producción de piel y cuero libre de cromo (VI). Brasil. pág. 6-19.

FLORES, E; GUTIERREZ, G; TREJO, W; TELLEZ, JOSÉ; ZARATE, ANGEL. 1993. Manual producción de alpacas y tecnología de sus productos. Juan Torres y Manuel Carpio. 1 ed. Lima-Perú. Coordinación General de la Actividad Difusión de Tecnología del Proyecto TTA. pág. 142.

GAGNET, A., MILLER, S., Y WORDEN, R. 1999. Reporte técnico para la industria de curtiembre en el Perú. Informe para el Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Comercio Internacional (MITINCI). Lima. Perú. pág. 35.

GANSSER, A. 1953. Manual el curtidor. Cuarta edición ampliada. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gil S.A. pág. 31.

GARRO, ML. 2012. Depilado enzimático conservador del pelo: Injuria química y mecánica de la epidermis para incrementar los procesos difusivos. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pág. 24-48.

GETTY, R. 2001. Sisson y Grossman: Anatomía de los Animales Domésticos. 5 ed. Barcelona. Masson, S.A. v. 1, tomo 1, pág. 281-283.

GOMEZ ALLCA, C. 1994. Preservación y Conservación de Pieles de Camelidos. Torres, S. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura. Serie Manual N°7-94. pág. 9-21.

GÓMEZ, S. 2016. Características Tecnológicas del Cuero Napa de Ovino Adulto, Mediante los Métodos de Curtido Wet-Blue y Wet-White. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 79 - 91.

GONÇALVEZ, E. 2007. Efeito de diferentes curtentes sobre as propriedades de couros isentos de cromo. Centro Universitário Feevale. Novo Hamburgo. Brasil pág. 45-48.

GUANILO. 1983. Estudio tecnológico de la conservación de pieles de alpaca, ovino y caprino. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 13-30.

HERNÁNDEZ, J. 1985. Desuello, clasificación y conservación. Curso sobre el curtido al cromo. CIATEG. México. s. pág.

HUAMANÍ, G. 2011. Estudio técnico para la recuperación del sulfato de cromo III en la industria curtiembre del Perú. Callao: Universidad Nacional del Callao. pág. 20-30.

INDECOPI. 2008. Normas Técnicas de Cuero. Editorial Comisión de Normalización de INDECOPI. 1º Edición. Lima-Perú. pág. 9.

INDECOPI. 2014. Normas Técnicas Peruanas Sobre Tecnología del Cuero. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias. Centro de Información del INDECOPI (CID). Lima-Perú. pág. 17.

INDIGO QUIMICA, 2010. Curtición wet white. Enciclopedia. Madrid. España. s.e. pág. 1, 7-23.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Perú. s.e. pág. 18.

ITINTEC (Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas). 1981. Proceso de ribera. Banco de datos. Lima. s.e. pág. 26.

JIMÉNEZ, S. 1998. Evaluación de Dos Niveles de Sulfato Básico de Cromo en Cuero de Llama y Vacuno al estado Wet-Blue (Semiterminado). Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 33-56.

JIMÉNEZ, D. 2012. Capelladas pre-diseñadas para calzado deportivo infantil entre las tallas 21-30. Disertación de grado Ingeniero en Diseño Industrial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. Ecuador. pág. 46-49.

KELLEY, W. 1992. Medicina interna, volumen N° 1. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. Bs As. Argentina. pág. 1008.

KIRK; R. 1966. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo IV. Editorial Hispano-Americana. México. pág. 1032.

LÓPEZ, G.1997. Efectos de diferentes tiempos y niveles de encalado en las características tecnológicas del cuero napa de alpaca. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 17-40, 46-55.

MAMANI, E. 2015. Curtiembres a punto de quebrar por pieles crudas exportadas. Diario La República. Edición Impresa del 16 de Febrero de 2015. Arequipa, Perú. pág. 3.

MARTIGNONE, G. 1984. Conceria práctica. Editorial Universitaria. Torino- Italia. Pág. 410.

MARTÍNEZ, LN. 2003. Gestión integral de residuos sólidos y efluentes líquidos para una planta de curtiembre. Trabajo de Investigación (Optativo) Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú pág. 24-36.

MAXIMIXE. 2011. Perú: Mercado de cuero, calzado y manufacturera de cuero. [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de Mayo del 2017]. Disponible en: (<https://es.scribd.com/document/281671309/Zapatos>)

MC CANN, M. 2000. Industria textiles y de la confección: Cuero, Pieles y Calzados. s.e. pág. 2.

MELENDO, J. 2002. Manual de técnicas de montaña e interpretación de la naturaleza. Editorial Paidotribo, 1era edición. Barcelona. España. pág. 53.

MESELDZIC, Z. 1993. Pieles y Cueros del Perú Virreynal. Lima-Perú. Imprenta de la Sociedad Geográfica de Lima. pág. 42-81.

MESTANZA, C. 2005. Eliminación de sulfuros por oxidación en efluentes del proceso de pelambre de una curtiembre. Trabajo de Investigación (Optativo) Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú pág. 20-47.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT CO). 2006. Guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros. 2 ed. Bogotá. Colombia. Panamericana Formas e Impresos S.A. pág. 25-38.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2009. Compendio de la legislación ambiental peruana, Volumen I: Marco normativo general. Viceministro de gestión ambiental. Lima. Perú. pág. 2-4.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. Oficina de Información Agraria. Estadística Agraria Mensual. Lima. Perú. s. pág.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2014. Compendio Estadístico Perú. Lima. Perú. pág. 973.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). 2017. Reunión Análisis del Plan Ganadero Nacional 2017. Lima. Perú. Reunión convocada por la Dirección General de Ganadería. 6 de Enero del 2017.

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. DIGECOMTE – DEMI. 2014. Informe De Caracterización de los Actores que Conforman el Sistema de Innovación del Sector Cuero, Calzado e Industrias Conexas en la Región de la Libertad. s. pág.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO, INTEGRACIÓN Y NEGOCIOS COMERCIALES INTERNACIONALES (MITINCI). 2002. Sub Sector Curtiembre. Propuesta de LMP. Lima. Perú. s. pág.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO, INTEGRACIÓN Y NEGOCIOS COMERCIALES INTERNACIONALES (MITINCI). 2001. Propuesta de Límites Máximos Permisibles para el Sub Sector Curtiembre. Lima. Perú. s. pág.

MONSALVE, Y. 2009. Estudio de Caracterización del Cuero. Santa Fe de Bogotá. Colombia. SENA, pág. 84.

MORALES, J. 1990. Manual técnico de curtición. Folleto de UNIQUMICA S.A. Lima. Perú. s. pág.

MORERA, J. 2002. Química de técnica de curtición. Consorci Escola Técnica d'Igualada. s. l. s. pág.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2005. Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. s.l. s.e. pág. 13-15.

PONCE DE LEÓN, F. 1971. Bases preliminares del patrón tecnológico de clasificación de carne de alpaca. Tesis Ing. Zootecnista. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pág. 46-55.

QUIROZ, F. 1985. Remojo III Curso nacional de tecnología del cuero CIATEG- ITINTEC. Agosto, 19- Septiembre, 02. Lima. Perú. s. pág.

QUISPE, E., RODRÍGUEZ, T., IÑIGUEZ, L. Y MUELLER, J. 2009. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Animal Genetic Resources Information. Serie 45. pág. 1-14.

RAJA, N Y UNNI, B. 2008. Chromium (III) complexes inhibit transcription factors binding to DNA and associated gene expression Toxicology. Vol. 251, pág. 61.

RAMÍREZ, L. 1985. Pelambre. III Curso Nacional de Tecnología de Cuero. CIATEG-ITINTEC. Agosto, 19- Septiembre, 02. Lima. s. pág.

RENTERÍA, R. 1985. Desencalado y rendido. III Curso Nacional de Tecnología de Cuero. CIATEG-ITINTEC. Agosto, 19- Septiembre, 02. Lima. s. pág.

REY, A. 2013. Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo. Tesis Licenciado en Química. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. pág. 8-29.

RINCÓN, M. 2012. Diseño de un Plan Comunicacional para la Industria de las Curtiembre, Basado en Marketing Ecológico. Tesis del Master en Marketing Internacional Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. pág. 5,21-25.

RODRÍGUEZ, A. 1985, ¿Qué es el Cuero? Curso sobre Curtido al cromo. CIATEG. México. s. pág.

ROQUE, J. 2014. Estimación de heredabilidad de peso vivo y longitud de mecha en alpacas huacaya. Tesis de Magister Scientiae en Producción Animal. UNALM. Lima. Perú. pág. 90.

SALVADOR, C. 2013. Historia de la industria curtidora Argentina: desde salta y Tucuman hasta Riachuelo. Editorial Dunken. Buenos Aires. Argentina. pág. 16.

SÁNCHEZ, R.; GISMERA, M.; SEVILLA, M.; PROCOPIO, J. 2009. Chromium (III) determination without simple treatment by batch and flow injection potentiometry. Analytica Chimica Acta. Vol. 639. pág. 69.

SANMARCO, U. 1998. Curtidos orgánicos en la producción de cueros para automóviles. Cromogenia Units. Barcelona- España. pág. 1-9.

SANTA CRUZ, M. 1984. Piel de Auquénidos en la industria del cuero. Lima. Perú. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pág. 87-95.

SCHORLEMMER, P. 2002. Resistencia al frote del acabado del cuero. 2ª ed. Asunción. Paraguay. Edit. Karmen. pág. 19-56.

SECONDINI, O. 1950. Curtiduría y Curtientes en Guatemala. Instituto de Fomento de la Producción Sección Forestal. Guatemala. pág. 20-48, 70-120.

- SOLER, J. 2008. Procesos de curtido. Sn. Barcelona, España. Editorial CETI. pág. 12-45, 97-98.
- SUMAR, J. 1988. Present and potential role of South American camélidos in the highandes in: Outlook of Agricultor. Vol. 17 N° 1 pág. 25-32.
- THORSTENSEN, E. 2002. El cuero y sus propiedades en la Industria. 3ª ed. Múnich, Italia. Edit. Interamericana. pág. 325-386.
- THORSTENSEN, T Y DUBOST, CH. 1985. Estudio sobre el sistema químico de apalambrado. The journal of the American Leather Chemist Association. Vol. 80. 2. pág. 47-53.
- TREJO, W. 1993. Tecnología del cuero II. Departamento de Producción Animal- Programa de Ovino y camélidos Americanos (POCA). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. pág. 30.
- TREJO, W. 2002. Procesamiento Industrial del Cuero. Departamento de Producción Animal – Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. pág.183.
- ULLMAN, F. 1953. Enciclopedia de Química Industrial. Tomo XIII. Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona. España. pág. 1012.
- VARGAS, R. 2005. Estudio de la elaboración de cuero a partir de la piel seca de lisa (*Mugil cephalus*). Tesis Ing. Zootecnista. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. pág. 40-58.
- VÉLEZ, V.; J. TORRES, V. LEYVA y W. GARCÍA. 2007. Características de la histología de la piel de alpaca. Escuela de Postgrado, Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Perú. Subproyecto de Investigación y Extensión Agrícola PIEA INCAGRO-UCSM. Pág. 1-8.
- VILLAVECCHIA, V. 1963. Tratado de química analítica. Tomo ii. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España. pág. 1012.

VISITACIÓN, L. CESARE, M. Y TELLEZ, L. 2012. Manual práctico para la producción de cuero hasta wet blue para el pequeño productor. CONVENIO N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI. Lima. Perú. pág. 32.

ZARATE, A. 1992. Procesamiento y Curtido de Pieles. Torres, J. 1 ed. Lima. Perú. s.e. pág. 94-133.

ZARATE, A. 1993. Tecnología de la Conservación y Curtido en Pieles. En Manual de producción de alpacas y tecnología de sus productos. Proyecto TTA. Lima, Perú. s.e. pág. 96-118.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: LEY GENERAL DEL AMBIENTE

#### LEY GENERAL DEL AMBIENTE

##### TÍTULO PRELIMINAR

##### DERECHOS Y PRINCIPIOS

###### Artículo I.- Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

###### Artículo II.- Del derecho de acceso a la información

Toda persona tiene el derecho a acceder adecuada y oportunamente a la información pública sobre las políticas, normas, medidas, obras y actividades que pudieran afectar, directa o indirectamente, el ambiente, sin necesidad de invocar justificación o interés que motive tal requerimiento.

Toda persona está obligada a proporcionar adecuada y oportunamente a las autoridades la información que éstas requieran para una efectiva gestión ambiental, conforme a Ley.

###### Artículo III.- Del derecho a la participación en la gestión ambiental

Toda persona tiene el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El Estado concerta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.

###### Artículo IV.- Del derecho de acceso a la justicia ambiental

Toda persona tiene el derecho a una acción rápida, sencilla y efectiva, ante las entidades administrativas y jurisdiccionales, en defensa del ambiente y de sus componentes, velando por la debida protección de la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, así como la conservación del patrimonio cultural vinculado a aquellos.

Se puede interponer acciones legales aun en los casos en que no se afecte el interés económico del accionante. El interés moral legitima la acción aun cuando no se refiera directamente al accionante o a su familia.

###### Artículo V.- Del principio de sostenibilidad

La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

## ANEXO 2: LEY GENERAL DE AGUAS

### REGLAMENTO DE LOS TÍTULOS I, II Y III DEL DECRETO LEY N° 17752 "LEY GENERAL DE AGUAS"

#### CAPITULO IV

#### DE LOS USOS ENERGETICOS, INDUSTRIALES Y MINEROS

**Artículo 134°.-** El Director General de Aguas, Suelos e Irrigaciones, mediante licencia podrá otorgar usos de agua para generación de energía, considerando el siguiente orden de preferencia:

- a. Para proyectos incluidos en planes nacionales, regionales o zonales de electrificación;
- b. Para servicios públicos de poblaciones;
- c. Para servicios propios de empresas cooperativas;
- d. Para servicios propios de empresas privadas; y,
- e. Para otros servicios

*[Artículo modificado mediante art. 1° del D.S. N° 158-81-AG, publicado el 19.11.81]*

**Artículo 135°.-** Para el otorgamiento de la licencia para uso de agua con fines de generación de energía, a que se refiere el artículo anterior, se requiere el pronunciamiento del Consejo Superior de aguas respecto a los usos múltiples posibles de obtenerse.

En caso positivo se remitirá el expediente a las reparticiones correspondientes del sector público a fin de que se coordine y reajuste el proyecto presentado, de acuerdo a los planes que la utilización de dichas aguas puedan generar.

**Artículo 136°.-** Los usuarios de agua para generación de energía, están obligados a captarlas y devolverlas en los puntos señalados en el proyecto aprobado, debiendo contar en ambos lugares con las obras o instalaciones de medición que para tal fin se hayan determinado; y sólo será aceptable la disminución del volumen devuelto en la proporción de la evaporación calculada.

**Artículo 137°.-** Los usuarios a que se refiere el artículo anterior están obligados a remitir periódicamente a la Autoridad de Aguas de la jurisdicción y con la anticipación debida, la programación de los planes del uso de las aguas en forma detallada y concreta, en los que deberá figurar con toda claridad los días y las horas en que se efectuará variaciones del caudal captado y devuelto, con el propósito de que dicha autoridad lo tenga en consideración para los efectos de los usos ubicados aguas abajo del punto de devolución.

**Artículo 138°.-** Las aguas destinadas a otros usos, podrán ser otorgadas para la generación de energía, siempre que no se contravenga ninguna de las disposiciones contenidas en el artículo 32° de la Ley General de Aguas.

**Artículo 139°.-** Todos los usuarios de las aguas destinadas a generación de energía quedan sujetos a las disposiciones contenidas en el Título II de la Ley General de Aguas y las demás que le sean aplicables con excepción de las relativas a la implantación de servidumbre, que se regirán por lo determinado en los Artículos del 205° al 224°, Título XII, del Reglamento correspondiente de la Ley de Industria Eléctrica N° 12378.

**Artículo 140°.-** El Director General de Aguas, Suelos e Irrigaciones, otorgará licencias para usos de agua con fines industriales, preferentemente para los comprendidos en los planes y programas nacionales, regionales y zonales de promoción y desarrollo y para las industrias destinadas a competir en el mercado común de los países del Pacto Andino. En todos los casos, y especialmente para aquellas industrias que se ubiquen dentro de las poblaciones o las demandas solicitadas en zonas aledañas, deberá procurarse atender provenientes de fuentes subterráneas.

*[Artículo modificado mediante art. 1° del D.S. N° 158-81-AG, publicado el 19.11.81]*

**Artículo 141°.-** Cuando las aguas que se soliciten provengan de redes destinadas al abastecimiento de poblaciones los interesados presentarán los estudios técnicos que demuestren que no existen recursos de agua subterráneas para el fin propuesto, ni disponibilidades de otras fuentes superficiales, lo que será debidamente comprobado por la Dirección General de Aguas e Irrigación del Ministerio de Agricultura y Pesquería accediéndose al pedimento en el caso que hubieren excedentes disponibles, después de cubiertas y previstas las necesidades de uso doméstico de la población respectiva y siempre que se trate de pequeñas industrias que las empleen como materia prima consumida en los procesos industriales, utilizada para enfriamiento, en instalaciones sanitarias y otras.

**Artículo 142°.-** Las aguas subterráneas destinadas a la industria, no estarán comprendidas en los planes de cultivo y riego, ni en los cálculos de las disponibilidades para uso agrícola, salvo el caso que posteriormente a su utilización industrial sea empleada con fines de riego, y en los casos de emergencia previstos en la Ley General de Aguas.

**Artículo 143°.-** Los desagües y efluentes provenientes de la industria deberán ser evacuados preferentemente en redes o canales especialmente construidos para estos fines, permitiéndose hacerlo en las redes y alcantarillados de las poblaciones, solamente previo tratamientos requeridos para evitar el deterioro de dichas redes. En todos los casos no podrán contaminar ni polucionar las aguas superficiales o subterráneas ni las capas acuíferas, así como los terrenos de cultivo y los potencialmente cultivables.

Los trabajos, obras o instalaciones que se requieran y la Autoridad ordene, para efectuar los procesos que impida la contaminación o polución de las aguas o el deterioro de las redes de desagüe, serán ejecutados o pagados por los industriales usuarios de las aguas; pero si vencido el plazo señalado para la construcción o instalación de ellos, dichas obras se hubieran realizado, la Autoridad Sanitaria podrá solicitar a la de Aguas la suspensión del suministro, sin perjuicio de aplicar la sanción a que hubiese lugar.

## **ANEXO 3: REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**

### **DECRETO SUPREMO N° 019-97-ITINCI REGLAMENTO DE PROTECCION AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**

Artículo 1.- **Ámbito.** El presente Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera desarrolla las normas contenidas en el Decreto Legislativo N° 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales; en el Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada y en sus normas modificatorias y complementarias; en la Ley N° 23407, Ley General de Industrias; en la Ley N° 26786, Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades; en el Artículo 104 de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, tratados internacionales suscritos y ratificados por el país que forman parte de la legislación nacional, y alcanza a todas las personas naturales o jurídicas del Sector Público o Privado que realicen actividad industrial manufacturera a nivel nacional.

Artículo 2.- **Lineamientos de Política Ambiental.** La Política Ambiental del Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales (MITINCI) se rige por las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales; Ley Orgánica y Reglamento de Organización y Funciones del MITINCI y por los siguientes lineamientos:

1. Incorporar el principio de prevención en la gestión ambiental, privilegiando y promoviendo prácticas de prevención de la contaminación que reduzcan o eliminen la generación de elementos o sustancias contaminantes en la fuente generadora; que coadyuven a que la industria manufacturera realice cambios en los procesos de producción, operación, uso de energía y de materias primas en general, con el objeto de reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente.
2. Cuando no sea posible la reducción o eliminación de elementos contaminantes en la fuente de origen, se promoverá y apoyará prácticas de reciclaje y reutilización de desechos como medio para reducir los niveles de acumulación de éstos. En caso no sea posible, se recurrirá a prácticas de tratamiento o control de la contaminación y adecuada disposición de desechos.
3. El establecimiento de mecanismos de participación del sector productivo privado, la sociedad civil organizada y la población, que proporcionen elementos para la definición y ejecución de la política ambiental del Sector, incorporando entre otros el acceso libre a la información y la audiencia pública.
4. La creación y mantenimiento constante de información técnica y especializada con el objeto de medir y documentar los niveles y variaciones de contaminantes generados por la actividad productiva; conocer los resultados de las medidas de prevención y control adoptadas, así como registrar la reducción de elementos contaminantes con la respectiva incidencia en los costos y beneficios de tales acciones.
5. La creación, mantenimiento, sistematización y difusión de esta información deberá ser coordinada con el Consejo Nacional del Ambiente - CONAM.

coordinación intersectorial que se realice a través del CONAM. 2. Propiciar la implementación futura de instrumentos económicos para promover la prevención de la contaminación, el reciclaje y fomentar la adopción de tecnologías limpias. 3. Propiciar el ejercicio descentralizado de las funciones ambientales del Sector. 4. Promover la capacitación y el entrenamiento destinado a un adecuado cumplimiento de las obligaciones contenidas en el presente Reglamento.

Artículo 3.- Definiciones. Para los efectos de este Reglamento se definen los siguientes términos:

Auditor Ambiental.- Toda persona jurídica inscrita en el MITINCI de acuerdo a las disposiciones de este Reglamento, dedicada a la fiscalización y verificación del cumplimiento de las normas de conservación del ambiente. Autoridad Ambiental Competente.- Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. Código.-Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales aprobado por Decreto Legislativo N° 613 del 7 de setiembre de 1990 y sus modificatorias. Consultor Ambiental.- Son las personas jurídicas que se encuentran inscritas en el Registro del MITINCI y en consecuencia autorizadas a elaborar y suscribir Informes Ambientales, Diagnósticos Ambientales Preliminares (DAP), Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Contaminante Ambiental.- Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada su calidad original a un nivel que es perjudicial para la salud, el bienestar humano o los ecosistemas. Contaminación Ambiental.- Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el ambiente, de contaminantes que por su concentración, al superar los patrones ambientales establecidos o por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales y nocivas a la naturaleza o a la salud. Control de la Contaminación - Tratamiento.- Prácticas destinadas a reducir, mitigar o eliminar el efecto contaminante de los residuos o formas de energía resultado de las emisiones o efluentes que se dan al final del proceso de producción. Declaración de Impacto Ambiental (DIA).- Es el documento que se presentará para aquellos proyectos o actividades nuevas de la industria manufacturera, modificaciones o ampliaciones, cuyos riesgos ambientales no estén dentro de los contenidos en el Artículo 14 del Reglamento. Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP).- Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA que contiene los resultados derivados del programa de monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo, con el objeto de evaluar los impactos e identificar los problemas que se estén generando en el ambiente por la actividad de la industria manufacturera. Estudio de Impacto Ambiental (EIA).- Estudio que contiene la evaluación y descripción de los aspectos físico-químicos, naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza y magnitud de proyecto, midiendo y previendo los efectos de su realización; indicando prioritariamente las medidas de prevención de la contaminación, y por otro lado, las de control de la contaminación para lograr un desarrollo armónico entre las actividades de la industria manufacturera y el ambiente. El Estudio de Impacto Ambiental contendrá, por lo menos, la información a que se refiere el Artículo 13 del presente Reglamento, pudiendo la Autoridad Competente a través de la aprobación de Guías para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, definir términos de referencia o requerir información y contenidos complementarios, en función al riesgo de la actividad o a las características distintivas de las actividades o subsectores de la industria manufacturera. Guías de Manejo Ambiental.- Documentos de orientación expedidos por la Autoridad Competente sobre lineamientos

aceptables para los distintos subsectores o actividades de la industria manufacturera con la finalidad de propiciar un desarrollo sostenible. En consideración a las características distintivas de cada subsector o actividad de la industria manufacturera, la Autoridad Competente podrá preparar Guías de Manejo Ambiental aplicables solamente a uno o más de éstos. Informe Ambiental.- Reporte que debe ser presentado por los titulares de actividades de la industria manufacturera en los plazos que establezca la Autoridad Competente y de acuerdo al formato que se apruebe por Resolución Ministerial, a fin de informar a la Autoridad Competente sobre las emisiones y vertimientos de residuos peligrosos y contaminantes que sean resultado de las operaciones y para dar seguimiento al Estudio de Impacto Ambiental, Declaración de Impacto Ambiental o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental presentado. Instrumentos Económicos.- Medidas que actúan sobre los costos o beneficios para modificar el comportamiento de los actores económicos en modo favorable a la protección del ambiente. Límite Máximo Permissible.- Nivel de concentración o cantidades de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible. Los Límites Máximos Permisibles son revisados por la Autoridad Competente cada cinco años. Patrones Ambientales.- Son las normas, directrices, prácticas, procesos e instrumentos, definidos por la Autoridad Competente con el fin de promover políticas de prevención, reciclaje y reutilización y control de la contaminación en el sector de la industria manufacturera. Los Patrones Ambientales incluyen los Límites Máximos Permisibles de emisión. Plan de Cierre.- Medidas que debe adoptar el titular de la actividad de la industria manufacturera antes del cierre de operaciones, para evitar efectos adversos de ambiente producidos por los residuos sólidos, líquidos y gaseosos que puedan existir almacenados en depósitos que pudieran aflorar en el corto, mediano o largo plazo. Prevención de la Contaminación.- Prácticas destinadas a reducir o eliminar la generación de contaminantes o contaminación en la fuente generadora por medio del incremento de la eficiencia en el uso de las materias primas, energía, agua y otros recursos. La reducción de contaminación en la fuente generadora podrá incluir modificaciones en los equipos o tecnologías, cambios en los procesos o procedimientos, reformulación o rediseño de productos, sustitución de materias primas, mejoras en el mantenimiento, entrenamiento del personal y controles de inventario. Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).- Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medios para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; y reducir o eliminar las emisiones o vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente. Programa de Seguimiento y Control.- Es el muestreo sistemático y permanente con métodos y tecnología, adecuada al medio en que se realiza el Programa, para determinar la presencia y concentración de contaminantes emitidos o vertidos en el ambiente con fines de prevención, monitoreo, seguimiento y control y para la verificación del cumplimiento de las metas contenidas en la Declaración de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Ambiental o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental y la legislación ambiental vigente. Protocolo de Monitoreo.- Ordenada serie de pasos o acciones de estricto cumplimiento, necesarios para evaluar una situación específica y obtener la información lograda a través del muestreo. Reciclaje o Reutilización.- Incorporación de residuos, insumos o productos finales a procesos de producción diseñados para eliminar o minimizar sus efectos contaminantes. Residuos Peligrosos.- Son aquellos residuos que, en función a sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad pueden presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al ambiente, por lo que deben ser depositados de manera controlada. No incluyen los residuos radioactivos.

Artículo 4.- Autoridad Competente.- La Autoridad Competente en materia ambiental para la industria manufacturera es el MITINCI, ente gubernamental encargado de:

1. Establecer la normatividad sobre protección del ambiente para las actividades de la industria manufacturera, priorizando la adopción de prácticas de prevención de la contaminación; coordinando intersectorialmente y con el CONAM los objetivos de protección ambiental que sustentan la política ambiental a su cargo.
  2. Aprobar las DIA, los EIA y los PAMA y autorizar la ejecución de los mismos.
  3. Fiscalizar el efecto ambiental producido por las actividades industriales en sus centros operativos y áreas de influencia, determinando la responsabilidad del titular de la actividad de la industria manufacturera en caso de producirse una violación a las disposiciones ambientales aplicables a la industria manufacturera e imponiendo las sanciones del caso.
  4. Racionalizar los procedimientos destinados al cumplimiento de las obligaciones ambientales por los titulares de la industria manufacturera, con el objeto, entre otros, de evitar la duplicidad o superposición de requerimientos sectoriales.
- 
5. Establecer de común acuerdo con los Gobiernos Regionales y Locales la participación del MITINCI en la elaboración de los Planes de Desarrollo Urbano e Industrial; particularmente en lo que se refiere a la zonificación.
  6. Coordinar con las autoridades competentes de los demás Sectores y con el CONAM las acciones destinadas al cumplimiento de los objetivos de protección ambiental.

## ANEXO 4: DECRETO SUPREMO N° 003-2002-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2 inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, establece en el Artículo I de su Título Preliminar, que es obligación de todos la conservación del ambiente y, en particular del Estado, la prevención y control de la contaminación ambiental;

Que, de acuerdo con el artículo 50 del Decreto Legislativo N° 757, "Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada", las Autoridades Sectoriales Competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, de conformidad con los artículos 4 y 5 de la Ley N° 27789, corresponde al Ministerio de la Producción proponer políticas y normas de protección del medio ambiente y recursos naturales aplicables a las actividades industriales manufactureras, supervisando su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, se aprobó el Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera, el cual establece las obligaciones que deben cumplir las empresas industriales manufactureras para prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, para lo cual sin embargo se requiere determinar los límites máximos permisibles de contaminación ambiental;

Que, por Decreto Supremo N° 044-98-PCM se aprobó el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, el mismo que establece que el estudio para definir la propuesta de LMP será desarrollado por el Sector asignado en el Programa Anual de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, y sometido a consulta pública para su posterior aprobación mediante Decreto Supremo con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

Que, la Resolución Presidencial N° 088-99-CONAM/PCD que aprobó el Programa Anual 2000, autorizó la formulación de la propuesta de Límites Máximos Permisibles aplicables a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel;

Que, se ha cumplido con los tramites y requisitos establecidos en la normatividad vigente, contándose con la recomendación de la Comisión Ambiental Transectorial para su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118 de la Constitución Política del Perú y el inciso 2) del Artículo 3 del Decreto Legislativo N° 580, Ley del Poder Ejecutivo; y,

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

DECRETA:

**Artículo 1.- Alcance.**

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con instalaciones existentes o por implementar, que se dediquen en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

## Artículo 2.- Glosario de Términos.

Para los efectos de la presente norma se considera:

**a. Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

**Límite Máximo Permisible de Efluentes para alcantarillado:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan al alcantarillado, que al ser excedido puede ocasionar daños a la Infraestructura del Sistema de Alcantarillado y procesos de tratamiento de las aguas servidas, y consecuentemente afectación a los ecosistemas acuáticos y salud de las personas.

**Límite Máximo Permisible de Efluentes para aguas superficiales:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan a las aguas superficiales, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, los ecosistemas acuáticos y la infraestructura de saneamiento, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

**Límite Máximo Permisible para emisiones de los hornos:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o compuestos de los hornos que se descargan al ambiente, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

**b. Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP):** Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA que contiene los resultados derivados del programa de monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo, con el objeto de evaluar los impactos a identificar los problemas que se estén generando en el ambiente por la actividad de la industria manufacturera.

**c. Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA):** Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente.

**d. Guía de Manejo Ambiental:** Documento de orientación expedido por la Autoridad Competente sobre lineamientos aceptables para los distintos subsectores o actividades de la industria manufacturera con la finalidad de propiciar un desarrollo sostenible.

En consideración a las características distintivas de cada subsector o actividad de la industria manufacturera, la Autoridad Competente podrá preparar Guías de Manejo Ambiental aplicables solamente a uno o más de éstos.

e. **Guía de Buenas Prácticas:** Documento que permite identificar oportunidades de mejoras asociadas a la industria manufacturera y describir métodos de operación y prácticas industriales que pueden ser implementadas con el fin de utilizar más eficientemente los recursos, gestionar adecuadamente los residuos y en general reducir los impactos ambientales ocasionados por la industria manufacturera.

f. **Valor Referencial:** Nivel de concentración de contaminantes o valor de parámetro físico y/o químico que debe ser monitoreado obligatoriamente para el establecimiento de los límites máximos permisibles.

#### **Artículo 3.- Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales.**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel, en los términos y condiciones que se indican en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

#### **Artículo 4.- Límites Máximos Permisibles para Actividades en Curso o que se inician.**

Los Límites Máximos Permisibles aprobados son de cumplimiento obligatorio e inmediato para el caso de las actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Tratándose de actividades en curso a la fecha de vigencia de la presente norma, los Límites Máximos Permisibles deberán ser cumplidos en un plazo no mayor de cinco (5) años, que excepcionalmente podrá ser extendido por un plazo adicional no mayor de dos (2) años, en los casos en los cuales los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental prioricen acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las Guías de Manejo Ambiental. El Ministerio de la Producción determinará en forma particular, los plazos que corresponde a cada titular de la actividad manufacturera, al momento de la aprobación del respectivo Diagnóstico Ambiental Preliminar o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, según corresponda.

#### **Artículo 5.- Valores Referenciales para curtiembre y papel**

Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles.

En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

#### **Artículo 6.- Programas de Monitoreo para los subsectores cemento y papel.**

Las empresas del Subsector Cemento deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para el parámetro  $SO_2$ , con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita establecer el Límite Máximo Permisible para este parámetro.

Las empresas del Subsector Papel, según corresponda de acuerdo a su proceso, deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para los parámetros H<sub>2</sub>S, Cloro y Amoníaco, con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 028-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita determinar los Límites Máximos Permisibles para estos parámetros.

El Ministerio de la Producción en casos justificados podrá determinar una frecuencia trimestral para la realización de los monitoreos.

CONCORDANCIA: [R.M. N° 288-2008-PRODUCE, Art. 1](#)

#### **Artículo 7.- Diagnóstico Ambiental Preliminar**

Las empresas industriales manufactureras en actividad de los Subsectores cemento, cerveza y papel, deberán presentar un Diagnóstico Ambiental Preliminar al Ministerio de la Producción, para lo cual dentro del plazo de treinta (30) días útiles de publicado el presente Decreto Supremo, comunicarán a la autoridad competente el nombre de la empresa de consultoría ambiental debidamente registrada, a la que el titular de la actividad manufacturera hubiese contratado para cumplir con lo dispuesto en la presente norma.

La referida comunicación deberá precisar la fecha de inicio del monitoreo necesario para la formulación del correspondiente DAP, documento este último que deberá ser presentado en un plazo no mayor de treinta (30) días útiles de concluido el monitoreo.

La fecha de inicio del monitoreo a que se refiere el párrafo precedente deberá concretarse dentro del plazo máximo de noventa (90) días calendario de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Para el caso de las empresas pertenecientes al subsector curtiembre, el Ministerio de la Producción propondrá posteriormente las medidas preventivas, de mitigación y/o correctivas a ser implementadas a corto plazo.

#### **Artículo 8.- Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).**

Las empresas que en cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo y que como resultado de la evaluación de su DAP deban ejecutar un PAMA u otras medidas de adecuación ambiental, están obligadas a presentar informes semestrales al Ministerio de la Producción, dando cuenta de los monitoreos efectuados y del cumplimiento de sus obligaciones de adecuación ambiental.

El Ministerio de la Producción en función a la complejidad de los distintos casos, determinará el plazo para la formulación y presentación de los respectivos PAMA.

#### **Artículo 9.- Micro y Pequeña Empresa Industrial.**

De conformidad con lo establecido en el Artículo 8 del Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, la micro y pequeña empresa industrial está obligada a cumplir lo dispuesto en la presente norma, pudiendo hacerlo en forma colectiva por grupo de actividad industrial, por concentración geográfica u otros criterios similares, previa conformidad expresa del Ministerio de la Producción.

#### **Artículo 10.- Empresas con PAMA aprobados.**

Las empresas comprendidas en el presente Decreto Supremo que a la fecha tengan aprobado o se encuentren ejecutando un PAMA u otros estudios de adecuación ambiental similares, adecuarán sus LMP a los establecidos en la presente norma, sin perjuicio de las condiciones y plazos en ellos establecidos. En casos debidamente acreditados, se podrá obtener plazos especiales de adecuación.

#### **Artículo 11.- Plazo de adecuación.**

El plazo de adecuación no excederá de 5 años contados a partir de la aprobación del PAMA respectivo; pudiendo ser extendido por un plazo no mayor de 2 años, en los casos en que los PAMAs contengan acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las guías de manejo ambiental.

El PAMA contará con un Cronograma detallado de cumplimiento para su respectivo seguimiento.

#### **Artículo 12.- Del incumplimiento de las disposiciones. .**

Los casos de incumplimiento serán tratados conforme al Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades en la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI.

#### **Artículo 13.- Refrendo.**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y por el Ministro de la Producción y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

#### **DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA:**

**Primera.-** Los Valores Referenciales establecidos en el Anexo N° 2 para los Subsectores de Curtiembre y Papel, tendrán un período de vigencia de 2 años a partir de la fecha publicación de la presente norma, debiendo los titulares de dichas empresas realizar un programa de monitoreo de 2 años, con una frecuencia semestral. Posteriormente, entrarán en vigencia los Límites Máximos Permisibles que durante este período el Ministerio de la Producción establezca en base a los monitoreos y estudios realizados. Para tal efecto, los titulares de las empresas deberán presentar reportes de medición de los parámetros establecidos, de acuerdo a lo dispuesto en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones de Efluentes Líquidos aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

CONCORDANCIA 8: [R.M. N° 283-2003-PRODUCE, Art. 1](#)

**Segunda.-** Los LMP para el subsector papel, en cuanto a los parámetros de partículas, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y VOC, serán propuestos en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y demás sectores involucrados, a partir, entre otros, de la información resultante de la implementación del Proyecto "Eficiencia Energética de los Calderos Industriales", el cual comprende a todos los Sectores que utilizan calderos en sus procesos productivos.

**Tercera.-** El Decreto Supremo N° 028-80 del 29.11.80 "Reglamento de Desagües Industriales" se mantiene vigente en todo lo que no se oponga a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de octubre del año dos mil dos.

ALEJANDRO TOLEDO

Presidente Constitucional de la República

LUIS SOLARI DE LA FUENTE

Presidente del Consejo de Ministros

EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ

Ministro de la Producción

#### ANEXO 1

#### LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9		6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)								3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml							*	*

\* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para este parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de este LMP.

#### LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50

Sulfuro (mg/l)		1	0.5
Cromo VI (mg/l)		0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)		2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100ml		4000	1000
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)		20	10

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

\*\* Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

## ANEXO 2

### VALORES REFERENCIALES DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO Y AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO DE LOS SUBSECTORES CURTIEMBRE Y PAPEL

PARÁMETRO	CURTIEMBRE (Alcantarillado)	PAPEL	
		Aguas Superficiales	Alcantarillado
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 - 9.5		
Demanda Química de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/l	1000	250	1000
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/l	2500	1000	3000
Sólidos Suspendidos Totales (SST), 1000 mg/l			
Sulfuro, (mg/l)	10		
Cromo + 6 (mg/l)	0.5		
Cromo Total (mg/l)	5		
Nitrógeno Amoniacal (N - NH <sub>3</sub> ), mg/l	50		

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre y papel que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

## ANEXO 3

### LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP) PARA EMISIONES DE LOS HORNOS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA DEL PERÚ

Parámetro	Horno	LMP (mg/m <sup>3</sup> )
Material Particulado	En curso	250
		150

	Nuevo	
--	-------	--

La emisión de material particulado (MP) por horno (EH) es el promedio ponderado de las emisiones de la totalidad de las chimeneas de cada horno, incluyendo la chimenea de bypas para control de álcalis o cloro y se calcula con la siguiente ecuación:

$$EH = (\sum CiQi) / \sum Qi$$

Donde:

EH = Emisión combinada de la línea de producción, en mg/m<sup>3</sup>

Ci = Concentración de la chimenea "i", en mg/m<sup>3</sup>

Qi = Flujo de gases de la chimenea "i", en m<sup>3</sup>/seg

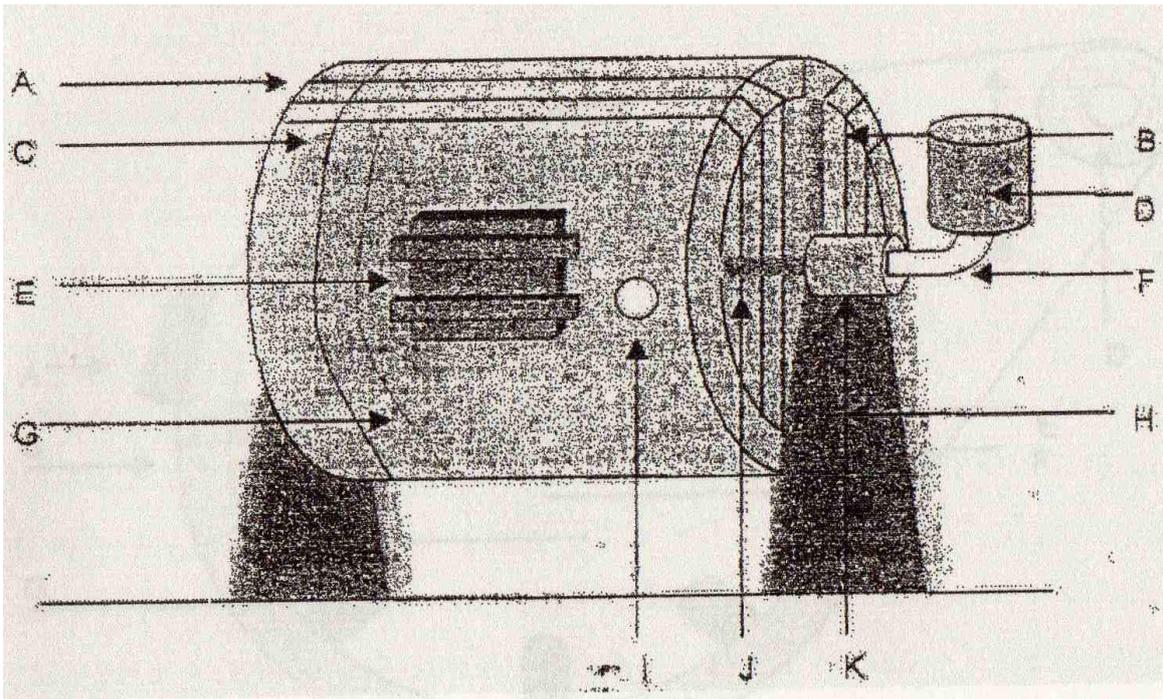
i = Número de chimenea

## **ANEXO 5: EL BOTAL**

El botal tiene una geometría cilíndrica cuya altura se ubica en forma horizontal, el diámetro del botal en forma perpendicular al suelo, está formada de madera de tornillo y/o pino. La altura del cilindro está formada por listones de madera de 1,200 mm de largo, posee un diámetro de 1540 mm. El espesor de los listones de madera es de 2" para toda la estructura del botal. El ancho es variable de 2" a 5". Los ejes son huecos con diámetros de 3" en ambos casos, donde se unen a chumaceras de acero que a su vez se apoyan en dos bases de concreto.

El eje de alimentación es de 300 mm de largo que ingresa por uno de los ejes y se conecta al exterior con el fulón que sirve como vía de ingreso de soluciones, sin la necesidad de abrir la puerta de madera 580 mm de largo x 440 mm de ancho, que se alternan con una escotilla de rejillas para los lavados y otra sólida para las rotaciones, al lado derecho se ubica un orificio de desfogue de 3" de diámetro. En el interior del botal existen tarugos de madera perpendicular al eje de 150 mm de largo x 2" de diámetro, que tienen la función de golpear las pieles para ablandarlas. El nivel máximo de agua es hasta el eje, con volumen aproximado de 1.02 m<sup>3</sup>, donde el excedente se vierte al exterior por el mismo eje. El botal posee externamente 4 fajas de jebe en V que se unen a un motor de 4 HP y 15 r.p.m, el control de rotación y frenado se realiza por medio de un interruptor que se ubica en la pared.

## Diagrama de un Botal

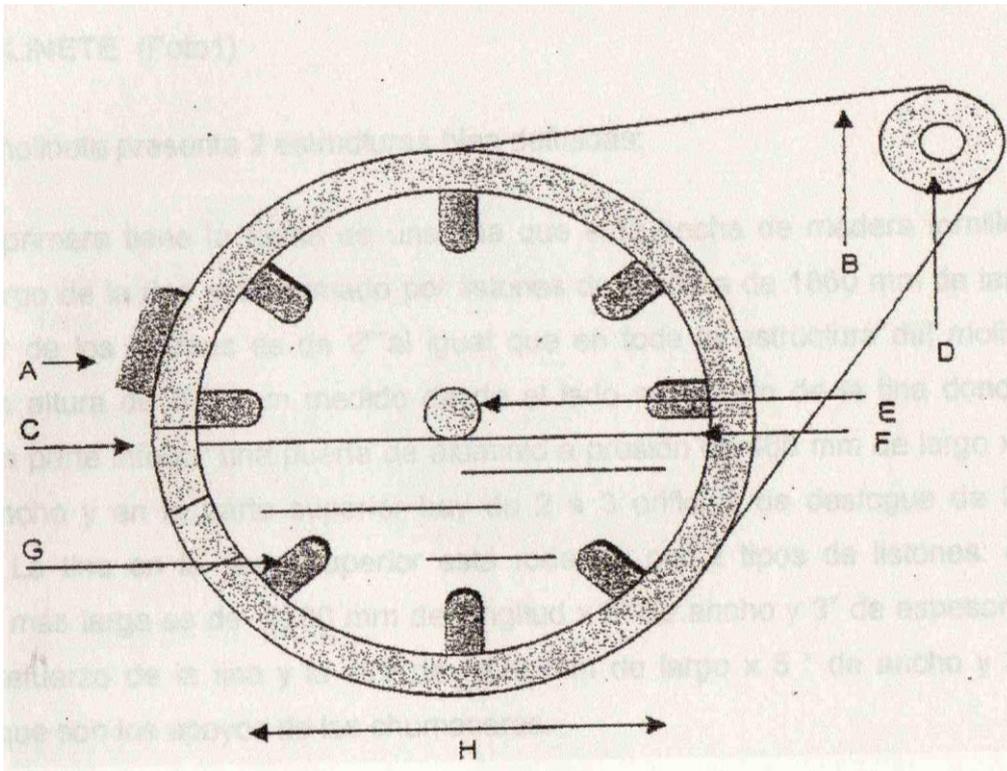


Leyenda: "Diagrama de un botal"

Escala 1:20

- A. Listones de madera tornillo y/o pino: 1200 mm de largo x 2" de espesor.
- B. Listones de madera tornillo y/o pino: 2" de espesor.
- C. Fajas de jebe en V: 4 unidades.
- D. Fulón: recipiente de plástico donde se agregan las soluciones hacia el botal.
- E. Puerta de madera con escotilla: 580 mm de largo x 440 mm de ancho.
- F. Eje de alimentación vía fulón:  $\varnothing 3''$  x 300 mm de largo.
- G. Zuncho de seguridad de metal:  $\varnothing 0.5''$  que rodean toda la superficie exterior del diámetro del botal (4 unidades).
- H. Base de concreto: 1500 mm de largo x base mayor (600 x 400 mm) y base menor (400 x 120 mm).
- I. Orificio de desfogue:  $\varnothing 3''$
- J. Listones de madera entrecruzadas: 1540 mm de largo x 6" de ancho x 2" de espesor.
- K. Chumacera de metal:  $\varnothing 4''$  x 80 mm de largo.

## Corte transversal de un botal



Leyenda: "Corte transversal de un botal"

Escala: 1:20

A. Puerta de madera con escotilla: 580 mm de largo x 440 mm de ancho.

B. Fajas de jebe en V: 4 unidades

C. Listones de madera tornillo y/o pino: 1200 mm de largo x 2" de espesor.

D. Motor: 4 HP y 15 r.p.m

E. Eje de alimentación vía fulón:  $\varnothing$  3" x 300 de largo.

F. Nivel máxima de agua

G. Tarugos de madera tornillo y/o pino perpendicular al eje 2" x 150 mm de largo.

H. Botal: Dimensiones:  $\varnothing$  1540 mm y 1098 mm de largo

Volumen: 1.02 m<sup>3</sup>

Capacidad: 60 a 70 pieles

## **ANEXO 6: LA MAQUINA DESCARNADORA**

### Datos técnicos:

- Largo de trabajo útil : 1500 m/m
- Velocidad del motor : 1450 r .p .m
- Potencia instalada : 15 HP
- Peso neto : 2450 kg

### Características:

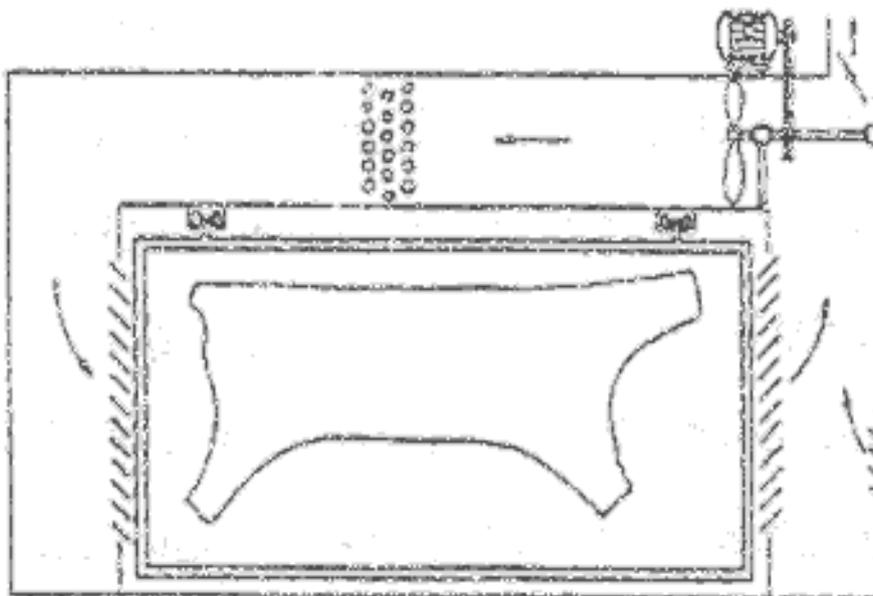
- La máquina es especialmente adecuada para descarnar pieles de cabras, de ovejas, de carneros, terneros, venados, etc.
- La apertura y el cierre de cilindro se efectúan hidráulicamente. Este automatismo permite una superior velocidad de maniobra y la parada instantánea de la carrera de cierre en cada momento, evitando así cualquier daño a las pieles y peligro al operario.
- El movimiento de apertura puede ser regulado automáticamente mediante un temporizador.
- El traslado se consigue utilizando un hidromotor de precisión notable. La velocidad de rotación del cilindro de transporte y en consecuencias las velocidad de traslado de la piel, puede variar de modo continuo desde 5 hasta un máximo de 42 metros por minuto debido a la rotación de un pomo.
- La variación del espesor de la piel se efectúa por la operación de un pequeño volante a estrella, graduado para indicar el espesor de las pieles de trabajo.
- La máquina esta provista de una mesa de seguridad de protección del cilindro operador. Al menor ligero contacto con eta mesa, se efectúa la fase de apertura, eliminando así cualquier peligro al operario.

## **ANEXO 7: LA MAQUINA TOGGLING DE SECADO EN HUMEDO.**

Una unidad de toggling consiste en una cantidad de chapas perforadas colocadas en un secador de temperatura y humedad controladas. El cuero se estira y se sujeta mediante un número de abrazaderas (ganchos especiales o toggles) que se enganchan en las chapas. El toggling tiene la ventaja de permitir el secado de grandes cantidades de cuero en un espacio relativamente pequeño; además, durante el secado se estira el cuero. Tiene la desventaja de que resulta difícil mantener y controlar condiciones de temperatura y humedad constantes.

Después de la escurridora los cueros son colocados sobre marcos y asegurados a los mismos con pinzas que sirven para impedir que el cuero se contraiga (es un material natural), por la acción del calor. Sucesivamente los cueros pasan por un túnel caliente acondicionado a una determinada humedad que los vuelve muy ligeros y blandos. Este método es similar a aquél utilizado en los tiempos antiguos cuando los cueros eran extendidos en el suelo y asegurados con clavos; de aquí el porqué de llamar a los cueros, en esta fase, «Clavados». Incluso con el uso de menos calor, la ausencia de las pinzas permite a los cueros de «encogerse» presentando, al final del secado, una notable suavidad y fluidez pero, al mismo tiempo, una notable compactibilidad.

### **Maquina Toggling de secado en húmedo**



## ANEXO 8: PRODUCTOS QUÍMICOS.

EUSAPON OC	Desengrasante universal no iónico. Desengrasante, extraordinario efecto humectante y emulsionante además de ser biodegradable.
SMART WET	Enzimas proteolíticas de remojo. Buen poder dispersante de grasas naturales y suciedad, solubilización de proteínas residuales y polisacáridos interfibrilares, favorece la penetración del agua en la piel relajando la estructura fibrosa.
SULFURO DE SODIO	(Na <sub>2</sub> S) Es una sal de ácido muy fuerte y base fuerte a la vez. Por su elevado pH que comunica a la solución y su poder reductor, es el producto principal de la mayoría de los procesos de pelado. Provoca hinchamientos acusados y fuerte turgencia. Altas cantidades son peligrosas por el ataque en la piel. No produce alto efecto liotrópico
CAL	(Ca (OH) <sub>2</sub> ) o Hidróxido de calcio. Por sí solo, no tienen un poder depilante acusado e incluso puede comportarse como inmunizador de pelo, por lo que se usa como agente auxiliar junto con productos depilantes a fin de provocar por su baja solubilidad (1,4 gr/l) un efecto tampón de pH 11.5 a 12, adecuado para el depilado. Así mismo por su efecto liotrópico especial limita el hinchamiento turgente que otros productos producen en la piel. Su escasa

	<p>solubilidad puede provocar problemas de abrasión sobre las pieles y así mismo irregularidades en su efecto por fenómenos de decantación.</p>
<p>MOLLESCAL L-ND</p>	<p>Compuesto orgánico de acción reductora. No contiene sulfuro sódico ni aminas, acción depilante sobre el folículo piloso, reduce tensión de la estructura fibrosa, disminución de hinchamiento alcalino.</p>
<p>SMART LIME</p>	<p>Enzimas vehículo de pelambre. Facilita el pelambre y evita el uso de tenso activos, aminas y desengrasantes. Disminuye la cantidad de sulfuro de sodio.</p>
<p>TAUROLIME 2E</p>	<p>Auxiliar enzimático. Poder desengrasante y humectante, acelera el proceso de depilación, reduce la cantidad de sulfuro empleado, incrementa la distensión de la estructura dérmica, ideal para recuperación del pelo.</p>
<p>MOLLESCAL PA</p>	<p>Sal de sodio de ácido poli carboxílico. Efecto dispersante de los productos químicos y mejora la solubilidad de la cal, elimina la suciedad adherida a la piel.</p>

TAUROLIME DC	Este producto esta hecho en base a sulfato de amonio, el cual sirve, como su propio nombre lo indica, para sacar la cal penetrada durante el calero en la piel.
FENOLFTALEINA	Reactivo usado para ver si el desencalado ha sido efectivo o no. Se hecha sobre la piel desencalada, si esta presente una coloración quiere decir que aún residuos de cal.
MACERANTE 1500	Enzima pancreática. Enzima pancreática selectiva con propiedades específicas en el proceso de rendido de las pieles.
SAL	Es la sal industrial no apta para consumo humano, se usa antes del piquelado para prevenir un hinchamiento de la piel provocado por el ácido.
ACIDO FÓRMICO (85%)	Es el ácido más usado para el proceso de piquelado, el cual acondiciona la piel para el curtido.
VERDE BROMOCRESOL	Reactivo usado para comprobar si hubo penetración del ácido en la piel, al finalizar el proceso de piquelado.
SULFATO DE CROMO	Producto usado para el proceso de curtido, llamado Sulfato básico de Cromo.

RELUGAN GT 50	Recurtiente 50 por ciento de glutaraldehído. Puede ser utilizado para todo tipo de piel como agente de recurtido o como agente único de recurtido. Alta capacidad de dispersión de la grasa. Da cueros suaves y resistentes a la transpiración.
TAUROTAN RO	Tanino sintético de sustitución. Tanino sintético de sustitución, base fenólica, modificado. Neutralizante con buenas propiedades dispersantes y curtientes.
TAUROTAN SF	Tanino sintético fenólico. Tanino sintético Fenólico de uso en la Curtición y Recurtición de cueros minerales y vegetales de buena estabilidad a la luz.
SMART OIL PSA	Combinación de derivados sulfuro ester. Da pieles con menos peso, no da problemas de olores fuertes, no se oxida o formación de Cr 6+, altos niveles de resistencia al calor y a la luz.
SMART OIL FS	Ester de ácido fosfórico de hidrocarburos alifáticos de alto peso molecular Buena distribución del agente recurtiente, fijación parcial en las fibras efecto antiestático, uniforme distribución de la rasa natural y buena igualación de tintura.
BICARBONATO DE SODIO	Se usa para el basificado y neutralizado.

ANILINA	Son productos orgánicos con color, solubles en agua o en disolventes orgánicos. Este tipo de colorantes se usa en la terminación del cuero, son productos concentrados y no deben contener minerales.
TAUROTAN CM-35	Polímero engrasante. Doble efecto recurtiente y engrasante, efecto de llenura, pieles suaves, mejora la resistencia al desgarre y elasticidad de la flor.
TAMOL NNOL	Polímero catiónico para tintura. No contiene formaldehído, efecto aflojador, buena estabilidad al calor, aumento de la solidez al lavado, tinturas iguales y brillantes.
PIGMENTO	Es una sustancia con color, insolubles, en forma de polvo y que están dispersas en agua o solventes orgánicos. El medio más habitual es dispersarlos en fase acuosa por razón de moda; los dispersados en solventes se usan generalmente para corregir tonos o colores de último momento.
LACA AL AGUA	Es un éster derivado de nitrocelulosa o acetobutirato de celulosa. Se emplea como protección final del acabado contra el desgaste, rayado y abrasión, forman películas más o menos duras, brillantes y con resistencia al frote, incluye sobre el aspecto y tacto de la piel: además facilita la operación de planchado.

**ANEXO 10: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CROMO TOTAL DE LOS EFLUENTES DE CURTIDO.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH**  
**LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO**  
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



**Nº 002974**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA**

**SOLICITANTE** : PAMELA ELIZABETH ALVAREZ ASCUE  
**PROYECTO** : Características Tecnológicas del cuero capellano de Alpaca Huacaya( lama pacos)Adulfa, curtido mediante los metodos WET WHITE Y WET BLUE"  
**PROCEDENCIA** : La Molina  
**RESPONSABLE ANALISIS** : Ing. Nore Arévalo Flores  
**FECHA DE ANALISIS** : La Molina, 18 de Marzo del 2016

<b>Nº LABORATORIO</b>		2974
<b>Nº DE CAMPO</b>		Efluente de Curtido
<b>Cromo</b>	<b>mg/L</b>	1085.00

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO  
  
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ  
 JEFE DE LABORATORIO





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH**

**LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO**

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



**Nº 00297**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO  
DE AGUA**

**SOLICITANTE**  
**PROYECTO**

: PAMELA ELIZABETH ALVAREZ ASCUE  
: Características Tecnológicas del cuero capellano de Alpaca Huacaya( lama pacos), curtido mediante los metodos WET WHITE Y WET BLUE"

**PROCEDENCIA**

: La Molina

**RESPONSABLE ANÁLISIS**

: Ing. Nore Arévalo Flores

**FECHA DE ANÁLISIS**

: La Molina, 14 de Marzo del 2016

<b>Nº LABORATORIO</b>	<b>2971</b>
<b>Nº DE CAMPO</b>	<b>Efluente de Curtido</b>
<b>Cromo mg/L</b>	<b>0.72</b>

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

ING. ANTONIO ENRIQUE GUTIERREZ  
JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO 11: RESULTADOS INDIVIDUALES DEL ESPESOR DEL CUERO**

	T2 (Método de curtido wet-white)								T1 (Método de curtido wet-blue)							
	Cuero 1		Cuero 2		Cuero 3		Cuero 4		Cuero 5		Cuero 6		Cuero 7		Cuero 8	
Resultados individuales y promedio, respectivamente (mm)	1.014	0.94	1.009	1.02	1.339	1.31	1.119	1.14	0.959	0.99	1.379	1.43	1.049	1.25	1.540	1.60
	0.944		1.024		1.129		1.139		0.869		1.464		1.319		1.630	
	0.849		1.029		1.269		1.184		1.069		1.464		1.314		1.585	
	0.849		1.069		1.449		1.169		0.999		1.424		1.244		1.580	
	0.994		0.984		1.359		1.109		1.039		1.414		1.309		1.645	

**ANEXO 12: RESULTADOS INDIVIDUALES DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CUERO**

	T2 (Método de curtido wet-white)				T1 (Método de curtido wet-blue)			
	Cuero 1	Cuero 2	Cuero 3	Cuero 4	Cuero 5	Cuero 6	Cuero 7	Cuero 8
Resultados individuales y promedio, respectivamente (Flexiones)	A más de 30 000	A 20 000	A más de 30 000	A 10 000	A más de 30 000	A más de 30 000	A más de 30 000	A más de 30 000

**ANEXO 13: RESULTADOS INDIVIDUALES DE RESISTENCIA AL DESGARRO DEL CUERO**

T1 - CUERO 5			
SENTIDO	ESPELOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.11	77.12	77.12
		76.07	
		78.17	
T	1.00	110.87	104.44
		111.87	
		90.57	
			90.78

T1 - CUERO 6			
SENTIDO	ESPELOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.50	93.67	87.13
		78.17	
		89.54	
T	1.51	113.88	101.74
		102.83	
		88.51	
			94.43

T1 - CUERO 7			
SENTIDO	ESPELOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.29	93.67	96.07
		94.71	
		99.82	
T	1.31	109.87	101.47
		98.81	
		95.74	
			98.77

T1 - CUERO 8			
SENTIDO	ESPELOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.63	91.61	101.10
		105.85	
		105.85	
T	1.62	103.84	106.52
		107.86	
		107.86	
			103.81

T2 - CUERO 1			
SENTIDO	ESPEJOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	0.97	54.10	55.83
		58.26	
		55.14	
T	0.95	82.30	78.50
		76.07	
		77.12	
			67.17

T2 - CUERO 2			
SENTIDO	ESPEJOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.02	41.62	40.93
		41.62	
		39.54	
T	0.98	48.90	55.14
		49.94	
		50.98	
			48.03

T2 - CUERO 3			
SENTIDO	ESPEJOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	1.28	48.90	49.94
		49.94	
		50.98	
T	1.30	65.59	70.13
		70.83	
		73.98	
			60.04

T2 - CUERO 4			
SENTIDO	ESPEJOR (mm)	FUERZA DE DESGARRO (N)	FUERZA DE DESGARRO PROMEDIO (N)
L	0.98	45.78	44.39
		44.74	
		42.66	
T	1.04	70.83	65.94
		65.59	
		61.40	
			55.17

**ANEXO 14: RESULTADOS INDIVIDUALES DE RESISTENCIA A LA TRACCION DEL CUERO**

W-W CUERO 1				
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )		FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	0.85	20.98	19.65	18.21
		20.83		
		17.14		
T	0.86	16.10	16.76	
		17.56		
		16.63		

W-W CUERO 2				
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )		FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	0.97	23.58	24.59	20.97
		23.98		
		24.22		
T	0.92	17.74	17.35	
		17.64		
		16.66		

W-W CUERO 3				
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )		FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	1.49	15.39	19.16	16.15
		20.12		
		21.95		
T	1.44	15.85	13.15	
		12.32		
		11.28		

W-W CUERO 4				
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )		FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	0.98	25.22	23.06	19.34
		23.18		
		20.78		
T	0.89	16.57	15.63	
		14.66		
		15.65		

W-B CUERO 5			
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )	FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	1.16	28.31	30.45
		33.18	
		29.85	
T	1.06	16.51	14.11
		14.18	
		11.65	
			22.28

W-B CUERO 6			
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )	FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	1.15	27.56	27.09
		27.37	
		26.35	
T	1.18	20.54	20.49
		20.89	
		20.04	
			23.79

W-B CUERO 7			
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )	FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	1.04	25.10	23.10
		20.63	
		23.58	
T	1.10	17.84	16.70
		15.47	
		16.78	
			19.90

W-B CUERO 8			
SENTIDO	ESPESOR (mm)	FUERZA DE TRACCION (N/mm <sup>2</sup> )	FUERZA DE TRACCION PROMEDIO (N/mm <sup>2</sup> )
L	1.19	27.40	26.34
		23.24	
		28.37	
T	1.34	15.35	15.19
		14.01	
		16.20	
			20.76

**ANEXO 15: RESULTADOS INDIVIDUALES DE RESISTENCIA A LA ROTURA DE FLOR DEL CUERO**

	T2 (Método de curtido wet-white)								T1 (Método de curtido wet-blue)							
	Cuero 1		Cuero 2		Cuero 3		Cuero 4		Cuero 5		Cuero 6		Cuero 7		Cuero 8	
Espesor	0.90		1.02		1.15		0.86		1.07		1.21		0.94		1.18	
Rotura de flor (mm)	10.13	9.24	9.50	8.65	10.85	9.05	9.34	8.72	10.28	9.55	10.54	9.11	9.56	9.51	10.39	8.65
	9.74		9.42		10.38		9.14		10.49		9.82		11.19		9.37	
	9.87		9.35		10.17		9.49		10.20		10.07		10.16		9.82	
Rotura total (mm)	9.87		9.35		10.17		9.49		10.20		10.07		10.16		9.82	

**ANEXO 16: RESULTADOS INDIVIDUALES DE TEMPERATURA DE CONTRACCION DEL CUERO**

	T2 (Método de curtido wet-white)								T1 (Método de curtido wet-blue)							
	Cuero 1		Cuero 2		Cuero 3		Cuero 4		Cuero 5		Cuero 6		Cuero 7		Cuero 8	
Temperatura de contracción (°C)	76.5		75.3		75.5		73.4		95.6		91.3		93.3		94.1	
	76.3	76.5	75.4	75.4	75.8	75.5	73.6	73.6	95.6	95.6	91.1	91.1	93.6	93.6	94.3	94.2
	76.7		75.5		75.3		73.8		95.7		91.0		93.8		94.3	
% de encogimiento (%)	5.27		4.00		3.33		2.00		10.40		3.33		7.20		2.00	
	7.20	6.56	4.00	3.33	5.27	3.53	2.00	2.00	10.40	10.40	2.00	2.44	7.20	6.56	2.00	2.67
	7.20		2.00		2.00		2.00		10.40		2.00		5.27		4.00	

**ANEXO 17: RESULTADOS DEL NIVEL DE CROMO TOTAL EN EFLUENTE DE CURTIDO**

	T2 (Método de curtido wet-white)	T1 (Método de curtido wet-blue)
NIVEL DE CROMO TOTAL (mg/L)	0.72	1085.00

Favor de revisar esta sección del anexo en el ejemplar impreso disponible en la Sala Tesis de la Biblioteca Agrícola Nacional "Orlando Olcese" de la Universidad Nacional Agraria La Molina- UNALM debido a que tiene el texto "Prohibida la reproducción total o parcial de este documento"

# ANEXO 18: ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

SAS Output

Page 3 of 31

## Sistema SAS

### Procedimiento GLM

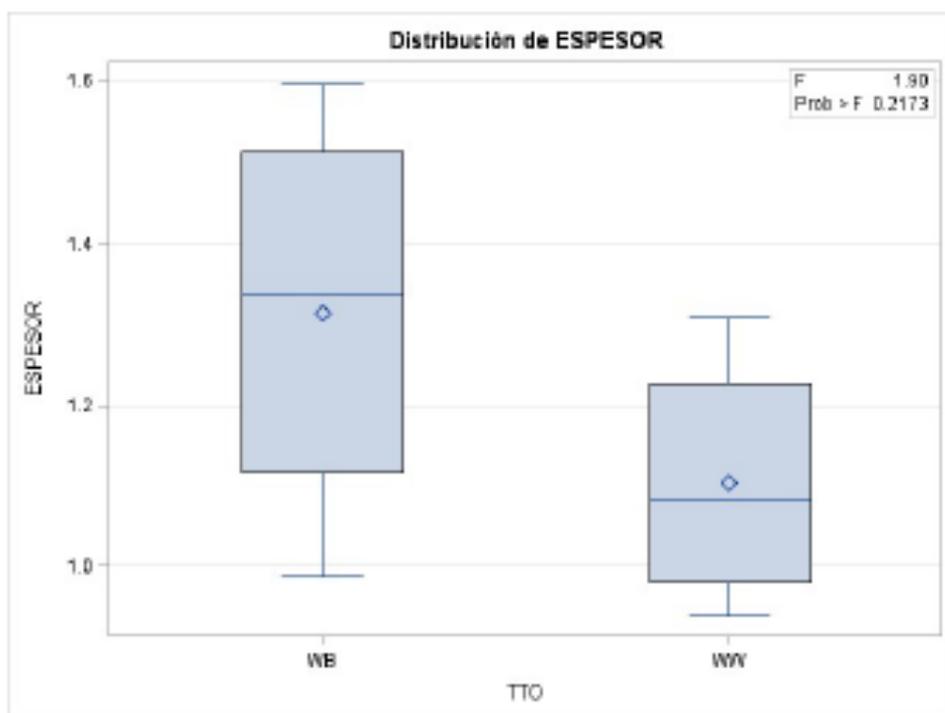
Variable dependiente: ESPESOR

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.08925313	0.08925313	1.90	0.2173
Error	6	0.28190575	0.04698429		
Total corregido	7	0.37115888			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ESPESOR Media
0.240471	17.92690	0.216759	1.209125

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	0.08925313	0.08925313	1.90	0.2173

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	0.08925313	0.08925313	1.90	0.2173



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

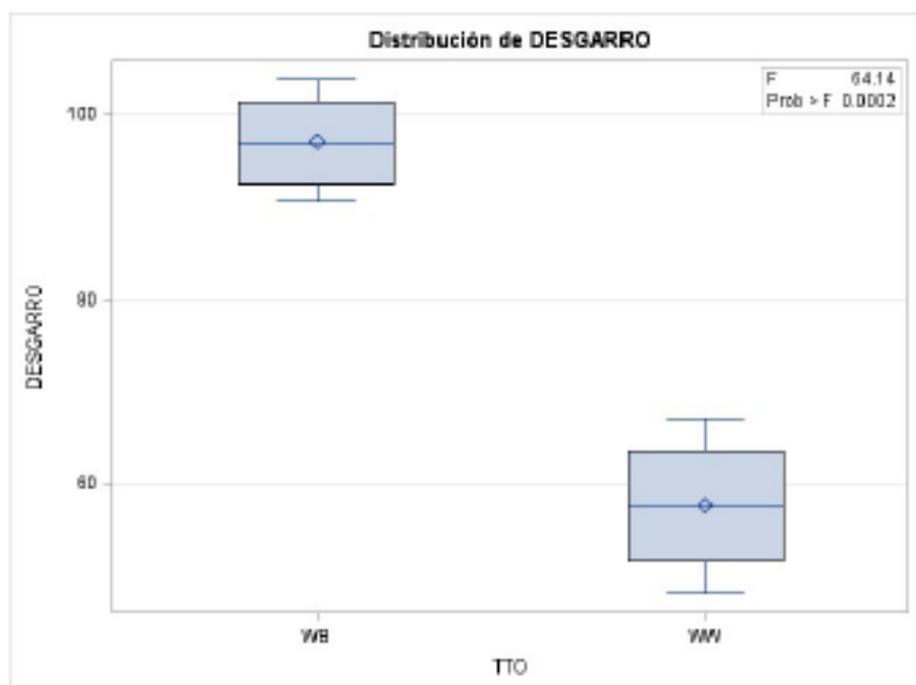
Variable dependiente: DESGARRO

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3096.517093	3096.517093	64.14	0.0002
Error	6	289.686730	48.281122		
Total corregido	7	3386.203823			

R-cuadrado	Coef Var	Ratz M&E	DESGARRO Media
0.914451	8.991935	6.948462	77.27438

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	3096.517093	3096.517093	64.14	0.0002

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	3096.517093	3096.517093	64.14	0.0002



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

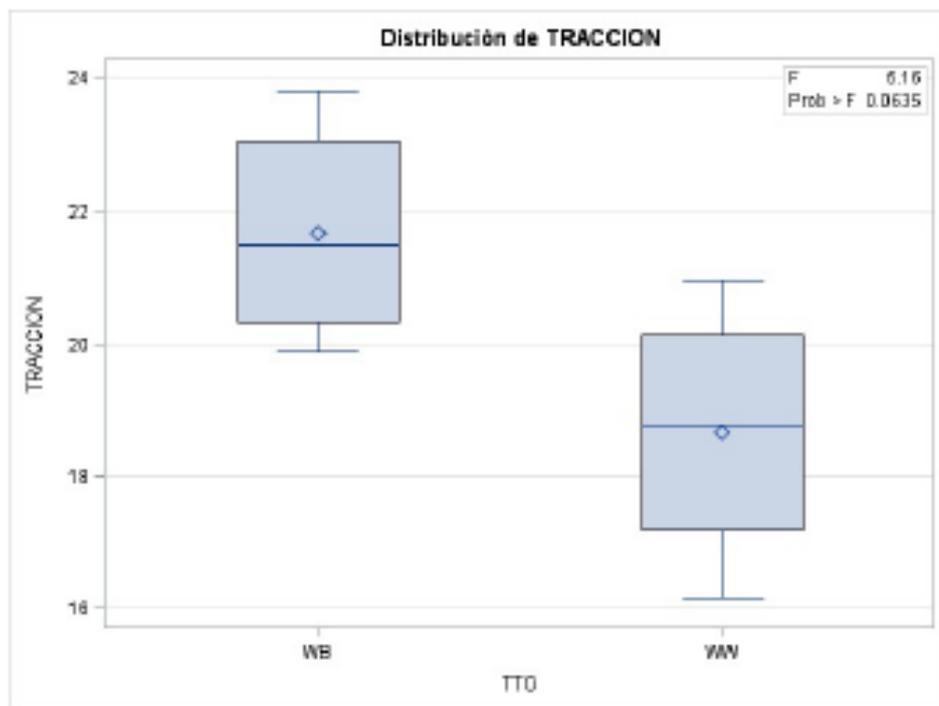
Variable dependiente: TRACCION

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	18.18547536	18.18547536	5.16	0.0635
Error	6	21.13086873	3.52181146		
Total corregido	7	39.31634409			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TRACCION Media
0.462542	9.301566	1.876649	20.17563

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	18.18547536	18.18547536	5.16	0.0635

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	18.18547536	18.18547536	5.16	0.0635



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

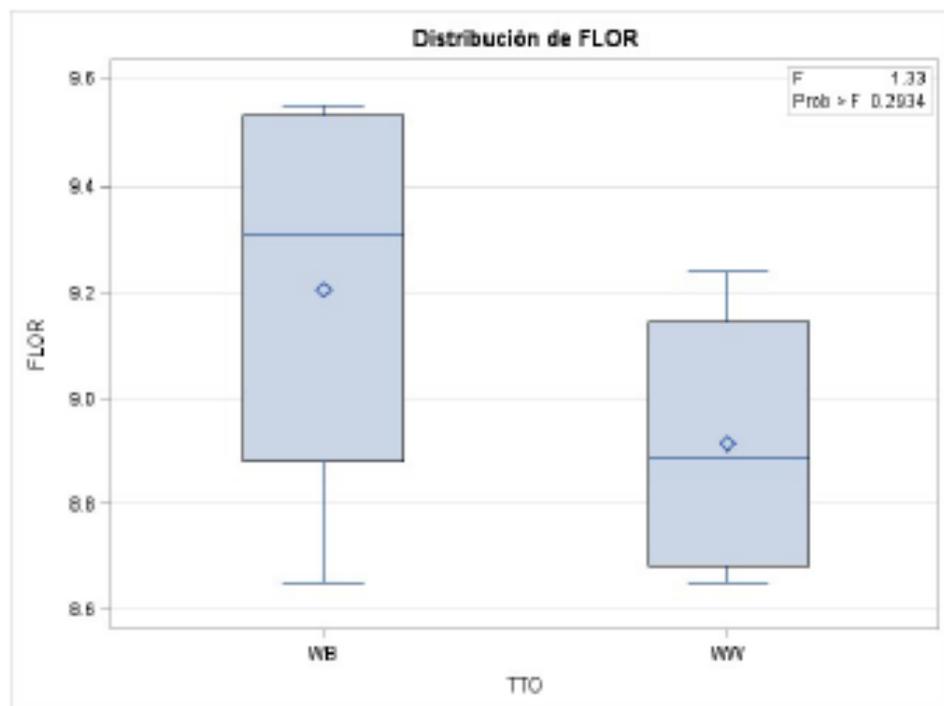
Variable dependiente: FLOR

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.16820000	0.16820000	1.33	0.2934
Error	6	0.76120000	0.12686667		
Total corregido	7	0.92940000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FLOR Media
0.180977	3.931385	0.356183	9.060000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	0.16820000	0.16820000	1.33	0.2934

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	0.16820000	0.16820000	1.33	0.2934



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: CONT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	675.8938888	675.8938888	270.33	<.0001
Error	6	15.0016667	2.5002778		
Total corregido	7	690.8955555			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONT Media
0.978287	1.872382	1.581227	84.45000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	675.8938888	675.8938888	270.33	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TTO	1	675.8938888	675.8938888	270.33	<.0001

