



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LAVADO DE LANA EN EL
LABORATORIO DE FIBRAS Y LANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
PECUARIAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**TIPO:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previa a la obtención del título de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORAS:

**JENNY ALEXANDRA CARRILLO PILLAJO
VERÓNICA GABRIELA SALGADO CUNIN**

RIOBAMBA-ECUADOR

2017

Este trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal

Ing. MC. Julio Mauricio Oleas López.

PRESIDENTE DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

Ing. MC. Edwin Darío Zurita Montenegro.

ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Riobamba, 26 de Julio del 2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras Jenny Alexandra Carrillo Pillajo con cédula de identidad **060495179-8** y Verónica Gabriela Salgado Cunin con cedula de identidad 060516697-4 declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Jenny Alexandra Carrillo Pillajo

060495179-8

Verónica Gabriela Salgado Cunin

060516697-4

Riobamba, 26 de Julio del 2017

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Ana Pillajo, que con su demostración de madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidades y recursos.

A mi padre Miguel Carrillo, aunque no está físicamente con nosotros pero sé que desde el cielo me cuida y me guía.

A mis hermanos, quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer para que siguiera adelante, que siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi esposo, que ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional, por acompañarme en todo este arduo camino y compartir alegrías y fracasos.

Jenny Carrillo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, Jose y Lolita quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

A mi esposo, Shondy, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante, su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar mi carrera.

A mis adoradas hijas Sherlyn y Krysthel quienes me prestaron el tiempo que les pertenecía, por ser mi fuente de motivación e inspiración, para poder superarme cada día mas y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis hermanos, a toda mi familia, compañeros, amigos y todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Gaby Salgado

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme superar todos los obstáculos que se presentaron en mi camino y concederme la dicha de finalizar una carrera.

A mi amado y querido esposo Carlos quien es parte de cada uno de los éxitos y logros obtenidos y quien ha sido el apoyo constante en mi vida, muchas gracias.

A mi querida madre Ana Pillajo por brindarme su amor, tiempo y esfuerzo mismos que ahora se ven convertidos en fruto por medio de este logro, gracias por ayudarme a ser una mujer de bien.

A mi padre

A mis hermanos Luis, Franklin y William por ser parte importante de mi vida, gracias por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de cada una de las etapas de mi vida.

Le agradezco la confianza y dedicación de mi Director de tesis Dr. Luis Hidalgo y mi asesor Msc. Edwin Zurita.

A Verónica por ser una buena amiga. Por todo el apoyo recibido para la realización de esta tesis. Por todos los consejos y el apoyo recibido en los momentos difíciles de la vida.

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

Jenny Carrillo

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mi director de tesis, Dr. Luis Hidalgo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mi madre, Lolita que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos

A mi padre, José, detrás de este logro está usted, su apoyo, confianza y cariño. Nada podría ser mejor: Gracias por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño compartido, por alentarme a hacer lo que quiero y ser como soy.

A mi esposo Shondy, gracias por su amor apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con usted.

A mis hijas Sherlyn y Krysthel por ser mi motor y mi fuerza mi motivación para terminar con éxito mi carrera.

A mis hermanos Katherine, Jhonny y Kelly por su confianza, sus consejos y por creer en mí siempre.

A mi abuelita Angelita y a toda mi familia por ser un pilar fundamental, quienes estuvieron siempre al pendiente de mí, por su apoyo y quererme sobre todas las cosas.

Gaby Salgado.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Anexos	x
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. LAS FIBRAS TEXTILES NATURALES	3
1. <u>La lana</u>	3
B. ONDULACIÓN DE LA FIBRA	6
C. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA	6
1. <u>Elongación y elasticidad</u>	7
2. <u>Absorción de humedad</u>	8
3. <u>Repelencia superficial</u>	9
4. <u>Aislación térmica</u>	9
5. <u>Flexibilidad</u>	10
6. <u>Afieltrado y encogimiento</u>	10
a. Voluminosidad	11
b. Estilo y caracteres	13
D. LAVADO DE LA LANA	14
E. LA MORFOLOGÍA DE LA FIBRA DE LANA	15
1. <u>Características externas de la fibra</u>	15
2. <u>Estructura de la fibra</u>	15
3. <u>Las queratinas de la lana</u>	17
4. <u>Contenido de aminoácidos en lana merino</u>	18
5. <u>Carácter anfótero de las queratinas</u>	18
6. <u>Enlaces en y entre las cadenas peptídicas</u>	20
a. Enlaces disulfuro	20
b. Enlaces isopéptidicos	21
c. Enlaces di-tirosina y tri-tirosina	21
d. Enlaces salinos	21
e. Enlaces hidrógeno	21

f.	Enlaces hidrofóbicos	22
7.	<u>Modificaciones químicas de la lana</u>	22
a.	La ruptura del enlace disulfuro	22
b.	La acción de agentes reductores	23
c.	La reducción / alquilación	24
d.	La sulfitólisis	24
e.	La acción de otros aniones sulfo-oxigenados	26
f.	La acción de agentes oxidantes	26
g.	La acción de los álcalis	28
h.	La acción de los ácidos	29
F.	LA ACIDULACIÓN	31
1.	<u>La acción del agua y el calor</u>	32
2.	<u>Tratamientos térmicos en húmedo sin tensión</u>	33
3.	<u>Tratamientos térmicos secos sin tensión</u>	33
4.	<u>Tratamientos térmicos en húmedo con tensión</u>	34
G.	PAUTAS FUNDAMENTALES PARA LA LIMPIEZA DE LANA DE OVEJA	36
1.	<u>Retirar la materia vegetal</u>	37
2.	<u>Prerremojado</u>	37
3.	<u>Lavado</u>	37
4.	<u>Enjuague</u>	37
5.	<u>Enjuaga de nuevo</u>	38
6.	<u>Secado</u>	38
H.	LAVADORA SOLAR PARA FIBRA DE LANA	38
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	40
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	40
C.	INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES	41
1.	<u>De campo</u>	41
2.	<u>De laboratorio</u>	41
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	42
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	42
1.	<u>Mediciones físicas</u>	42

2.	<u>Mediciones sensoriales</u>	42
3.	<u>Eficiencia del equipo</u>	42
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	42
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	43
1.	<u>Fabricación de lavadora de lana dos en uno, lavado y centrifugado</u>	43
2.	<u>Parámetros de construcción</u>	44
3.	<u>Construcción</u>	
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	51
1.	<u>Análisis Sensorial</u>	51
2.	<u>Análisis físico</u>	52
a.	Porcentaje de elongación	52
b.	Higroscopicidad	53
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	54
A.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	54
1.	<u>Parámetros de diseño</u>	54
a.	Parámetros Funcionales	55
b.	Capacidad de Carga	55
c.	Tamaño y Peso	55
d.	Tipo de Trabajo	56
e.	Materiales	56
f.	Vida Útil	56
B.	MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	57
C.	DISEÑO DEL PROTOTIPO MECÁNICO	58
1.	<u>Diseño del Tambor</u>	58
a.	Calculo del diámetro del tambor	60
2.	<u>Diseño de las aspas</u>	60
3.	<u>Calculo de los esfuerzos del tambor</u>	63
a.	Calculo debido a la presión interna	63
b.	Calculo del esfuerzo de rotación	66
D.	SELECCIÓN DEL MOTOR	68
1.	<u>Cálculo del momento Torsor</u>	69

a.	Momento de inercia del tambor	70
b.	Momento de inercia de las aspas	72
c.	Momento de inercia de la polea	73
d.	Momento de inercia de la cruceta	73
e.	Momento de inercia de las bridas o acoples	74
2.	<u>Cálculo de la potencia del motor</u>	75
a.	Cálculo de la eficiencia de la maquina	75
E.	FENÓMENOS QUÍMICOS EN EL LAVADO	75
1.	<u>Cálculo de la potencia de la bomba</u>	76
a.	Cálculo del Número de Reynolds	76
b.	Cálculo del facto de fricción	77
c.	Cálculo de las pérdidas por rozamiento	77
d.	Cálculo de las perdidas por accesorios	77
e.	Cálculo de la altura de carga	78
f.	Cálculo de la potencia de la bomba	78
2.	<u>Balance de materia en el flujo del proceso</u>	79
a.	Relación de agua de entrada y lana lavada	81
b.	Relación de entrada de detergente	81
c.	Cantidad de impurezas removida	82
d.	Eficiencia del lavado	82
F.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS	83
1.	<u>Porcentaje de elongación</u>	83
2.	<u>Porcentaje de higroscopia</u>	86
G.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA	89
1.	<u>Finura</u>	89
2.	<u>Coloración</u>	92
3.	<u>Tacto</u>	94

H.	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	97
1.	<u>Instrucciones de Seguridad</u>	97
a.	Atención	98
2.	<u>Instalación</u>	99
a.	Ubicación	99
b.	Plomería	99
c.	Desagüe de la lavadora	100
3.	<u>Panel de control y componentes</u>	100
4.	<u>Proceso de lavado y centrifugado</u>	101
a.	Pautas para el lavado	101
b.	Pautas para el enjuague y centrifugado	101
5.	<u>Mantenimiento</u>	102
a.	Limpieza de lavadora	102
6	<u>Especificaciones</u>	103
I.	ANÁLISIS DE COSTOS	104
1.	<u>Costos directos</u>	104
a.	Costo de materiales	105
2.	<u>Costos totales</u>	108
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	109
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	110
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	111
	ANEXOS	

RESUMEN

En el Laboratorio de lanas y fibras de la FCP, de la ESPOCH se realizó la implementación de un sistema de lavado de lana, para validar el equipo se utilizó como unidades experimentales muestras de lana ovina que fueron comparadas con fibra de llama. Los resultados indican que al efectuar el diseño e implementación del sistema de lavado de lana se utilizó materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación, ya que son equipos que funcionan con agua. Los resultados más altos, especialmente de elongación y porcentaje de higroscopia (32,67%), se consigue al lavar la lana ovina mientras que la mejor resistencia a la tensión (76,67 N/ cm²), finura de lana (4,67 puntos), coloración (4,67 puntos), y tacto (4,50 puntos), al lavar fibra de llama. El control de calidad, por medio de las pruebas físicas y sensoriales en el laboratorio, demostraron que existe una eficiencia alta del equipo que llega al 67%, la cual se irá elevando a medida que se adquiera experiencia en su funcionamiento, sin embargo se observa la lana muy limpia resistente y sedosa. Los costos del prototipo mecánico, fueron de 2140,15 dólares americanos que resultan considerablemente bajos en relación a equipos de procedencia internacional, que cumplen la misma función, sin embargo su vida útil muchas veces es inferior a la del presente prototipo mecánico ya que se ha realizado con materiales de primera calidad y mano de obra calificada. Es aconsejable leer las instrucciones del manual de mantenimiento y funcionamiento para conseguir resultados favorables.

ABSTRACT

The implementation of a wool washing system was done in the wool and fiber laboratory, samples of ovine wool were utilized as experimental units to validate the equipment which in turn were compared to fiber of alpaca. The results indicate that in effectuating the design and implementation of the wool washing system, materials of high resistance to corrosion and oxidation were used because they are water-working equipment. The highest results, especially of elongation and hygroscopy percentage (32, 67%), are achieved by washing the ovine wool whilst the best resistance to tension (76, 67 N/cm²), wool fineness (4, 67 points), coloration (4, 67 points), and tact (4, 50 points), when washing the fiber of alpaca. The quality control, through physical and sensory tests in the laboratory, showed that there is a high efficiency of the equipment that reaches 67%, which will be increased as experience is gained in its operation; however, it is observed very clean, resistant and silky wool. The costs of the mechanical prototype were US \$ 2140.15, which are considerably low in relation to equipment of international origin that fulfills the same function; nonetheless, its useful life is often inferior to the present mechanical prototype since it has been made with first class materials and skilled labor. It is advisable to read the instructions of the maintenance and operation manual for favorable results.

LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	ONDULACIONES DE LA FIBRA DE LANA DE ACUERDO A LA RAZA OVINA	7
2.	COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LA LANA SUCIA (VELLÓN).	14
3.	CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN LA LANA MERINO.	19
4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE REFERENCIA	40
5.	EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS: PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO	45
6.	LISTA DE PARTES DEL ENSAMBLE PANEL DE CONTROL	46
7.	LISTA DE PARTES DEL CUERPO DE LA LAVADORA.	47
8.	ENSAMBLE DE BASE LAVADORA	49
9.	ASIGNACIÓN DE JERARQUÍA PARA CADA ATRIBUTO	57
10.	RESULTADO DEL MÉTODO DE ATRIBUTOS PONDERADOS	58
11.	PESOS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y DE LOS IN SUMOS UTILIZADOS EN CADA ETAPA DEL LAVADO DE LANA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO	80
12.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	84
13.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	90
14.	INDICACION DEL NOMBRE DE CADA PARTE DEL EQUIPO	101
15.	TABLA DE INDICACIONES ESPECIFICAS DEL EQUIPO	103
16.	COSTO POR MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS.	104
17.	ACCESORIOS DEL PANEL DE CONTROL.	105
18.	MATERIALES Y COSTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DE LA LAVADORA	106
19.	MATERIALES Y COSTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BASE LAVADORA	107

20. MANO DE OBRA	107
21. TOTAL, DE COSTOS DIRECTOS	108
22. TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS	108

LISTA DE GRÁFICOS

N°		Pág.
1.	Estructura de la fibra de lana ovina.	4
2.	Ondulación de las fibras de colágeno.	6
3.	Tipos de fibras.	11
4.	Bosquejo de la lavadora de lana con disposición vertical.	58
5.	Corte interno del tambor.	61
6.	Porcentaje de elongación de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.	85
7.	Porcentaje de higroscopia de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.	87
8.	Finura de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.	91
9.	Coloración de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.	93
10.	Tacto de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias	95

LISTA DE FIGURAS

N°		Pág.
1.	Lavadora JCVS 2017	44
2.	Indica las instrucciones de seguridad	98
3.	Manera apropiada de ubicación de la lavadora de lana	99
4.	Colocación de la manguera en el grifo	99
5.	Indicación del sistema de desagüe de la lavadora de lana	100
6.	Muestra las partes del equipo	103
7.	Indica la manera apropiada de realizar la limpieza	103
8.	Ilustración de la forma adecuada de limpiar el filtro	104

LISTA DE ANEXOS

1. Estadísticas descriptivas del porcentaje de elongación de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
2. Estadísticas descriptivas de la higroscopia de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
3. Estadísticas descriptivas de la finura de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
4. Estadísticas descriptivas de la coloración de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias
5. Estadísticas descriptivas del tacto de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
6. Despiece del prototipo mecánica lavadora JCVS 2017.

I. INTRODUCCIÓN

Entre las primeras técnicas que aparecen en el neolítico hay cuatro muy importantes e íntimamente vinculadas entre sí: la cordelería, la cestería, la cerámica y la textil. La lana se puede usar como aislante natural en construcciones bioclimáticas, como absorbente de hidrocarburos, como abono, etc. En la cría de ovejas para producción de leche o carne se suele generar gran cantidad de lana, puesto que las ovejas se esquilan como mínimo una vez al año. Este subproducto de la cría de ovejas se suele usar en la industria textil, pero es escasa, la lana se suele considerar un residuo, en otros países en el Ecuador, si existe todavía esta cultura de uso. La tejeduría de punto, por otra parte, tiene su antecedente más probable en la fabricación de redes de pesca. Como una segunda piel, creadora de un microclima portátil, la vestimenta le ha protegido del calor y del frío permitiéndole extender sus comunidades, primero pocas y escasas, a casi todos los rincones del planeta por inhóspitos que estos fueran.

Pero, por otra parte, se debe tener también en cuenta que la vestimenta ha cumplido un rol cultural y social muy complejo e importante, marcando diferencias y jerarquías dentro de los grupos humanos. Dentro de esa evolución cultural la evolución de la ciencia y de las técnicas tiene una importancia fundamental en las grandes etapas evolutivas de las sociedades humanas de acuerdo a las formas de vinculación que tuvieron con el medio ambiente, con los recursos energéticos y con algunos de los materiales textiles disponibles. La lana fue también ampliamente utilizada por los cretenses, los griegos y los romanos pero no por los egipcios que, por razones religiosas, la consideraban impura.

En la edad media, la lana de mejor calidad era la inglesa pero, hacia fines del siglo XV, se producía también lana de calidad en el resto del continente europeo. Si bien los volúmenes de producción de la lana siempre fueron mucho menores que los correspondientes al algodón, es una fibra muy apreciada por sus propiedades especiales que la hacen ideal para confeccionar prendas de abrigo. Esas propiedades son fundamentalmente el rizo que permite obtener hilados voluminosos con buena aislación térmica así como su mayor liberación de calor al

absorber humedad. La elaboración de la lana se puede dar de forma industrial o de forma artesanal; la industrial se lleva a cabo mediante la utilización de ciertas maquinarias que aseguran una producción rápida y eficaz, pero la producción artesanal de la lana es un proceso más lento que requiere paciencia.

Manualmente se lava la lana con agua caliente, extrayendo todos los restos orgánicos que se van adhiriendo a ella a lo largo de la vida de la oveja, después se golpea la lana para aflojar las impurezas y luego se enjuaga con agua fría. La estructuración inicial del laboratorio de fibras y lanas de la Facultad de Ciencias Pecuarias, como parte de la evolución de la sociedad, su principal problema es el no contar con los equipos adecuados para la elaboración de productos, creando así un desconocimiento de estos procesos en la formación de nuevos profesionales; tomando en cuenta que los métodos convencionales requieren de un tiempo mayor al que se dispone en un periodo académico. Además que la industria de lana va dinamizándose y desarrollando equipos que ayudan a optimizar el tiempo y mejorar los procesos de lavado.

Por lo que es indispensable la implementación de este tipo de maquinaria obteniendo productos de calidad en menor tiempo, por lo cual los objetivos planteados fueron:

- Implementar un sistema de lavado de lana en el laboratorio de fibras y lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Evaluar la eficiencia del sistema de lavado de lana través de la comparación con un lavado de fibra de llama.
- Realizar el control de calidad de fibra de lana lavada, por medio de las pruebas físicas y sensoriales en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Elaborar una guía de funcionamiento del equipo, en la que se incluyan cada una de las piezas y su funcionalidad.
- Determinar los costos de construcción del equipo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. LAS FIBRAS TEXTILES NATURALES

Palet, D. (2005), desde el Neolítico, y hasta pasada la mitad del siglo XIX, el hombre solo dispuso de fibras naturales para elaborar hilados con los que tejería telas para después, con estas, confeccionar vestimentas y otros artículos textiles. Entre las fibras textiles naturales utilizadas por el Hombre se destacan cuatro: el algodón, el lino, la lana y la seda. En consideración a esos valores a la seda, que se obtiene como un largo filamento, se la considera una fibra “continua”, mientras que al algodón, al lino y a la lana, mucho más cortas que la seda, se las considera fibras “discontinuas”.

1. La lana

Arboleda, M. (2016), indica que para el control de calidad de la fibra de lana, se han cuantificado algunos parámetros de control para esta fibra, pero sin analizar los factores que operan a favor y en contra de cada uno de ellos. Aquí estudiaremos las influencias exógenas (ej: clima, nutrición) y endógenas (ej: raza, edad, sexo), así como las propiedades físicas, químicas y biológicas que componen a la fibra de lana. En orden de importancia se destacan las siguientes características, muchas de las cuales sirven como parámetros de control de calidad. También referido como “finura”, el diámetro es la característica más importante y a ella determina los usos a que será destinada esa fibra. Las lanas de fibras finas se usan para la elaboración de artículos de vestir de gran calidad, como se ilustra en el Gráfico 1.

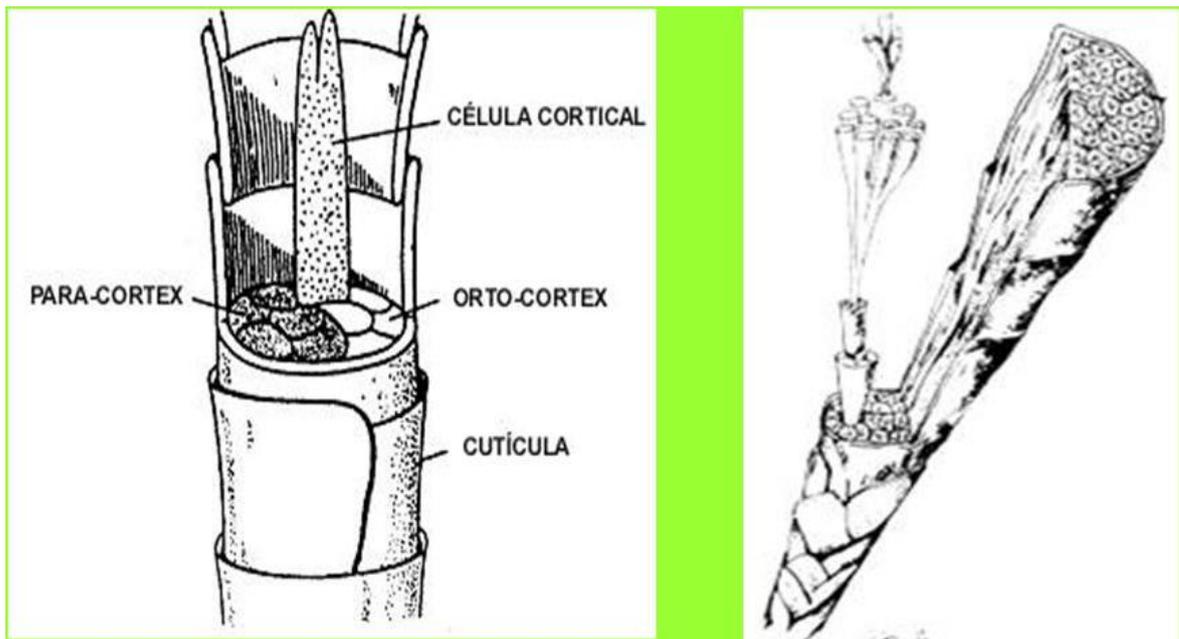


Gráfico 1. Estructura de la fibra de lana ovina.

Carrasco, M. (2016), menciona que está perfectamente definida para cada raza el rango de diámetros que le corresponde, y se extiende desde 16 micrones en merinos extra finas hasta 38 micrones en raza Leicester o aún mayores como en raza Lincoln de hasta 50 micrones. Ver longitud de fibras para más detalles.

Pérez, J (2016) indica que en líneas generales, y dentro de una misma raza, los carneros machos presentan lana más gruesa que los capones (machos castrados). El capón sin embargo tiene la lana de mayor diámetro que las hembras. En los animales jóvenes se pueden encontrar unas fibras duras que van desapareciendo hacia el año, conocidas como "halo". Los corderos que fueron esquilados jóvenes (a los 4 o 5 meses de vida), tiene menos fibras duras (o meduladas) que los que nunca lo fueron. Lentamente hasta que llegan al segundo año, se produce un perfeccionamiento de la fibra. Aumenta del diámetro y la conformación que la caracteriza, y se mantienen hasta que el animal llega a la edad adulta. A medida que el cordero se transforma en borrego y luego en adulto, algunos ovinos pierden finura en sus fibras pues se van engrosando. Pero en otros se observa una disminución del diámetro, hasta el punto de llegar al que poseían en los primeros meses de vida. Los factores exógenos son las influencias en el diámetro de la fibra debidas a causas externas o del medio ambiente.

Artigas, M. (2004), que la nutrición del animal es otro factor que se ha comprobado que afecta al diámetro de las fibras. Los animales que tienen altos niveles de alimentación engrosan su lana, mientras que aquellos que sufren deficiencias nutritivas, reducen el diámetro de la fibra a la par que su calidad. Las variaciones y/o daños a la fibra pueden ser de carácter temporal, o definitivo, según la gravedad de los problemas nutritivos que gravitaron sobre el organismo del animal. El clima en Argentina, como en otros países de explotación extensiva del ganado ovino, se presentan regiones con climas totalmente diferentes, que inciden sobre la flora y la naturaleza del suelo, y por lo tanto en la nutrición del animal. Por ejemplo las sequías o las lluvias excesivas actúan modificando la calidad y clase de los pastos y la constitución de los suelos. Otro ejemplo lo constituyen las variaciones de temperaturas. Las temperaturas extremas tienen efecto limitante, impidiendo el normal desarrollo de la vegetación. Las diferencias con relación a las estaciones de verano e invierno poseen un efecto similar sobre el desarrollo del pelo, observándose una disminución del diámetro con los fríos intensos. En cuanto a propiedades funcionales se refiere, se puede afirmar que los diámetros más gruesos dan hilados más ásperos y secos, que al ser tejidos originan géneros más compactos y rígidos. En tanto las fibras de menor diámetro dan hilados suaves que al ser tejidos generan telas con muy buena “mano y caída” (esto significa muy buena suavidad y flexibilidad al comprimirlo).

Altamirano, W. (2017), señala que casi todas las razas domésticas son blancas, aunque aún hay pequeños planteles de ovejas negras. Cuando se realiza la apreciación del color debe distinguirse entre el color real y el color aparente, determinado por la tonalidad de las secreciones y suciedades que la recubren. El color verdadero de la lana no se manifiesta plenamente hasta tanto no se la lave adecuadamente. El color de la lana sucia es importante para el comprador de lana, ya que puede predecir cuales coloraciones pueden ser eliminadas por el lavado y cuáles no. Excepto en casos muy particulares, en general la industria está interesada en que el color de la lana sea lo más blanco posible, ya que eso permite que la lana sea teñida con una gama más amplia de colores o ser blanqueada química y ópticamente y comercializada como blanca. Las lanas que presentan

alguna coloración que no desaparece con el lavado solo pueden ser teñidas con colores oscuros y son de menor valoración en el momento de la compra

B. ONDULACIÓN DE LA FIBRA

Borquez, J. (2016), reporta que una de las características más importantes que presenta la fibra de lana es la formación de ondulaciones regulares a lo largo de la misma. Es la forma más sencilla de distinguir respecto del pelo: La fibra de lana siempre es ondulada, mientras el pelo es siempre recto, como se ilustra en el Gráfico 2.

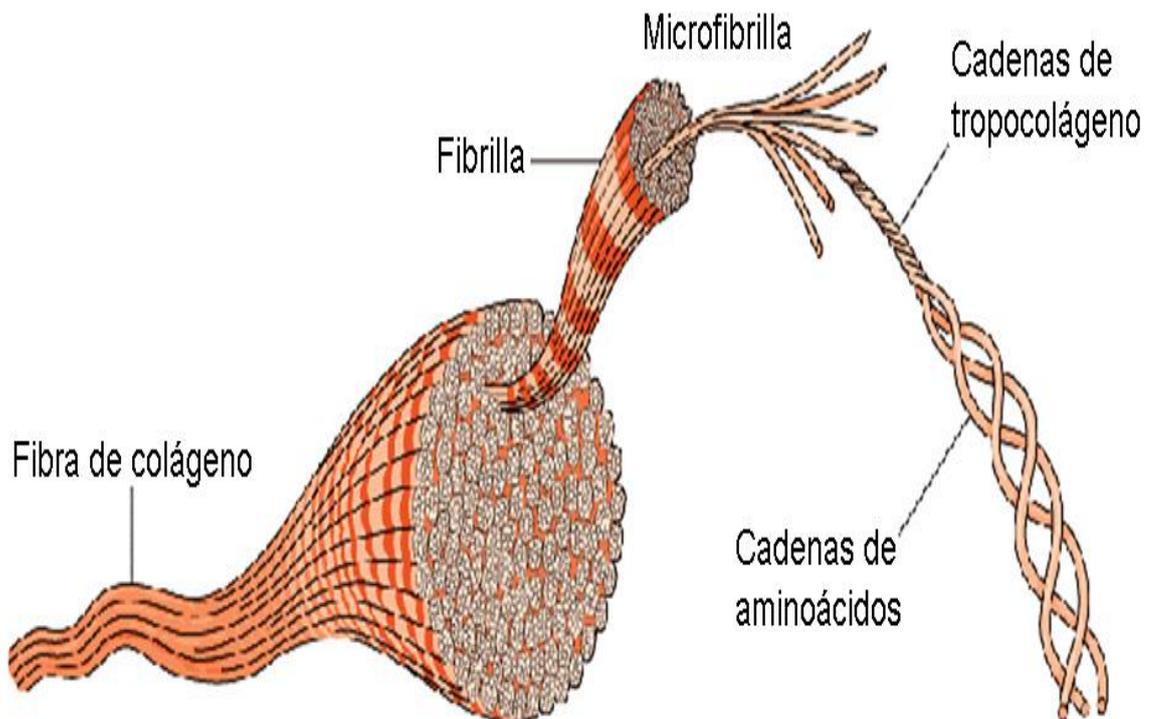


Gráfico 2. Ondulación de las fibras de colágeno.

Carpinteros, H. (2016), señala que estas ondulaciones están relacionadas con otras características descritas, como la finura y la longitud. En general podemos decir que el número de ondulaciones está en relación directa a la finura (a mayor finura, mayor número de ondulaciones) y en forma inversa al largo de fibra (cuanto más larga la fibra, menor número de ondulaciones). Esto se puede ver en el Cuadro 1

Cuadro 1. ONDULACIONES DE LA FIBRA DE LANA DE ACUERDO A LA RAZA OVINA

.Raza	Finura (μ)	Longitud (cm)	Ondulaciones (cm)
.Merino Australiano	12-25	6-10	75-100
.Corriedale	27-32	10-16	60-80
.Romney Marsh	36-42	12-16	20-25
.Lincoln	40-50	20-50	2-3

Fuente: Robayo, A. (2016).

Francis, P. (2016), indica que los rizos presentan una particularidad adicional: tienen ondulaciones regulares, sucesivas y situadas en un mismo plano. Las ondulaciones varían de acuerdo a las diversas razas y tipos de lana, tanto en número como en forma. Hay tres tipos o formas de ondulaciones. Un ejemplo es el de la lana Merino, que muestra la relación existente con la longitud de las fibras sin estirar (longitud relativa) y estirada hasta la desaparición total de las ondulaciones (longitud absoluta).

C. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA

Jácome, P. (2016), reporta que Se distinguen dentro de las principales propiedades físicas de las fibras de lana, las siguientes:

1. Elongación y elasticidad

Jácome, P. (2016), reporta que los conceptos de elongación o estiramiento y elasticidad están íntimamente relacionados. La elongación es la propiedad que le permite a la lana estirarse en gran medida sin romperse, por lo que se la considera una fibra de alta resistencia a la rotura. Una fibra de lana puede estirarse por encima de 50% de su longitud original. Es fácil comprender esta característica luego de

haber visto anteriormente las formas ondulatorias de sus fibras. Cuando las largas moléculas se unen entre sí forman un verdadero resorte lineal que no solo le permiten estirarse sino además recuperar su forma original cuando ha cesado el estiramiento, propiedad conocida como elasticidad o resiliencia. Al estirar una fibra de lana, los enlaces transversales entre las moléculas se han desplazado quedando oblicuos, mientras dura el estiramiento. Al cesar el mismo los enlaces de unión recuperan su posición original. Una alta capacidad de estiramiento es muy valorada en los procesos de industrialización tales como cardado, peinado e hilado, pues las fibras se someten a importantes tensiones, y una baja capacidad de estiramiento provoca roturas y desperdicios, disminuyendo la productividad. La alta capacidad de elasticidad de la lana es muy valorada por confeccionistas y usuarios de vestimentas y artículos de decoración como alfombras, ya que las mismas resisten a las arrugas y deformaciones por el uso.

2. Absorción de humedad

Arboleda, M. (2016), menciona que una de las mayores ventajas de la fibra de lana con respecto a otras fibras, debido a que es capaz de absorber hasta un 30% en peso de vapor de agua, sin tener la sensación que esté húmeda. Algunos investigadores afirman que en ciertas calidades de lana ese valor puede llegar hasta el 40 o 45%. Pero esta capacidad de absorción de vapor de agua por la fibra, no significa que se humedece, pues el agua no se adhiere a la superficie de la lana sino que se introduce dentro de la fibra en forma de vapor, sufriendo una poderosa retención. Hay un proceso termodinámico de intercambio calórico muy interesante para tener presente. Como ya vimos, las moléculas de agua se absorben y quedan alojadas dentro de la propia estructura de la fibra. Este proceso es exotérmico, es decir, libera calor, y en condiciones de frío y humedad una prenda de lana nos resulta cálida porque estamos recibiendo ese calor desprendido, además del beneficio de sus cualidades como aislante térmico. Pero cuando tenemos condiciones ambientales cálidas y secas, pierde el vapor de agua retenido hacia el ambiente, y absorbe para ello el calor del cuerpo humano y el tejido nos otorga una clara sensación de frescura. Esta característica de poseer propiedades opuestas, es muy poco frecuente en otras fibras. A la lana, le cuesta secarse, y cuando está

aparentemente seca puede contener todavía un 15% de agua por peso de fibra sin que se note.

3. Repelencia superficial

Robayo, A. (2016); manifiesta que la lana repele superficialmente a los líquidos acuosos, debido a la impermeabilidad que le confiere una capa muy delgada de material ceroso sobre la superficie de la fibra. Esta capa actúa como un repelente natural de líquidos y, ese comportamiento hidrófobo, hace que no se produzca el erizado de las fibras por la presencia de agua. Los hilados y tejidos de lana conservan una apariencia sedosa y seca. Además estas ceras naturales que repelen a los líquidos acuosos, impiden que éstos penetren dentro de las fibras y puedan causar un manchado permanente, por lo que podemos también hablar de una resistencia al manchado y a la facilidad de limpieza. Para lograr este mismo efecto sobre otras fibras (p.ej: celulósicas), es necesario realizar la aplicación de un proceso de acabado hidrófugo.

4. Aislación térmica

Arrebola, F. (2006), describe que la lana atrapa agua dentro de sus fibras, pero también es importante la propiedad de atrapar aire, por un mecanismo físico similar. La habilidad de aislación térmica del frío es debida principalmente al volumen que el rizo de lana produce en una prenda y qué permite atrapar el aire dentro de su estructura fibrilar. Las prendas de lana son más abrigadas en invierno y más frescos en verano debido a esa aislación térmica, junto a las propiedades de absorción de agua (como ya hemos visto anteriormente). En las prendas, el volumen del tejido dificulta el intercambio térmico entre una y otra cara. Para dar una clara referencia en términos numéricos de la relación de superficies, si se toma 1000 gramos de lana merino fina y se extiende en una superficie plana, se cubren 200 m². Ello da idea de cuánto aire puede albergar dentro de sí, e inmovilizarlo, un tejido de lana de gran calidad. Esa gran cantidad de aire inmóvil retenido en los intersticios de las fibras, origina la aislación térmica. Otro factor adicional lo constituye la superficie

esponjosa del tejido que al no adherirse a la piel, deja entre ésta y el tejido una primera capa de aire que hace de aislante.

5. Flexibilidad

Marsal, F. (2009), reporta que la flexibilidad es la propiedad de una fibra para poder doblarse con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad presente en las fibras de lana es de gran importancia para la industria textil, en hilados y en tejidos. Pero esta flexibilidad está complementada con una propiedad muy apreciada en las telas, que es la fijación de la formas por procesos especiales. Por ejemplo se puede lograr un plisado de un género de lana, si se somete al mismo a ciertas condiciones de humedad, presión y temperatura.

6. Afieltrado y encogimiento

Kallman, A. (2016), realiza la descripción de la estructura morfológica de las fibras de lana, su superficie está compuesta por escamas solapadas con bordes salientes. Cuando las fibras se mueven una contra otra, en especial cuando se tiene altas condiciones de temperatura y humedad, las escamas pueden trabarse entre sí y dar lugar a un efecto de mayor cohesión y resistencia. Esta característica puede constituir tanto una ventaja como una desventaja, según si el encogimiento y el afieltrado son resultados buscados o no. Este fenómeno único de la lana ha permitido producir productos especiales: los fieltros de lana, conocidos desde la antigüedad y utilizados aún en la actualidad, en la producción de abrigos, telas para sombreros, y otros usos. Pero si el afieltrado se produce en tratamientos húmedos como un efecto adverso, no buscado, puede generar encogimiento en un género o prenda de lana. Hay formas de prevenirlo, consistente en la aplicación de resinas tipo melamínicas sobre la superficie del género, quedando a resguardo de tal efecto.

Olivero, L. (2016); indica que los vellones de ovejas y cabras, la lana se hilaba hace unos 5000 años en los templos de la antigua civilización sumeria, bajo el riguroso

control de los sacerdotes. Las ovejas, aparentemente, se difundieron luego desde Medio Oriente hasta la India y, desde allí, más al este aún. La lana fue también ampliamente utilizada por los cretenses, los griegos y los romanos pero no por los egipcios que, por razones religiosas, la consideraban impura. En la Edad Media, la lana de mejor calidad era la inglesa pero, hacia fines del siglo XV, se producía también lana de calidad en el resto del continente europeo. Si bien los volúmenes de producción de la lana siempre fueron mucho menores que los correspondientes al algodón, es una fibra muy apreciada por sus propiedades especiales que la hacen ideal para confeccionar prendas de abrigo. Esas propiedades son fundamentalmente el rizo que permite obtener hilados voluminosos con buena aislación térmica así como su mayor liberación de calor al absorber humedad, como se ilustra en el Gráfico 3.

LANA	FIBRA HETEROTÍPICA	PELO	KEMPS
Sin Médula	Discontinua	Continua	Fuertemente medulado
Superficie Escamosa	Superficie Escamosa	Lisa	Lisa
Crecimiento Continuo	Crecimiento Continuo	Crecimiento Continuo	Crecimiento Discontinuo
Diametro menor a 40 micrones	Menor a 50 micrones	Mayor a 50 micrones	Mayor a 80 micrones
Origen: Folículo 1° y 2°	Folículo 1°	Folículo 1°	Folículo 1°

Gráfico 3. Tipos de fibras.

A fines del 2016 se estimaba la producción mundial de lana en algo más de 2 millones de toneladas por año y la población mundial de ovinos en unos 1000 millones (*lo que daría un rendimiento promedio de 2 kg de lana por animal y por año*). Se estimaba también que las ventas al consumidor final, de artículos de lana en todo el mundo, era de alrededor de 80.000 millones de dólares. La fibra de lana presenta una gran variación de finura, largo y rizo, dependiendo de la raza, la dieta, la sanidad y el clima. Estas características morfológicas de la fibra influyen en la

voluminosidad, carácter y estilo del vellón de lana (Olivero, L. 2016).

Fernández, O. (2001), menciona que el vellón se puede encontrar, a veces, fibras gruesas y rígidas con una médula o canal central, continuo o fragmentado, conteniendo restos de núcleos celulares y vesículas de aire. Si estas fibras meduladas (pelos o kemps, como también se les llama) pasan al hilado, no pueden ser disimuladas por la tintura y son claramente visibles en los tejidos (se ven más claras), con lo que la calidad del artículo disminuye. Los “kemps” son manifestaciones genéticas residuales de los ancestros de los ovinos actuales. En aquellos, como en las cabras salvajes, el vellón estaba compuesto de dos partes: una parte externa de fibras gruesas meduladas, que se “muda” o cambia naturalmente todas las primaveras y, otra parte interna o, compuesta de fibras no meduladas, más finas y más suaves. Los ovinos actuales fueron seleccionados durante siglos para obtener animales que no “mudaran” el vellón en primavera y en cambio este creciera, en forma continua, compuesto mayoritariamente de fibras no meduladas, más finas. Este nuevo tipo de vellón debe ser cortado, necesariamente con intervención humana, todas las primaveras.

a. Voluminosidad

Girona, J. (2008), reporta que la voluminosidad definida como la relación volumen/masa del vellón, es una característica asociada con la cantidad de rizo y con la recuperación elástica, propiedades estas que presentan una gran variabilidad según las razas, edad, alimentación y salud del animal. Las lanas uruguayas tienen una voluminosidad promedio de unos 25 a 27 cm³/g. La voluminosidad permite una mejor apariencia y estructura de los tejidos, especialmente los de punto hechos con hilados elaborados en sistema cardado, pues con estos se logra mayor aislación térmica al retenerse, más aire entre las fibras. Esta propiedad es también muy importante para la elaboración de mantas, frazadas y alfombras. La voluminosidad, en cambio, no es tan importante para los hilados elaborados en sistema peinado, ya que en general a estos se les inserta más torsión y son de títulos más delgados. Por otra parte, las lanas con mucha voluminosidad pueden producir más desperdicio en la operación de peinado (más

cantidad de “noil” o “blousse”, fibras cortas separadas por la peinadora).

b. Estilo y caracteres

Blanxart, D. (2012), determina que el “estilo” de una lana en bruto o en “rama”, ha sido hasta ahora una apreciación subjetiva. Las características que contribuyen al “estilo” son la forma y largo de la mecha, la cantidad y la definición del rizo, la forma de las puntas de las fibras, el aspecto debido a la influencia del medio ambiente (como p.ej., el color del polvo y su penetración), el color de la materia grasa, etc. El “*estilo*” es, entonces, una suma de características genéticas y ambientales y que, recientemente, se ha tratado de medir objetivamente (algo parecido a lo que ocurre con la “mano” de una tela). Para ello se han empleado técnicas de análisis de imágenes como por ejemplo “CSIRO Style Instrument” desarrollado por el CSIRO de Australia. Por otra parte, la cantidad de rizo por cm de mecha y la “definición” o amplitud de la curva del rizo, dan una característica de la lana conocida como “carácter”. El “carácter”, es quizás lo que más influye en el “estilo” de la lana. La cantidad de rizos por cm de largo de fibra guarda cierta relación con su “finura”, a mayor cantidad de rizos por cm mayor la “finura”. Es muy importante que haya un buen balance entre el “estilo” y el “carácter”.

Girona, J. (2008), reporta que se estima que la disminución de un rizo por cm, o un aumento en la amplitud del rizo en una unidad de “definición” resulta, en cada caso, en un aumento de 4 mm en el “hauteur” del “top”. Es decir, para el proceso de hilatura, especialmente en la peinaduría, el tamaño del rizo es beneficioso. En cambio, la cantidad de rizos por cm no lo sería tanto (“Hauteur”: media del largo de la fibra. ‘top’: cinta o mecha peinada. A la lana en vellón o “sucia”, enfardada y almacenada, se le hace una serie de ensayos conocidos como “Core Test”, para conocer su calidad, consistentes en determinar el rendimiento al lavado, la finura de la fibra (por “air flow”), la longitud y resistencia a la tracción de la mecha, el contenido de vegetales y el color del vellón.

D. LAVADO DE LA LANA

Olivero, L. (2016), menciona que la lana vellón - o en “rama” o en “bruto”, como a veces se le llama presenta gran cantidad de impurezas que deben retirarse lavándola, antes de que pueda ser sometida al proceso de hilatura. En la tabla siguiente damos la composición promedio de las lanas uruguayas en “bruto” o “sucias”, como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LA LANA SUCIA (VELLÓN).

Componente	PORCENTAJE
Fibra	65-75
Grasa (*)	10-12
“Suint” (**)	7-8
Tierra, arena, materia vegetal	10-12

Fuente: Olivero, L. (2016),

Carraco, P. (2016), el correcto lavado de la lana es un proceso de extrema importancia para no dañar la fibra y evitar que esta se rompa en el cardado y en las otras operaciones de la hilatura. Es necesario considerar las ventajas e inconvenientes de las dos alternativas de lavado más usadas, lavado neutro o alcalino. Los detergentes a usar, la temperatura, la agitación mecánica, los tiempos y las etapas de lavado son los parámetros más importantes a tener en cuenta. Los contaminantes proteicos, derivados principalmente de restos y células de piel, están distribuidos irregularmente sobre las fibras. En el baño de lavado estos restos proteicos forman un “gel” que se adhiere a la fibra atrapando suciedad, grasa y “suint” que es muy difícil de retirar. Se han desarrollado algunos sistemas de lavado que facilitan la remoción de este “gel” y hacen el lavado más eficiente. La lana, luego de ser lavada queda, en general, con un contenido de grasa de aproximadamente 0.4 %. Como este porcentaje de grasa es muy bajo para que

opere como lubricante, en hilandería, especialmente para la operación de cardado, se agregan a la lana lavada ensimajes para mejorar la lubricación y disminuir la rotura de fibras. Con fines de investigación la lana se lava con mezclas de éter de petróleo y etanol y luego con agua. Este tipo de tratamiento daña menos a la fibra pero es industrialmente poco usado. Existen, sin embargo, algunos lavaderos industriales que usan este método (Proceso Smet).

E. LA MORFOLOGÍA DE LA FIBRA DE LANA

1. Características externas de la fibra

Jiménez, T. (2016), reporta que las fibras de lana presentan una gran variación de diámetro aparente, rizo y largo, dependiendo de la raza, la dieta, el clima y el estado sanitario del animal. El diámetro aparente de la fibra lana varía alrededor de los 18 mm para las más finas, p.ej. de raza Merino (con hasta 9000 fibras por cm² de piel), y hasta 30-40 mm para lanas gruesas, p.ej. de raza Romney Marsh. La longitud de la fibra, suponiendo esquilas anuales, varía de 7-8 cm para las lanas más finas hasta 30 cm para las más gruesas (se ha estimado que, considerando el total del vellón, una oveja merino produce 8 m/min de lana). El rizo también puede presentar una gran variación: entre 1 y 12 rizos por cm El color de la lana va del blanco hasta el amarillo crema con brillos variables, aunque también hay lanas marrones y negras.

2. Estructura de la fibra

Prado, A. (2016), menciona que la fibra está formada básicamente por dos tipos de células las cuales son:

- Las medulares que constituyen la mayor parte de la fibra, médula o cortex y
- Las cuticulares que rodean la médula. La cutícula es aproximadamente el 10% en peso del total de la fibra. Las células de la cutícula se superponen unas sobre otras como tejas en un techo o como las escamas de un pez y están orientadas

hacia la punta de la fibra. Una fibra de lana observada al microscopio semeja también el tronco de una palmera. En general el espesor de la cutícula de la lana corresponde al de una simple célula, salvo en las zonas donde las células se superponen. La célula de la cutícula de la lana Merino es en general rectangular, con dimensiones aprox. de 20 x 30 x 0,5 mm. Veremos que esta estructura de la cutícula es la responsable del “afieltrado” de la lana.

Arguello, L. (2016), la observación microscópica de un corte de la fibra muestra que cada célula de la médula está compuesta de una exocutícula resistente a las enzimas y una endocutícula sensible al ataque por enzimas, ambas rodeadas por una epicutícula hidrófoba que hace que la lana sea impermeable al agua líquida pero no al vapor de agua. La lana alcanza un “regain” de saturación de 30-35 % y en general su alto contenido de humedad hace que no genere electricidad estática. Las células de la médula poseen una membrana celular compleja que actúa de “cemento” entre ellas y que las separa de la cutícula.

Centelles, M. (2005), reporta que el 90% de la fibra está formado por las células de la médula, que son de dos tipos: las del ortocortex y las del paracortex. Ambas partes tienen diferentes propiedades químicas y tintóreas. En el rizo, el paracortex está siempre ubicado por dentro mientras que el ortocortex por fuera del rizo. Las células de la médula tienen forma de huso y en general miden 95 mm de largo y 5 mm de diámetro. Están formadas por macrofibrillas que contienen microfibrillas cilíndricas (de alta cristalinidad), de 10 mm de largo y 7.2 mm de diámetro, todas empaquetadas en una matriz amorfa (de baja cristalinidad). Las microfibrillas están formadas por moléculas de queratina de bajo contenido en azufre. La matriz en cambio está formada por queratina de alto contenido de azufre. Las microfibrillas contienen grupos de dos cadenas de polipéptidos, a espirales retorcidas conjuntamente. Como se dijo antes, las microfibrillas están agrupadas en “manojos” dentro de las macrofibrillas que a su vez están más empaquetadas en el ortocortex que en el paracortex. Es decir, en el paracortex hay más matriz amorfa que en el ortocortex. Las células de la médula tienen también restos de núcleo celular, que son más abundantes en el paracortex que en el ortocortex.

3. Las queratinas de la lana

Girona, J. (2008), manifiesta que todas las fibras animales, excepto la seda, contienen queratinas. El espectro de difracción de rayos X de la fibra de lana en estado normal de reposo, da una estructura característica, la α queratina. La misma fibra sometida a tensión, da otro tipo de estructura: la β queratina. Las queratinas también se encuentran en el mundo animal en pelos, garras, uñas, pezuñas, cuernos, picos y plumas. Las plumas p.ej. están compuestas de β queratina aunque no estén sometidas a tensión. Las queratinas de los mamíferos son todas α queratina mientras que la de reptiles y aves son β queratinas.

Arguellos, L. (2016), en comparación con otras proteínas, las queratinas tienen un alto contenido de azufre (3 a 4%). Las queratinas de las fibras de animales mamíferos contienen tres fracciones proteicas: las de bajo contenido de azufre (la más abundante), las de alto contenido de azufre y las de alto contenido de tirosina. Se estima que la lana contiene unos 170 tipos de proteínas diferentes. Algunas de ellas deben clasificarse como “no-queratínicas” de acuerdo a su contenido de cistina. El menor contenido de cistina y por tanto de enlaces disulfuro entre cadenas poli péptidas hace a estas proteínas más lábiles y menos resistentes al ataque químico que las queratinas. El enlace peptídico: en una proteína los aminoácidos, o monómeros, se polimerizan por condensación, es decir por reacción del grupo ácido carboxílico con el básico amino, con eliminación de una molécula de agua, para formar un enlace peptídico $-CO-NH-$, y una larga cadena polimérica o cadena polipeptídica.

Kallman, A. (2016), manifiesta que los aminoácidos de la lana lavada adecuadamente, es proteína prácticamente pura ya que luego del lavado industrial el contenido graso es, en general, de sólo 0.4% aprox. Por hidrólisis de las queratinas de la lana se obtienen 18 aminoácidos. La cantidad relativa de estos aminoácidos puede variar de una muestra a otra para distintas zonas de un mismo vellón, entre animales de una misma manada, según la raza, estado sanitario y alimentación del animal.

4. Contenido de aminoácidos en lana merino

Centelles, M. (2005), indica que las fibras textiles de origen animal, comprenden las lanas producidas por los ovinos, con sus diferentes aptitudes de aplicación, para vestimenta o alfombra y a una serie de fibras especiales, dentro de las cuales, las de mayor importancia son las caprinas, las camélidas y otro tipo de fibras diferentes, como la del conejo de angora, la chinchilla, el quiviut, producida por el buey almizclero y la del gusano de seda. Las proteínas de bajo contenido en azufre tienen conformación helicoidal y se encuentran preferentemente en las microfibrillas mientras que las de alto contenido de azufre se encuentran en la matriz. Las de alto contenido en glicina y tirosina se encuentran también en la matriz y en el “cemento” intercelular, como se indica en el (cuadro 2).

5. Carácter anfótero de las queratinas

Bateup, B. (2016), indica que la queratina, como otras proteínas, contiene grupos básicos y ácidos y, por tanto, es anfótera. El carácter ácido de la lana es principalmente debido a los grupos carboxílicos presentes en los “residuos” correspondientes a los ácidos aspártico y glutámico así como a los grupos carboxílicos terminales de cadena. Estos últimos, sin embargo, contribuyen muy poco al carácter ácido (10 milimoles/g). Los grupos carboxílicos atraen a los colorantes básicos. Es biodegradable, al ser una materia orgánica que no contamina. Si bien se destaca por su resistencia y durabilidad, si se la abandona, se integra al medio como proteína que se incorpora al ciclo biológico de otros seres vivos. El carácter básico de la lana es debido principalmente a los grupos amino presentes en los “residuos” y en menor medida a los grupos amino terminales de los extremos de las cadenas peptídicas. Todos estos grupos básicos atraen a los grupos sulfónicos y carboxílicos de los colorantes ácidos. Además los “residuos” de lisina e histidina son sitios importantes para la formación de enlaces covalentes con los colorantes reactivos, como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN LA LANA MERINO.

AMINOÁCIDO	mol/g
1. Alanina	417-512
2. Arginina	600-620
3. Aspargina (y ácido aspártico) (1)	500-600
4. Cistina (2)	400-500
5. Cisteina	20-40
6. Fenilalanina	208-257
7. Glicina	757-815
8. Glutamina (y ácido glutámico) (1)	1020-1049
9. Histidina	58-82
10. Isoleucina	234-318
11. Leucina	583-721
12. Lisina	193-277
13. Metionina	37-47
14. Prolina	522-633
15. Serina	860-902
16. Tirosina (3)	349-380
17. Treonina	547-572
18. Triptófano (4)	35-44
19. Valina	423-546

Fuente: Centelles, M. (2005).

Christoe, J. (2016), menciona que hay un balance aproximado entre los grupos ácidos y básicos. Cuando este balance se rompe se producen cambios importantes en algunas propiedades de la fibra: en la resistencia a la tracción, en la super contracción y en su capacidad de aceptar el fijado dimensional. Esto es debido principalmente a la disminución de interacciones electrostáticas e hidrofóbicas

internas y a la ruptura de enlaces hidrógeno. En medio acuoso, cuando existe un equilibrio entre la ionización de los grupos ácidos y básicos, el pH corresponde al punto isoiónico de la proteína, muy próximo al punto isoléctrico. Para la lana, el punto isoelectrico se verifica en el entorno de pH 4.9. En el punto isoelectrico la lana carece, considerada globalmente, de cargas eléctricas y presenta la menor reactividad y solubilidad.

6. Enlaces en y entre las cadenas peptídicas

a. Enlaces disulfuro

Pearce, O. (2016), reporta que las queratinas se caracterizan por su alto contenido en cistina (aprox. 500 / μ moles/g en la queratina de la lana). Los enlaces disulfuro de los “residuos” cistina forman puentes entre las cadenas peptídicas adyacentes y restringen así el acomodo o alineación de estas cadenas. Estos enlaces covalentes son los responsables de la relativamente alta resistencia a la tracción en húmedo, del bajo hinchamiento lateral y de la insolubilidad de la lana.

Aruta, F. (2016), a pesar de que el enlace disulfuro en la fibra seca es aparentemente estable, puede romperse y restablecerse fácilmente bajo la acción del calor y del agua, si la fibra está bajo tensión. La rotura de los enlaces disulfuro y la formación de los mismos en otros lugares, creando nuevos puentes entre las cadenas peptídicas, es de especial importancia en procesos industriales de “terminación” de las telas de lana, como p.ej. el fijado dimensional o “setting”. Si, como ha sido sugerido, todas las cadenas peptídicas adyacentes están unidas entre sí por puentes disulfuro, una fibra de lana contendría moléculas gigantes de queratinas. Los “residuos” cisteínicos catalizan la nueva formación de los enlaces disulfuro, por un mecanismo de intercambio “grupo tiol/enlace disulfuro”. También proveen sitios adicionales para la fijación de colorantes reactivos. Aunque los “residuos” cistínicos son responsable de la mayoría de los puentes entre cadenas peptídicas adyacentes, existen también otros tipos de enlaces puentes covalentes.

b. Enlaces isopéptidicos

Jácome, P. (2016), señala que un enlace covalente que une un grupo ϵ -aminoácido de “residuo” lisina con el grupo γ - carboxilo de “residuo” ácido glutámico (I), o, menos frecuentemente, al grupo β - carboxilo de un “residuo” ácido aspártico (II).

c. Enlaces di-tirosina y tri-tirosina

Carrasco, M. (2016), indica que los “residuos” tirosina también pueden participar en el “crosslinking” de la queratina, formando uniones covalentes de di - y tri - tirosina. Este tipo de “crosslinking” se encuentra, en gran proporción, en la proteína “resilin”, de consistencia similar a la goma natural, presente en la cutícula de los insectos

d. Enlaces salinos

Girona, J. (2008), describe que los “residuos” aniónicos ácido glutámico y ácido aspártico, que tienen grupos carboxílicos libres, forman puentes salinos con los “residuos” catiónicos arginina, lisina e histidina que tienen grupos amino libres. Por tanto son posibles 6 enlaces electrovalentes distintos. Si bien los enlaces salinos son de menor energía que los covalentes, juegan un rol muy importante en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de la lana. En la tintura de la lana, estos enlaces se rompen para interactuar con los colorantes ácidos y básicos.

e. Enlaces hidrógeno

Bacardit, A. (2004), manifiesta que el átomo de hidrógeno de los grupos $-\text{NH}$ presentes en las cadenas peptídicas, posee afinidad no solo por el átomo de nitrógeno al que está unido, sino también a átomos de oxígeno próximos. Así cuando un grupo $-\text{NH}$ se encuentra próximo a un grupo $-\text{CO}$ se forma un enlace

“puente” de hidrógeno. Los enlaces hidrógeno están en un plano perpendicular al de las uniones salinas y disulfuro. Se trata de enlaces débiles pero como existen en gran cantidad, juegan un rol muy importante en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de la lana.

f. Enlaces hidrofóbicos

Bacardit, A. (2004), manifiesta que puede ocurrir interacciones hidrofóbicas entre grupos de cadenas laterales no polares (como las de la alanina, fenilalanina, valina, leucina e isoleucina) con exclusión de las moléculas de agua que tuvieran asociadas. Este tipo de unión contribuye a la resistencia mecánica de la queratina, especialmente a altos contenidos de humedad. Es importante en el “fijado dimensional” de la lana y contribuye al gradual secado de las telas, característico de la lana.

7. Modificaciones químicas de la lana

a. La ruptura del enlace disulfuro

Arrebola, F. (2006), manifiesta que los enlaces disulfuro de los “residuos” cistina entre cadenas polipéptidas contiguas restringen el movimiento entre estas. Las propiedades de la lana se modifican si estos enlaces puentes se rompen dando lugar a grupos tioles. La ruptura y la nueva formación del enlace disulfuro en otro lugar juega un rol clave en el fijado dimensional (“setting”) de las telas de lana. Para el “fijado” de la lana es necesaria también la ruptura de enlaces hidrógeno. Los enlaces hidrógenos son débiles y pueden romperse simplemente por acción del agua caliente. La ruptura de los enlaces disulfuro requiere la acción de agentes más energéticos (especialmente reducción y sulfitólisis). Los grupos tioles que se forman promueven la “recreación” de los enlaces disulfuro. Todo reactivo que introduzca en la lana grupos tioles extra, será un efectivo agente de fijado dimensional.

Lamirata, A. (2016), indica que el restablecimiento de los enlaces disulfuro es

promovido por los aniones tiol (RS^-) más que por el grupo tiol (RSH). Por tanto, la lana adquiere poco “fijado” o “setting” en condiciones ácidas donde no hay RS^- y, por el contrario, buen fijado en condiciones neutras o alcalinas, que son las que promueven la formación de aniones tiol (RS^-). El bloqueo de los grupos “tiol” (RSH) por reacción con n-etilenmaleimida o la *iodoacetamida* hace que la lana sea más difícil de “fijar”. Es muy probable que la ruptura de enlaces disulfuro en la cutícula de la fibra imparta también resistencia al encogimiento y afieltrado. Los procesos antiafieltrantes oxidativos con cloro son seguidos, en general, por un tratamiento anticloro con bisulfito. Existen indicios de que el bisulfito cumple más que el rol de anticloro: completaría el clivaje de las uniones disulfuros parcialmente oxidadas en la cutícula de la fibra.

Prieto, A. (2016), manifiesta que contrariamente a lo que se pensaba antes, los enlaces disulfuros no son responsables del color crema de la lana. Por tanto su destrucción por sulfitólisis durante el blanqueo reductor con sulfitos es un efecto lateral no deseado, pues la resistencia a la tracción de la fibra disminuye con la destrucción de estos enlaces. La lana tratada con bisulfito se tiñe más fácilmente, probablemente porque los colorantes pueden penetrar también más fácilmente al existir menos “crosslinking”. La velocidad de subida de los colorantes ácidos para lana con alto peso molecular, como p.ej. los colorantes ftalocianínicos, mejora notablemente cuando se agrega bi o metabisulfito al baño con el colorante, urea, ácido y tensoactivo. La fijación de algunos colorantes reactivos aumenta también pues el colorante reacciona con los grupos tiol producidos por sulfitólisis. Sin embargo, esto no se puede decir de aquellos colorantes reactivos, como los del tipo vinil-sulfona que reaccionan con bisulfito.

b. La acción de agentes reductores

Castillo, M. (2016), manifiesta que el tratamiento de la lana con agentes reductores transforma los enlaces disulfuro en grupos tiol, de forma que cada “residuo” cistina genera dos de cisteína. Una moderada acción reductora es suficiente para producir cambios útiles en la fibra. P.ej. un 20 % de disminución de los enlaces disulfuro es ya suficiente para obtener resistencia al encogimiento y aumentar la capacidad de

fijado dimensional (“setting”). En cambio si muchos enlaces disulfuro son rotos por reducción se produce una disminución inaceptable de la resistencia de la fibra. Si bien muchos agentes químicos son capaces de reducir el enlace disulfuro, solo unos pocos permiten minimizar el ataque a la queratina. Los más utilizados son el ácido tioglicólico, el tioglicolato de amonio, las fosfinas, el sesquisulfito de monoetanolamina. Estas sustancias generan grupos tioles sin atacar los enlaces peptídicos de la queratina. Se debe tener en cuenta que si bien se destruyen enlaces disulfuro se puede generar también “crosslinking” por formación de “residuos” de lantionina y lisinolantionina. En la fibra de lana seca, la destrucción de enlaces disulfuro produce relativamente un menor cambio en el diagrama carga -extensión.

c. La reducción / alquilación

Gratacos, B. (2002), reporta que luego de la reducción, los grupos tioles de la cisteína pueden ser reconvertidos rápidamente a enlaces disulfuro por oxidación en presencia de aire. Esto se puede impedir por alquilación del grupo tiol. Con este fin se ha usado iodoacetato y otros alquil-haluros, fundamentalmente para investigación de la estructura de la queratina. El trabajo necesario para estirar una fibra de lana en agua, en la que un 90% de los enlaces disulfuros han sido reducidos y metilados, es solo el 5% del trabajo necesario para estirar la misma fibra original. La reducción/alquilación afecta marcadamente la absorción, la relajación y la supercontracción de la lana. Una reducción/alquilación moderada se logra con el tratamiento simultáneo de tributilfosfina y cloroacetato. Con la aplicación de agentes de alquilación bi-funcionales a la lana reducida se busca introducir puentes o “crosslinking” más estables, que hagan a la lana más resistente a los ataques químicos y al ataque de los insectos. La aplicación industrial de la reducción/alquilación es tema aún de investigación y desarrollo.

d. La sulfitólisis

Gratacos, B. (2002), indica que la sulfitólisis, por acción del sulfito sobre un enlace

disulfuro, produce un grupo tiol y un anión S-sulfonato: $\text{RSSR} + \text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{RS-} + \text{RSSO}_3^-$. La sulfitólisis de un “residuo” cistina produce un “residuo” cisteína y otro de S-sulfocisteína. Sin embargo, el sulfito reacciona con la cistina mil veces más rápido que el bisulfito y puede ser el anión más activo, aún en soluciones débilmente ácidas. Al aumentar el pH la concentración de sulfito aumenta y por tanto la sulfitólisis, por encima de pH 9, sin embargo, el sulfito comienza a ser rechazado por los aniones carboxílicos de la cistina. Existe por tanto un pH óptimo para el cual tanto la velocidad de reacción como la constante de equilibrio de la reacción son máximas. La sulfitólisis es mayor cuando se usa alcohol como solvente, seguramente por un mayor acceso a las regiones hidrofóbicas de la fibra. Existe un método en el que la tela se impregna en una solución de bisulfito conteniendo alcohol bencílico y luego se somete al planchado con vapor. Si este tratamiento es muy intenso la lana se hincha en exceso y adquiere un aspecto “gomoso”. La sulfitólisis moderada actúa casi exclusivamente sobre los “residuos” cistina. Sin embargo, luego de tratamientos prolongados con soluciones de sulfito calientes se encuentran residuos de lantionina resultado de un ataque más intenso.

Frankel, A. (2009), señala que la mitad aproximadamente de todos los “residuos” cistina de la queratina son pasibles de sulfitólisis. Mucho se ha investigado sobre este aspecto que aparentemente se debe principalmente a impedimentos estéricos y electroestáticos producidos por grupos vecinos al enlace disulfuro, especialmente por aniones carboxílicos. La sulfitólisis de la lana tiene gran importancia industrial: el bisulfito de sodio y el sesquisulfito de monoetanolamina se usan como agentes de fijación. El bisulfito de sodio se emplea también como agente de blanqueo de la lana, pero en este caso la sulfitólisis de los enlaces disulfuros es, en general, un efecto secundario indeseable. El agregado de tensoactivos catiónicos mejora el fijado o “setting” de las telas de lana en presencia de bisulfito de sodio, seguramente porque estos promueven la sulfitólisis. En cambio el agregado de tensoactivos aniónicos disminuye la sulfitólisis, especialmente a pH ácido. La remoción incompleta de tensoactivos no iónicos en el lavado de la lana puede influir negativamente en el posterior fijado o “setting” de las telas de lana. La sulfitación puede ser también seguida de alquilación.

e. La acción de otros aniones sulfo-oxigenados

Griffin, T. (2016), explica que el hidrosulfito de sodio, conocido también como ditionito de sodio o hiposulfito de sodio o sulfoxilato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) y el formaldehído sulfoxilato de sodio ($\text{HOCH}_2\text{SO}_2\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}$) son importantes blanqueantes reductores para la lana. Se recomiendan también para el desmontado de colorantes y como agentes reductores en la tintura con colorantes tintas. El uso de estos productos puede, sin embargo, dañar la lana. El daño puede ser minimizado realizando el blanqueo reductor a pH 5.0-7.0, en presencia de reactivos bifuncionales como el formaldehído, el glioxal y el 1,2-dibromoetano, que reemplazan los enlaces disulfuro dañados por otros puentes de “crosslinking” más estables. A pesar de esto, este proceso no se utiliza frecuentemente en la industria. El tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) afecta poco a la lana a pH neutro pero en soluciones alcalinas aún débiles, ataca a la cistina produciendo lantionina. Se ha encontrado que lo mismo ocurre con el sulfato de sodio (NaSO_4). Se estima que el ataque es debido a la solución alcalina y que estas sales no tienen de por sí acción sobre la cistina y que se limitarían solamente a aumentar la fuerza iónica de la solución alcalina.

f. La acción de agentes oxidantes

Delamare, G. (2000), manifiesta que la cistina, cisteína, metionina y triptófano son los “residuos” de queratina más susceptibles de ser oxidados. La oxidación completa del “residuo” cistina, que de los mencionados es el más abundante, produce “residuos” de ácido cisteico ($\text{cys-SO}_3\text{H}$), además de otros productos intermedios: RSSR RSO SR RSO_2SR $2\text{RSO}_2\text{H}$. La lana tratada por agentes oxidantes contendrá entonces grupos de ácido sulfónico y puede actuar como una resina de intercambio catiónica. No actúa en realidad como una resina con grupos sulfónicos sino como una con grupos carboxílicos. Los grupos sulfónicos compensarían internamente con los grupos básicos amino, dejando a los grupos ácido carboxílicos, grupos aniónicos débiles, disponibles para combinarse con cationes. El fijado dimensional o “setting” de las telas de lana, así como en general la “supercontracción”, depende de la existencia de grupos tiol y disulfuro y del

intercambio tiol/disulfuro. Como los grupos tiol se oxidan con facilidad, la lana sometida a oxidación tendrá inhibida su capacidad de fijado dimensional. Una tela de lana "fijada", si se la sumerge en agua caliente, puede perder su fijado dimensional gradualmente. Sin embargo, si posteriormente al fijado la tratamos con un oxidante, destruimos los grupos tioles remanentes, que son los que catalizan el restablecimiento de los enlaces disulfuro, y entonces la tela conserva su fijado dimensional. Los tratamientos oxidativos de la lana, como el blanqueo con peróxido de hidrógeno y los tratamientos antiáfieiltrantes con cloro (en húmedo o con cloro gas) deben controlarse cuidadosamente para evitar daños excesivos a la fibra.

Gratacos, B. (2002), describe que la oxidación moderada con cloro ha sido utilizada en la estampación de lana para mejorar la penetración de colorantes durante el vaporizado. La oxidación moderada con peróxido de sodio de las alfombras de lana se ha utilizado para disminuir la acumulación de carga estática. Esto se atribuye a un aumento de las propiedades hidrofílicas de la cutícula, lo que hace que la superficie de la fibra se haga más conductora y las cargas eléctricas se desplacen hacia la corteza. El método industrial de blanqueo consiste en tratar la lana con 0,6-1.0 % de peróxido de hidrógeno a pH 9.0 y 50-60 °C, durante 2 a 6 hs., con el agregado de pirofosfatos, oxalatos o silicatos para minimizar la descomposición del peróxido en oxígeno y agua. La presencia de Cu^{2+} y Fe^{3+} debe ser evitada, pues catalizan la descomposición del peróxido y la oxidación de la cistina a residuos de ácidos cisteicos. La lana es de todas formas dañada durante el blanqueo oxidativo alcalino y se debe alcanzar un compromiso entre el grado de blanco deseado y el daño aceptable. El blanqueo en medio ácido es menos agresivo pero la acción blanqueante es menor, el grado de daño producido por el blanqueo puede evaluarse con el ensayo de "solubilidad alcalina" o por el nivel de manchado con azul de metileno. La oxidación excesiva de los "residuos" cistina a "residuos" de ácido cisteico produce un aumento de la capacidad de absorción de este colorante básico.

g. La acción de los álcalis

Bacardit, A. (2004), señala que todas las proteínas son susceptibles de

degradación por álcalis debido a la hidrólisis del enlace peptídico y de las cadenas laterales aminadas. Los enlaces disulfuro de la cistina también son atacados. La queratina, que es una proteína con alto contenido en cistina, es muy sensible al ataque con álcalis. La lana por tanto no debe someterse a tratamientos alcalinos prolongados pues su resistencia a la tracción disminuye marcadamente, adquiere una mano áspera y color amarillento. Por ejemplo, el lavado de la lana, en todas sus formas de presentación (en bruto, tela, prendas, etc.) debe ser hecho preferentemente con detergentes no iónicos a pH cercanos a la neutralidad y a temperaturas no mayores de 50 °C.

Centelles, M. (2005), señala que la lana se disuelve completamente en soluciones alcalinas concentradas y calientes. Esta propiedad se utiliza para la determinación del contenido de vegetales en la lana en bruto, para determinar el contenido en colorante en lanas teñidas y para estimar el contenido en lana en mezclas de lana y poliéster. Sin embargo, el tratamiento de la lana con soluciones alcalinas concentradas, por breve tiempo, le confiere propiedades anti-afieltrantes. Seguramente la remoción de la cutícula explica este resultado.

Aisen, A. (2016), indica que se ha recomendado el pre-tratamiento de la lana con soluciones diluidas de hidróxido de sodio y fosfato trisódico para aumentar su afinidad por los colorantes ácidos. En estampación se han obtenido interesantes efectos de contraste tratando previamente algunas partes de la tela con soluciones alcalinas. Lo mismo ocurre en tejeduría utilizando algunos hilos tratados y otros no. La lana tratada con soluciones alcalinas presenta una disminución de la solubilidad según el ensayo urea- bisulfito. En general un aumento del pH, la temperatura y el tiempo en el tratamiento de la lana, causa una disminución del contenido de azufre, así como un aumento en el de lantionina y lisinoalanina. Sin embargo, si el tratamiento es intenso y prolongado la producción de lantionina llega a un máximo y luego disminuye, seguramente porque también los “residuos” de lantionina comienzan a ser destruidos por el álcali.

Ahumada, M. (2017), manifiesta que la presencia de solventes orgánicos, iones inorgánicos y tensoactivos influye en el ataque alcalino sobre la lana y debe ser

considerada en cada caso. El tratamiento con soluciones acuosas de alquilaminas le confiere a la lana una mayor afinidad por los colorantes ácidos y reactivos. El efecto es tan intenso que la lana puede ser teñida a 25°C. Este es un tema que merece mayor investigación. El tratamiento con cianuros disminuye la solubilidad urea/bisulfito de la lana, indicando la posible introducción de “crosslinking”. Por el contrario, un tratamiento más intenso produce un aumento de la absorción en ácido fórmico, sugiriendo una disminución de “crosslinking”.

h. La acción de los ácidos

Harker, R. (2016), manifiesta que la consideración de la acción de los ácidos sobre la lana tiene importancia especial para algunos procesos industriales como la tintura y el carbonizado. La tintura de la lana con colorantes ácidos se realiza, generalmente, a ebullición, durante una hora o más, en presencia de ácido acético, fórmico o sulfúrico, según el tipo de colorante utilizado. El carbonizado de las telas de lana consiste en tratarla con ácido sulfúrico diluido, con el fin de atacar los restos celulósicos de vegetales que no fueron retirados en el cardado y en otras operaciones de la hilatura. Por acción de los ácidos puede producirse hidrólisis de los enlaces peptídicos de la queratina, con pérdida de peso y disminución de la resistencia a la tracción de la fibra. La solubilidad en álcali y en urea bisulfito aumenta para aquellas lanas que han sufrido daño por hidrólisis ácida. El tratamiento de la lana con soluciones ácidas en caliente produce hidrólisis total, con liberación de aminoácidos, y es el primer paso de muchas técnicas analíticas para determinar la composición de la queratina y en general de las proteínas.

Lamirata, A. (2016), explica que la lana contiene grupos ácidos y básicos y por tanto se comporta como un anfótero. En solución acuosa, el aumento de acidez, da como resultado que los aniones carboxilo disminuyan (especialmente los de las cadenas laterales del ácido glutámico y ácido aspártico y los de los grupos terminales), aumenten los grupos carboxilos no disociados y se protonicen los grupos amino neutros. Por otra parte cuando la solución se hace alcalina disminuyen los grupos carboxilos no disociados, aumentan los aniones carboxilo y los *grupos aminos protonizados* pierden su carga positiva y pasan a su estado no

ionizado. La resistencia a la tracción de la fibra es debida en gran medida a la interacción entre grupos con cargas eléctricas opuestas. La absorción de ácidos fuertes reduce esa cohesión al sustituir los aniones carboxilo por grupos carboxilos neutros y, por tanto, la resistencia a la tracción y a la abrasión de la fibra disminuye.

Manrique, T. (2016), indica que en contraste con los ácidos minerales fuertes, los ácidos orgánicos débiles no son capaces de protonizar con igual intensidad a los aniones carboxilo. Forman sin embargo enlaces hidrógeno con los grupos peptídicos y otros grupos y de esta forma producen el hinchamiento de la fibra. El ácido fórmico es especialmente efectivo en este sentido: a saturación la lana absorbe cinco veces más ácido fórmico que agua. Los colorantes ácidos son rápidamente absorbidos por la lana desde soluciones de ácido fórmico a temperatura ambiente.

Carrasco, M. (2016), expone que los grupos peptídicos y amido de las proteínas son los más atacados por los ácidos, el grado de ataque depende de la severidad de las condiciones empleadas. Durante el procesamiento de la lana, como en las operaciones de tintura y de "carbonizado", se trata de minimizar la hidrólisis ácida. Sin embargo con fines analíticos y de investigación se requiere generalmente una hidrólisis completa. Los grupos amido primarios de los "residuos" de asparagina y glutamina son hidrolizados mucho más rápido que los enlaces peptídicos, como se puede comprobar por la liberación de amoníaco que se produce en las primeras etapas de la hidrólisis ácida. El ataque a los enlaces peptídicos no se produce tampoco al azar: algunos son atacados más rápidamente que otros. Por ejemplo, aquellos adyacentes a "residuos" de ácido aspártico son particularmente sensibles. Se ha observado que los tensoactivos aniónicos, tales como los alquil sulfonatos o alquil sulfatos de larga cadena promueven o catalizan la hidrólisis de la lana. En cambio los tensoactivos catiónicos tienen un efecto contrario. Los tensoactivos no-iónicos no ejercerían ninguna acción. Se piensa que la absorción de los tensoactivos aniónicos produce una disminución del pH interno de la fibra con un aumento del ataque ácido.

Harrowfield, B. (2016), indica que la tintura de la lana con colorantes ácidos se realiza a alrededor de pH 3.0 para los colorantes de buena igualación (Grupo 1), pH 6.0 para los colorantes batán o de buena afinidad (Grupo 3) y pH 4.5 para colorantes intermedios (Grupo 2). Los ácidos empleados son el ácido sulfúrico, el fórmico y el acético. Para minimizar el ataque a la lana durante la tintura con colorantes ácidos se consideran condiciones óptimas pH 2.6-4.0, temperaturas menores a 100°C y tiempos de tintura cortos. Para la mayor parte de los tonos, procedimientos requeridos, etc., estas condiciones no son fáciles de cumplir. Los procesos oxidativos para el blanqueo o para tratamientos anti-afieltrantes, aumentan la susceptibilidad de la lana a los ataques ácidos. Por tanto será necesario un cuidadoso control del pH durante la tintura con colorantes ácidos de lanas que han sufrido un proceso de blanqueo oxidativo. En el "carbonizado", la lana es tratada con ácido sulfúrico diluido, por ejemplo al 5%, con un "pick-up" generalmente del 65%. Luego es secada a 65-90 °C lo que produce una concentración del ácido. Se hace luego un "shock" térmico a 125°C durante 1 minuto para "carbonizar" a la materia celulósica vegetal ("baking"). La tela de lana se pasa luego entre rodillos a presión, para pulverizar los restos celulósicos carbonizados y eliminarlos más fácilmente en un lavado posterior. En este lavado también se neutralizan los restos de ácido.

F. LA ACIDULACIÓN

Harrowfield, B. (2016), reporta que se han utilizado cuatro tipos de reactivos para acilar lana: anhídridos, cloruros ácidos, ésteres y amidas. Los isocianatos y los isotiocianatos, si bien no son estrictamente agentes de acilación, también reaccionan con los mismos tipos de cadenas laterales de proteínas. Los "residuos" de lisina, arginina, histidina, serina, treonina, tirosina y cisteína son todos pasibles de sufrir acilación. La determinación de los lugares de acilación es muy difícil. Sin embargo el gran aumento de peso de la lana acilada en condiciones intensas, indica que la mayor parte de los "residuos" son acilados. La acilación altera el balance de cargas electrostáticas en la lana, reemplaza dadores de enlaces de hidrógeno por aceptores e introduce interacciones hidrofóbicas adicionales. Todo esto altera las propiedades mecánicas y tintóreas de la fibra. La introducción de

grupos acilo de gran tamaño aumenta la resistencia de la lana a las soluciones ácidas y alcalinas, seguramente porque transforman a la lana de hidrofílica en hidrofóbica. La acilación de los grupos básicos de la queratina dificulta la entrada de aniones colorantes y por tanto dificulta la tintura de la lana con colorantes ácidos. La introducción de grupos acetilo hace a la lana más fácil de estirar en agua mientras que la introducción de grupos benzoilo produce el efecto contrario. La introducción de grupos benzoilo o fenilcarbamilos produce un aumento dramático de la facilidad del fijado dimensional de las telas de lana.

Plate, D. (2016), ha estudiado mucho la acilación de lana con anhídrido acético a ebullición para lograr lanas resistentes al teñido. Mediante el tratamiento con una mezcla de anhídrido acético, ácido acético, pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y N, N-dimetilanilida se obtienen buenas resistencias al teñido. Esto es debido más a la sulfatación de los grupos amino e hidroxilo que a la acetilación De los grupos amino. La acción de agentes de acilación bifuncionales probablemente introduce "crosslinking".

1. La acción del agua y el calor

Harrowfield, B. (2016), reporta que la fibra de lana está expuesta a la acción del agua y el calor desde que emerge del folículo en la piel del ovino y luego durante todo su crecimiento. Pero es en las diferentes etapas del procesamiento industrial donde está sometida a las acciones más severas. El lavado, el batanado, la tintura, el fijado y el secado son quizás las más agresivas. Pero los artículos finales, durante su uso, también están frecuentemente sometidos a la acción del agua y el calor, al lavarlos, secarlos y plancharlos. El módulo torsional de la fibra es especialmente afectado por el contenido de humedad. La acción del agua y el calor sobre la lana producen cambios químicos en su estructura que resultan en una disminución de la solubilidad según el ensayo urea- bisulfito. Por tanto, los ensayos que determinan la disminución en la solubilidad de la queratina son útiles para detectar los daños causados. Las causas de esta disminución de solubilidad es aún motivo de controversia: algunos autores la atribuyen a la formación de "crosslinking" por formación de enlaces puente de lantionina y lisinoalanina. Otros

investigadores lo atribuyen a un complejo cambio estructural de las proteínas de la lana. Antes de cualquier tratamiento térmico a que vaya a someterse la lana es muy importante conocer el pH y la humedad que posee previamente la materia prima antes de ser procesada.

2. Tratamientos térmicos en húmedo sin tensión

Adot, O. (2016), indica que los tratamientos hidrotérmicos de la lana a 100 -140 °C causan importantes cambios en sus propiedades tensiles. Entre 128°C y 140 °C hay una marcada disminución del largo conocida como “supercontracción. Por encima de 140 °C se produce una degradación de la estructura y debilitamiento de la fibra. El comportamiento frente al arrugado de una tela de lana depende de su historia previa. Hay por ejemplo una disminución progresiva del arrugado si la tela es mantenida a 20 °C y 65 % de humedad relativa. Cuando la lana se calienta en agua a 55°C comienza a desprenderse lentamente sulfuro de hidrógeno y, a 100°C, amoníaco. La formación de amoníaco es acompañada por el aumento de grupos tiol en la queratina, por destrucción de enlaces disulfuro de la cistina. Si la lana se mantiene en agua a ebullición a 100°C aparecen “residuos“, de lantionina (I) y lisinoalanina (II).

3. Tratamientos térmicos secos sin tensión

Maguirre, A. (2016), registra que los efectos del calor sobre la lana en seco, o a “regain” normales, han sido estudiados por varios investigadores. El calentamiento en seco de la lana produce menos daño que en húmedo. La extensión del daño dependerá de si la lana es calentada en un ambiente cerrado o abierto. En un sistema cerrado, la ausencia de oxígeno disminuye los cambios oxidativos aunque el agua confinada y los productos de pirólisis pueden promover la descomposición por otros mecanismos químicos. En un sistema abierto hay acceso de oxígeno, pero se liberan los productos de la pirólisis. En sistema abierto a 120°C, se produce poco daño en los primeros minutos. Tratamientos más prolongados producen una disminución de la solubilidad en urea/bisulfito, seguramente por formación de

“crosslinking”.

Adzet J. (2005), menciona que a una temperatura de 140-170°C la lana comienza a cambiar de color gradualmente, del amarillo al marrón, la solubilidad en urea/bisulfito decrece pero la solubilidad en álcali aumenta, debido seguramente a que comienzan a destruirse enlaces peptídicos. Por encima de 170°C comienzan a producirse ya daños importantes y a 250°C se produce una pirólisis general. El estudio, por cromatografía gaseosa, de los productos desprendidos en la pirólisis suministra un método para identificar la lana en presencia de otras fibras textiles. Se han usado varios agentes de “crosslinking” para mejorar la resistencia térmica de la lana. Se supone que el aumento del “crosslinking” compensaría la destrucción de los enlaces disulfuro por el calor. El tratamiento con paraformaldehído en fase vapor y en presencia de catalizadores ácidos es uno de los procedimientos que aparentemente ha dado mejores resultados.

4. Tratamientos térmicos en húmedo con tensión

Seghetti, D. (2016), menciona que los diagramas esfuerzo-deformación (DED) o carga-extensión (DCE) (“stress-strain curve”) de la lana varían según la temperatura y la humedad. En la zona del DCE, hasta un 2% de extensión de la lana - donde existe elasticidad perfecta y se cumple la ley de Hooke - la extensión es proporcional a la carga y la queratina está en su forma helicoidal. Los enlaces hidrógenos y disulfuro mantienen la estructura helicoidal y el alineamiento entre las cadenas peptídicas con cierto grado de cristalinidad. Esto hace que la lana en este tramo del DED tenga una recuperación elástica perfecta: cuando la carga es suprimida la fibra recupera su longitud original en forma “instantánea”.

Mendoza, M. (2016), al aumentar la carga (en g, kg, lbs, etc.), o la tensión (en g/cm², ó g/denier, etc.), se pasa el punto conocido como “límite de elasticidad” y comienzan a romperse primero los enlaces hidrógeno y luego los disulfuro. Tenemos entonces una zona de transición entre la queratina α y la β donde con pequeñas cargas o tensiones se obtienen grandes deformaciones (entre el 2 y el 30 % de extensión). Si la carga o la tensión son suprimidas los enlaces hidrógeno

y los disulfuro se vuelven a formar, la queratina vuelve a su forma a helicoidal. La fibra recupera su longitud original, no en forma instantánea sino en un determinado tiempo. Se dice entonces que tiene elasticidad imperfecta o que sufre una deformación temporaria o que presenta “creep” primario. El conocimiento de los DCE, el contenido de humedad de la tela, las T_i y T_i correspondientes a ese contenido de humedad y el tiempo de duración del tratamiento, es fundamental para el éxito de las operaciones de terminación o acabado de las telas de lana. Debemos, sin embargo, recordar que para un tejido, habrá un DCE que será distinto que el de una fibra individual. En la “terminación lanera”, desde el punto de vista práctico, se pueden distinguir tres tipos de estabilización o “fijado dimensional de las telas, todas realizadas por encima del “límite de elasticidad” de la fibra, es decir, en la zona de transición del DED que corresponda al contenido de humedad o “regain” de la tela y un rango de temperatura: En general cuando solo se le quiere impartir a la tela una cierta estabilidad, una dada “mano” y un buen aspecto de superficie, este es el tratamiento elegido. Este tipo de estabilización ocurre durante el secado en “rama” y en el planchado (rotativo y entre cartones). Esta estabilización se mantendrá mientras la tela no vuelva a ser calentada por encima de 20°C. El sastre o el confeccionista, a veces con un nuevo planchado húmedo en caliente, traspasan esa temperatura y este fijado cohesivo se pierde, dando lugar a reclamaciones.

Harker, R. (2016), reporta que la estabilización temporaria, siempre hablando de una tela con 35% de “regain”, se produciría bajo tensión entre 65°C y 100°C, durante tiempos relativamente cortos, y enfriando luego, también bajo tensión, a 20°C. En este caso este “fijado temporario” se mantiene aun calentando por encima de 20°C, pero se pierde si calentamos por encima de 100°C. En este caso, además de ruptura y recreación de enlaces hidrógeno, también se rompen algunos enlaces disulfuro. El “potting” de telas de hilado cardado y algún tipo de “decatizado húmedo” son ejemplos de este tipo de fijado. La “estabilización permanente”, siempre hablando de una tela en las mismas condiciones de humedad del 35%, se produciría calentando bajo tensión, entre 65°C y 100°C durante tiempos más prolongados o entre 65°C y temperaturas superiores a 100°C, durante tiempos breves o brevísimos, para luego enfriar bajo tensión a temperatura ambiente. En

este caso la fijación permanente no se pierde aún si la tela se vuelve a calentar por encima de 100°C. En este caso, además de la ruptura y recreación de enlaces hidrógeno hay una importante participación de los enlaces disulfuro. El “crabbing” y el “decatizado en fase vapor” serían ejemplos de este tipo de fijado.

Francis, P. (2016), manifiesta que en todos los casos planteados se supuso un pH neutro para la tela húmeda a 35% de “regain”, pero se requiere menos trabajo para estirar una tela de lana a pH ácido o alcalino que a pH neutro. El agregado de ácido induce la formación de -RCOOH a expensas de los grupos -RCOO^- . Esto altera la interacción electrostática entre grupos dentro de la molécula de las queratinas y disminuye la resistencia a la tracción de la fibra. Los álcalis atacan primero a los enlaces disulfuro y luego a los peptídicos produciendo también una reducción de la resistencia a la tracción de la fibra. Será entonces poco todo lo que se insista sobre la importancia que tiene, en la terminación lanera, el control estricto del contenido de humedad de las telas y su pH, los tiempos y las temperaturas de los procesos. Otro fenómeno interesante que se explica por la rotura y restablecimiento de los enlaces H y de los enlaces disulfuro, es el de la “relajación bajo tensión” (“stress relaxation”). Cuando una tela es mantenida a extensión constante, a medida que pasa el tiempo se produce una disminución gradual de la tensión aplicada. Por otra parte, si la tela se mantiene bajo una carga constante, a medida que pasa el tiempo va alcanzando gradualmente una extensión límite. El módulo de elasticidad torsional (E_t) de las fibras de lana depende mucho del contenido de agua de la fibra. Por ejemplo la relación del E_t seco al E_t húmedo es de 10 a 1. Los cambios químicos introducidos en la queratina pueden, entonces, afectar indirectamente las propiedades torsionales de la fibra cuando afecten la absorción de agua de la misma.

G. PAUTAS FUNDAMENTALES PARA LA LIMPIEZA DE LANA DE OVEJA

Jimenez, T. (2016), indica que lavar o fregar lana de oveja (vellón) es fácil, sólo tienes que seguir algunas reglas básicas: no agitar, retorcer o frotar la fibra, no exponerla a cambios bruscos de temperatura (es decir, no la pongas en agua caliente y luego inmediatamente en agua fría o viceversa), no dejar correr el agua

directamente sobre la lana, llena el lavabo con agua y jabón antes de poner en la fibra.

1. Retirar la materia vegetal

Mendoza, M. (2016), menciona que se debe retirar la materia vegetal tanto como sea posible. Agita bien el vellón durante unos minutos para eliminar la paja, la suciedad y otras pequeñas partes de residuos vegetales. Retira los trozos más grandes que se adhieren a la lana. Abre ligeramente las cerraduras o rizos apretados para permitir que la tierra se escape.

2. Preremojo

Para Girona, J. (2008), al Remojar la lana en agua caliente antes del lavado normal. El remojo elimina una gran cantidad de suciedad y exceso de grasa y permite que el jabón se concentre en las suciedades más duras durante el ciclo de lavado.

3. Lavado

Manrique, T. (2016), recomienda llenar un lavabo, bañera o la lavadora con agua caliente y jabón líquido o detergente suave. Si utilizas una lavadora, apágala cuando está llena, no dejes que la agite. Coloca la lana. No llenes demasiado el recipiente, deja espacio para que las fibras puedan moverse libremente. Presiona suavemente hacia abajo para sumergir toda la lana. No agites, retuerzas, tuerzas o frotas la lana. Déjala en remojo durante 20 minutos más o menos.

4. Enjuague

Blanxart, D. (2002), recomienda retirar la lana, mientras el agua esté caliente, si permites que el agua se enfríe, la grasa se volverá a unir a la lana. Ajusta el vellón en otro recipiente o sobre una toalla mientras se vacía el agua de lavado y vuelve

a llenar el recipiente con agua limpia, a la misma temperatura que el agua del lavado anterior. No espongas la lana a grandes cambios de temperatura. Coloca el vellón en la bañera nuevamente, sumergiendo por completo. No lo agites. Deja reposar durante 10 o 15 minutos.

5. Enjuaga de nuevo

Girona, J. (2008), reitera retirar la lana del agua y vuelve a llenar el recipiente con agua en la misma temperatura de la que acabas de vaciar. Sumerge el vellón nuevamente. Déjalo en remojo durante unos 10 minutos. Repite los enjuagues hasta que el agua salga clara. Si la lana está sucia o tiene mucha lanolina, puede que tengas que repetir toda la secuencia de lavado-enjuague.

6. Secado

Suarez, G. (2016), especifica que al colocar la lana en un lugar soleado y limpio para secar. Si es posible, ubícala sobre una malla de alambre, una puerta de rejas o algo similar para permitir que circule el aire y secarla más rápido.

H. LAVADORA SOLAR PARA FIBRA DE LANA

Fabbio, F. (2016), menciona que esta nueva lavadora solar para fibra de alpaca o lana de ovino, fue diseñada en Perú y presentada en Lima, durante la Feria Vitrina Tecnológica, junto a otros inventos ecológicos, renovables y también científicos y beneficiosos para la salud. La lavadora fue diseñada en Cusco y limpia la fibra de alpaca aprovechando también la energía solar. Sin dudas se trata de un invento innovador que permite utilizar los rayos de sol para calentar agua a 60° y, de este modo, logra reducir la quema de combustible. Este diseño ecológico obtuvo el segundo puesto en Innotec Perú 2016 Para los sectores agroindustriales y agropecuarios de las altas zonas andinas de Perú la preservación del medio ambiente es casi un imperativo para la supervivencia. Cuatro jóvenes ingenieros mecánicos de la Universidad San Antonio Abad, de Cusco, son los creadores de la

lavadora solar para el lavado de la fibra de alpaca. El principal impulsor de este proyecto, Percy Quispe Quispe, explicó que la lavadora aprovecha la energía solar para calentar el agua ya que esto es indispensable para realizar la limpieza de la fibra de alpaca. Además, utilizando esta lavadora, se logra una reducción del quemado de combustible que llega al 80%. El ingeniero mecánico Alan Carita Cruz, integrante del equipo creador de la lavadora, explicó que los protectores solares pueden funcionar gracias a unos tubos negros que disponen de aislamientos. Estos tubos se unen entre sí hasta formar un circuito por donde ingresa el agua para calentarse por los rayos que emite el sol. “Para lavar la fibra de alpaca se necesita agua a 60 °C. En Cusco, específicamente en el distrito de Maranganí, provincia de Canchis, tenemos una oferta solar de 350 ° por metro cuadrado.

Plate, D. (2016), indica que dentro de los beneficios innovadores de la lavadora solar, hay que destacar que el aparato utiliza sólo detergentes biodegradables que se introducen por un sistema de bombeo. Otro beneficio importante es que se logra ahorrar una importante cantidad de agua, ya que las lavadoras comunes usan de 10 a 20 litros de agua mientras que ésta sólo necesita de 7 a 15 litros de agua por kilo. El precio para lavar la fibra de alpaca también se reduce en un 50% y cuesta 0,3 dólares para lavar 1 kg de ropa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación científica se llevó a cabo en el Laboratorio de Lanasy Fibras de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el Km 1 ½ de la Panamericana Sur en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, cuyas condiciones meteorológicas de referencia se citan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE REFERENCIA

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIOS 2016
Altitud, msm	2000
Temperatura, °C	6-22
Precipitación, mm/mes	700-800
Humedad relativa, %	70-80

Fuente: Servicio Meteorológica Del Ecuador. (2016).

La investigación estuvo prevista en ser ejecutada en un lapso de 60 días, en el cual se desarrolló las siguientes etapas: diseño del equipo, construcción del equipo, implementación del equipo, evaluación del equipo y elaboración del manual.

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para evaluar la eficiencia del equipo se verificó las condiciones de calidad del lavado de la lana de ovino, adquirida en mercados locales; para ello, se realizó el análisis de las características físicas y sensoriales de la lana lavada, se tomaron muestras de dicho producto con una cantidad de 2500 g, que actuaron como unidades experimentales y a su vez se realizó el lavado de fibra de llama con la finalidad de comparar los resultados y validar el equipo.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

1. Materiales

- 15 Kg de lana de ovino y de llama
- Altador hidráulico
- Boquilla de ensayo y de presión
- Bastidor soporte guía
- Comparador micrométrico
- Manómetro de control de carga
- Manómetro de presión bomba
- Caja de control PLC
- Base soporte
- Bola de ensayo
- Pintura
- Pernos
- Cable
- Extensión
- Material de protección
- Desarmadores
- Llaves
- Lijas
- Guantes
- Visores

2. Equipos

- Soldadora
- Taladro
- Pulidora
- Moladora
- Resistencia

- Computadora

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la validación del prototipo mecánico se realizó pruebas tanto en el Laboratorio de Control de calidad la ESPOCH, como la evaluación sensorial de la lana lavada y, los resultados adquiridos fueron comparados utilizando una estadística descriptiva para determinar si existieron o no diferencias entre las muestras.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Mediciones físicas

- Elongación %
- Higroscopicidad %

2. Mediciones sensoriales

- Finura de fibra (puntos)
- Coloración de la lana (puntos)
- Tacto (puntos)

3. Eficiencia del equipo

- De acuerdo a la higroscopia y coloración de la lana

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

- Distribución de frecuencias
- Media

- Moda
- Mediana
- Prueba de t'student

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La implementación del equipo de lavado de lana del laboratorio de fibras y lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias se realizó de la siguiente manera:

- Primero se efectuó una evaluación del laboratorio de fibras y lana para determinar el área y la ubicación del prototipo mecánico de lavadora de lana, de tal manera que se determine si existen los servicios especialmente eléctricos y espacios necesarios para su normal funcionamiento.
- Posteriormente se debió medir y conocer la capacidad de la planta, para poder diseñar el prototipo mecánico.
- Luego se realizó la adquisición de los materiales necesarios y adecuados que sirvieron para la construcción del equipo expuesto para el lavado de lana y otro tipo de fibras de origen animal.
- Se prosiguió con el diseño y construcción del prototipo de lavadora de lana.

1. Fabricación de lavadora de lana dos en uno, lavado y centrifugado

La construcción de la lavadora se realizó en un taller especializado donde existe la maquinaria y equipos que permitan fabricar cada uno de los elementos, siempre y cuando estén supervisados de un profesional técnico que garantice la fabricación y calidad de la máquina. Los elementos que conforman la lavadora fueron diseñados de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas en el proyecto. Un factor primordial es el financiamiento del mismo, la utilización de la materia prima debe adaptarse al mercado local donde el beneficio y ahorro sea máximo.

2. Parámetros de construcción

La lavadora Modelo JCVS 2017 tiene una altura aproximada de 88 cm y un ancho de 75 cm es una maquina semiautomática que consta de tres programaciones lavar, enjuagar y desaguar, además consta con una tina de centrifugado. El panel de control consta de tres perillas: tiempo de lavado, tipo de lavado-desagüe y tiempo de centrifugado. El voltaje de entrada es 110V.

La máquina fue diseñada para realizar un proceso de lavado de lana y fibra de acuerdo a los parámetros iniciales de diseño, su capacidad de lavado óptimo es de 15lb y una capacidad máxima de 17lb, (Figura 1).

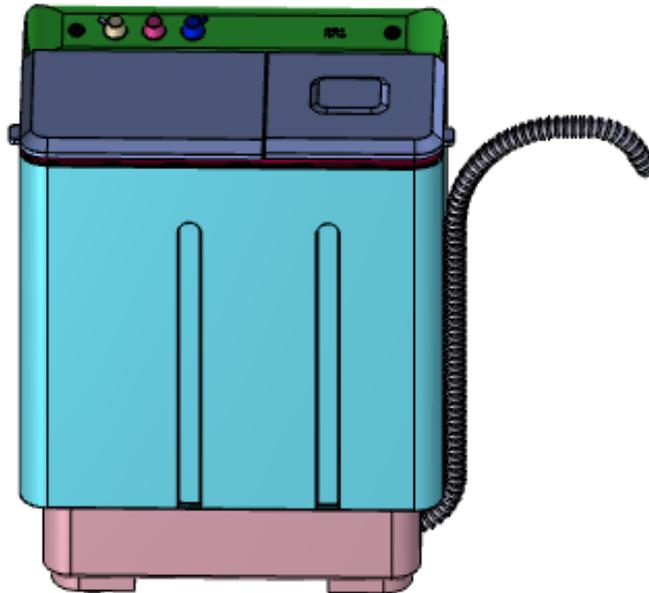


Figura 1. Lavadora JCVS2017

3. Construcción

Para la construcción de la maquina se determina los siguientes requerimientos:

- Requerimientos para la construcción
- Máquinas y equipos
- Herramientas
- Instrumentos de verificación y medición
- Materia prima

- Elementos normalizados (Pernos, Tornillos)
- Elementos a construir
- Hojas de proceso.

Para el manejo de estos equipos y herramientas se deberá utilizar toda la protección necesaria como EPP (Equipo de Protección Personal) y normativas de seguridad que garanticen un proceso libre de lesiones, accidentes y pérdidas materiales o humanas. Durante el proceso de construcción, montaje e instalación de la máquina para la construcción de los prefabricados se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y accesorios como se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS: PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO

Código	Equipo	Código	Equipo
MH1	Soldadora Eléctrica.	MH12	Pulidora.
MH2	Torno.	MH13	Cizalla.
MH3	Plegadora.	MH14	Entenalla.
MH4	Fresadora.	MH15	Arco de sierra.
MH5	Cortadora de plasma.	MH16	Calibrador pie de rey.
MH6	Taladro de pedestal.	MH17	Oxi-Corte
MH7	Taladro de mano.	MH18	Tijeras.
MH8	Dobladora de tol.	MH19	Cautín
MH9	Tronzadora.	MH20	Brocas y machuelos
			Martillos, alicates,
MH10	Esmeril.	MH21	destornilladores,
			flexómetros, escuadra, nivel,
			etc.
MH11	Amoladora.		

A continuación nombraremos los elementos que constituyen la lavadora JCVS 2017, algunos de los cuales serán prefabricados y otros se realizan la compra correspondiente como indica el Cuadro 6.

Cuadro 6. LISTA DE PARTES DEL ENSAMBLE PANEL DE CONTROL.

No.	DESCRIPCIÓN	MODELO JCVS2017
1	Perilla	3
2	Panel de control	13-2426-8
3	Tornillo usos varios	2
4	Junta entrada de agua	1
5	Palanca selectora de entrada	1
6	Panel de control interno	1
7	Cinturón cables	5
8	Reloj de lavado	1
9	Reloj de secado	1
10	Tornillo 4 x 12	2
11	Junta de drenado	1
12	Resorte de Panel	1
13	Botón interruptor	1
14	Tornillo 4 x 14	6
15	Cable negro	1
16	Interruptor de seguridad	1

La placa para el panel de control fue tomado de una lavadora semiautomática MABE que presenta un sistema similar de funcionamiento. Los demás componentes fueron adquiridos en diferentes casas comerciales como describe el Cuadro 7 y Cuadro 8.

Cuadro 7. LISTA DE PARTES DEL CUERPO DE LA LAVADORA.

No.	DESCRIPCIÓN	MODELO JCVS2017
1	Resorte Tapa de secadora	1
2	Tapa de tina de secado	1
3	Tapa de seguridad de secado	1
4	Tapón de cubierta de secadora	2
5	Tornillo usos varios	14
6	Tornillo 10 x 1 1/4 inoxidable	2
7	Cubierta de cesta centrífuga	1
8	Tapa interna de seguridad	1
9	Fondo de tina centrífuga	1
10	Tuerca cesta centrífuga kit	1
11	Rondana de presión kit	1
12	Rondana inox	1
13	Ensamble cesta centrífuga	1
14	Panel de control ensamblado	46-2990-3
15	Banda de drenaje	1
16	Tornillo base de panel	1
17	Junta selectora de entrada de agua	1
18	Base de panel de control	1
19	Direccionador de agua	1
20	Bolsa de plástico	1
21	Cinturón de cables	1
22	Capuchón	8
23	Tapa tina de lavado	1
24	Tornillo impulsor kit	1
25	Rondana estriada de presión kit	1
26	Ensamble de impulsor	1
27	Agitador LDK72	-
28	Rondana impulsor kit	1
29	Barra larga de placa de sobreflujo	1
30	Palanca de nivel de agua	1
31	Placa de nivel de sobre flujo	1
32	Filtro atrapa pelusa	1
33	Resorte de válvula	1
34	Poste de válvula	1
35	Barra corta de placa de sobreflujo	1
36	Manguera de sobre flujo	1

No.	DESCRIPCIÓN	MODELO JCVS2017
37	Tubo de válvula	1
38	Tapa de válvula	1
39	Tapa de coladera	1
40	Tornillo de acero inoxidable	1
41	Coladera Blanca	1
42	Rondana cuadrada kit	1
43	Rondana plana	2
44	Tina doble	1
45	Arillo empaque de caja	1
46	Caja de engranes	1
47	Válvula conectora	1
48	Conexión de manguera	1
49	Tornillo de transmisión	4
50	Polea	1
51	Tornillo polea impulsor kit	1
52	Tornillo tapa posterior	13
53	Tapa Trasera	1
54	Tornillo usos varios	1
55	Rondana presión 4.5 Diam.	1
56	Ensamble de base	1
57	Soporte de manguera de drenado	1
58	Ensamble gabinete prepintado blanco	1
59	Banda V	1
60	Ensamble manguera	1
61	Tornillo base gabinete	7
62	Ensamble de chumacera	1
63	Anillo anti vibraciones	1

Cuadro 8. ENSAMBLE DE BASE LAVADORA

No.	DESCRIPCION	MODELO JCVS2017
1	Ensamble de rueda freno	1
2	Tornillo rueda de freno kit	2
3	Tornillo polea motor kit	1
4	Polea de Motor	1
5	Tornillo amortiguador sellado	4
6	Tornillo motor de lavado	2
7	Rondana superior motor de lavado kit	2
8	Amortiguador superior	2
9	Motor de lavado	1
10	Motor de secado	1
11	Ensamble resorte motor	4
12	Amortiguador de motor	1
13	Amortiguador inferior	2
14	Rondana inferior motor de lavado kit	2
15	Capacitor	1
16	Cable tomacorriente	1
17	Sujetador de cable	1
18	Base	1
19	Tuerca motor de lavado kit	2
ENSAMBLE CESTA CENTRIFUGA		
1	Brida de cesta centrífuga	1
2	Arillo de cesta centrífuga	1
3	Cesta centrífuga	1
4	Rondana de brida	4
5	Rondana de usos varios	4
6	Tornillo de brida kit	4

Para la evaluación de las características físicas y sensoriales de las muestras, se utilizaron 15 kg de lana ovina recién recolectada, para cada uno de los ensayos; comprada en el Camal Municipal de la ciudad de Riobamba, las cuales fueron sometidas al siguiente procedimiento:

- Compra de lana de ovinos y clasificación: para la presente investigación se realizó la adquisición de la lana ovina, procurando que el material se encuentre lo menos contaminado posible las cuales pueden ser natural, adquirida o aplicada, luego se realiza el clasificado que se lo conoce como manipuleo es el primer criterio empleado para la clasificación dependió del tipo de proceso que se va a realizar es decir hilo cardado, hilo peinado, o para la fabricación de fieltro.
- Lavado de la lana. Posteriormente se realizó el primer lavado de la lana ovina con agua caliente, extrayendo todos los restos orgánicos que están adheridos a ella, después se golpeó la lana para aflojar las impurezas y luego se enjuagó con agua fría. El sistema de descrudado, engrasado o lavado más empleado es el de emulsión y se lo hace en base a agentes de descrudado en medio acuoso utilizando jabón detergente biodegradable, y por agitación, este proceso se realizó en tanques por lo menos en 4, y el ultimo sirvió para el aclarado, la lana fue transportada dentro de un mismo tanque por movimientos de horquillas y antes de traspasar al siguiente tanque paso atreves de cilindros compresores, la temperatura del primer tanque es de 55°C, y de los tanques sucesivos disminuyó de 5 en 5°C, el tiempo en cada tanque vario de 4 a 9 minutos dependiendo de la calidad de la lana.
- Centrifugado: esta operación se la realizó en una máquina de forma circular, que en la parte interna consto de un tambor de acero inoxidable cuya pared tiene unas perforaciones por donde sale el exceso de agua que contiene la fibra de lana.
- Secado de la lana: la lana que salió del último tanque contiene el 40% de humedad, la tasa requerida para continuar el proceso fue de 20 – 25%, un exceso de humedad pudo causar la oxidación de las maquinas en las

operaciones y ocasionar los neps y cuando se almacena pudo ocasionar un ataque por bacterias paso siguiente se realizó el secado de la lana ya sea en una superficie plana, colgándola al aire libre o usando máquina secadora centrífuga.

- Encimaje: consistió en devolver a la lana parte de la grasa que hemos eliminado en las operaciones anteriores con el fin de lubricarla y facilitar su procesamiento, la cantidad de la emulsión necesaria fue de 1% sobre el peso de la lana.
- Cardado: Como paso siguiente procederemos después de haber lavado muy bien a la lana ovina y dejado secar se comenzó el cardado que es el proceso por medio del cual se ordenan las fibras de la lana paralelamente, este proceso permitió que las fibras se unan entre sí y mantengan la forma pese al uso y al lavado, se hizo mediante máquina cardadora o manualmente peinando repetidamente la lana con cardas o cepillo especial.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Análisis sensorial

- Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que nos indicaron que características presenta cada uno de los vellones ovinos dando una calificación de 5 correspondiente a Excelente, 4 MUY BUENA; 3 BUENA; y 2 BAJA y 1 mala; en lo que se refiere a intensidad de tonalidades de los colores, puntos, finura de la fibra, puntos, y tacto, puntos.
- Para detectar la intensidad de tonalidades se utilizó el sentido de la visión observando y comparando el color de la lana ya teñida en toda su superficie y se calificó de acuerdo a una escala en la que se indicó si son intensos que tuvieron una puntuación de 5, menos intensos de 4 poco intensos de 3 y calificaciones menores a 2 de baja intensidad.

- Para calificar la finura de fibra se palpó la fibra de la lana entre las yemas de los dedos y se calificó la facilidad de deslizamiento como también el grosor y la suavidad que presente la lana ovina de acuerdo a una escala descendente, que ha de muy fina a más gruesa y que calificaciones intermedias son indicativos de lanas que variaron entre muy groseras o demasiado delicadas.
- Para juzgar el tacto se tuvo que palpar con las yemas de los dedos la lana ya teñida para observar si fue suave o presenta enroscamientos o defectos propios de un mal teñido la misma que fueron evaluada según la escala que se describe al inicio.

2. Análisis físico

a. Porcentaje de elongación

La elongación mide la resistencia que experimenta la lana por una brusca deformación que le lleva de la forma plana a la forma espacial. Esta transformación produce una fuerte tensión puesto que la superficie debió alargarse para adaptarse a la forma espacial. Si la lana no fue lo suficientemente elástica y adherida para acomodarse a la nueva situación se quiebra se agrieta y se desprende. Para ensayar la aptitud del tejido el momento del carado, encimaje, centrifugado entre otros se utilizó el método IUP 9 basado en el lastómetro. Este instrumento, desarrollado por SATRA, contiene una abrazadera para sujetar firmemente la lana de forma circular con el lado flor hacia afuera, y un mecanismo para impulsar a velocidad constante la abrazadera hacia una bola de acero inmóvil situada en el centro del tejido. La acción descendente de la abrazadera deforma progresivamente a la lana, que adquiere una forma parecida a un cono, en creciente tensión hasta que se produce la primera fisura. En este momento debió anotarse la fuerza ejercida por la bola y la distancia en milímetros entre la posición inicial de la abrazadera y la que ocupó en el momento de la primera fisura. Esta distancia se denomina distensión. La acción no se detiene hasta el momento de la rotura total de la lana, en el que se anota de nuevo la distensión y la carga, aunque estos datos tienen sólo un carácter orientativo.

b. Higroscopicidad

La higroscopicidad de la lana ovina es la capacidad de absorber agua hasta un 50% sin que se produzca escurrimiento, la higroscopicidad varia con la temperatura y la humedad. En EEUU compran lana hasta con un 12 % de humedad, en Europa hasta con 16 % y en el Ecuador de 10-20 % de humedad. La higroscopicidad tiene que ver con la resistencia, ya que la lana se debilita con exceso de agua. Se la midió tomando una muestra referencial de 200 gramos y se pesó al inicio del lavado luego fue pesada al final y se determinó la diferencia de pesos y se lo multiplicar por 100 para obtener el porcentaje de higroscopicidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

El primer paso para realizar el diseño de la lavadora fue escoger la capacidad que esta tendrá ya que de esto dependerá el costo generado por inversión y por construcción de la máquina, la capacidad escogida fue de 25 kg, entonces se hace un estudio de mercado y de funcionalidad de la máquina para establecer sus parámetros de construcción. Por lo general la producción de textiles a partir de lana de oveja en el país se hace de manera artesanal y sin el uso de maquinarias ni tecnología más solo trabajo ancestral ya que los costos de maquinaria para el proceso de transformación son costoso debido a que no se producen en el país, una lavadora de lana fluctúa entre 5000 y 10000 dólares, por lo cual existe un amplio mercado en el cual se pueda introducir lavadoras artesanales y debido a la producción diaria de lana de oveja en la zona centro del país, se ha escogido la capacidad que tuvo la lavadora de lana.

1. Parámetros de diseño

Para determinar el mejor diseño que tendrá la lavadora de la máquina, existen diferentes parámetros que afectaran a la eficiencia y a la capacidad productiva de la máquina, estos factores son:

- Parámetros Funcionales
- Capacidad de Carga
- Tamaño y peso
- Tipo de trabajo
- Materiales
- Vida Útil

a. Parámetros Funcionales

Dado que la producción de los textiles de lana en el país es de manera artesanal, existen diferentes volúmenes de producción de materia prima además de que existen diferentes condiciones en la producción, por lo cual se ha escogido una capacidad productiva que logre cumplir con los requerimientos del mercado.

b. Capacidad de Carga

Para cumplir con todos los requerimientos de mercado se estableció que la capacidad de trabajo de la lavadora de lana será de 25 kg. Y con lo cual todos los cálculos de diseño se harán en función de este parámetro.

c. Tamaño y Peso

Este es uno de los parámetros más importantes en la construcción de la máquina lavadora de lana, ya que de esto dependerá el espacio físico que ocupe así como también las características que le permitirán el transporte de la máquina y su puesta en marcha se ha escogido que la lavadora tenga las siguientes dimensiones:

- Altura máxima: 0,87 m
- Longitud total: 0,45 m
- Ancho: 0,75 m

Estos parámetros nos sirvieron para determinar los materiales utilizados en la construcción y se escogió planchas de acero inoxidable de 1220*2400 mm, además que el peso aproximado de la lavadora será igual a 200 kg de acuerdo a sus dimensiones.

d. Tipo de Trabajo

Debido a que la lavadora va a tener que ser cargada y descargada después de la lavada, se ha escogido que la lavadora trabaje por lotes o la producción sea tipo Batch, con lo cual permitirá reducir costos por efecto de implementar más partes para que el procesos sea continuo, así como también permitirá una mejor producción por efectos de calibración y de complejidad del proceso de lavado.

e. Materiales

Para escoger los materiales que se utilizaron en la construcción del equipo, de acuerdo al diseño, en la maquina se debieron escoger materiales que sean resistentes a la corrosión por efecto del uso de agua además del ambiente en el que se escogió colocar el prototipo mecánico, de acuerdo con esto y la disponibilidad de los materiales en el mercado se construyó en acero AISI 304 y el ASTM A-36, además que el resto de partes de la lavadora: motor, poleas, bandas, sistema hidráulico, pintura, remaches, fueron escogidos de acuerdo al diseño que se planteó, además que se escogió de acuerdo a la disponibilidad y costos de los mismos en mercados locales.

f. Vida Útil

Para lograr ser competitivos con máquinas que viene importadas de otros países, se ha escogido los mejores materiales y las mejores partes, por lo cual se estima que el tiempo de vida útil del prototipo mecánico sea de 10 años, pero que se tenga que dar un mantenimiento adecuado a ciertas partes que pueden ser susceptibles a daños.

B. MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Dado que existen diferentes tipos de lavadoras, de acuerdo a la disposición de la carga se planteó comparar: carga de tipo vertical y carga de tipo horizontal, para comparar y escoger el mejor diseño de la maquina se planteó escoger de acuerdo a la siguiente formula:

$$R_f = \sum_{j=1}^n W_i V_{ij}$$

Los números W_i son los pesos importantes del atributo y V_{ij} es la evaluación del atributo i para cada alternativa j .

Se escogió una valoración propia para determinar la mejor disposición de carga como se indica en el Cuadro 9.

Cuadro 9. ASIGNACIÓN DE JERARQUÍA PARA CADA ATRIBUTO

Evaluación del atributo	Jerarquización entre números
Muy Pobre	0-2
Pobre	3-5
Bueno	6-8
Muy Bueno	9-10

Con este método de calificación se obtuvieron los siguientes resultados para la disposición vertical (A) y para la disposición Horizontal (B) se reporta en el Cuadro 10

Cuadro 10. RESULTADO DEL MÉTODO DE ATRIBUTOS PONDERADOS.

Atributo i	Peso Normalizado	Alternativas	
		Variable A	Variable B
Capacidad	0,4	3,60	2,40
Tipo de Carga	0,2	2,80	2,60
Dimensiones Físicas	0,1	3,20	3,10
Costos	0,3	3,15	3
Total	1,00	12,75	11,1

De acuerdo a los datos obtenidos y comparando los resultados de las dos variables, la puntuación de la disposición vertical fue superior a la horizontal, por lo cual la mejor disposición para la construcción del prototipo mecánico fue la primera y de acuerdo a las dimensiones y a los parámetros de construcción el plano planteado para la construcción del equipo se muestra en el Gráfico 4.

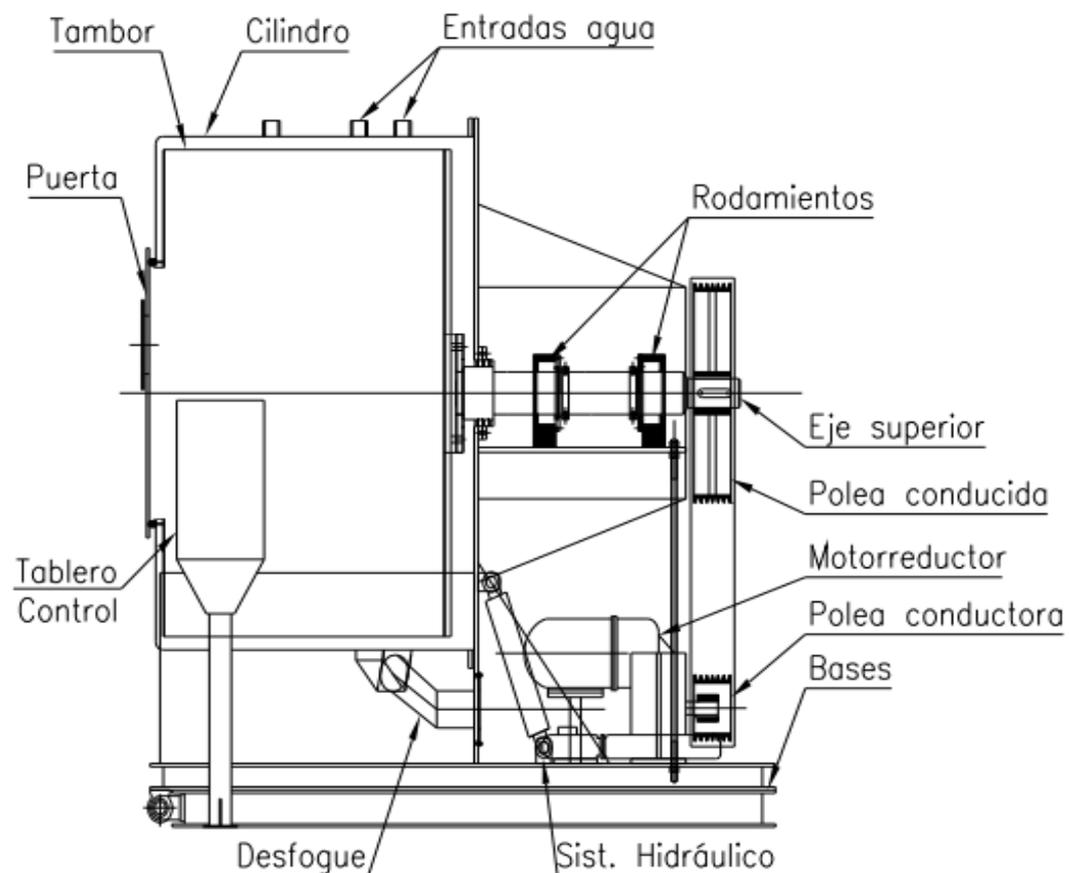


Gráfico 4. Bosquejo de la lavadora de lana con disposición vertical.

C. DISEÑO DEL PROTOTIPO MECÁNICO

1. Diseño del Tambor

Para el cálculo del volumen del tambor se debe seguir ciertas técnicas para partes rotacionales, para evitar que exista una sobrecarga en el tambor, la normativa establece que la carga del tambor debe ser de 10 a 15%, y de acuerdo a la carga de diseño que fue de 15 kg., se puede establecer el volumen de agua que se ocupara en el tambor de acuerdo a la siguiente formula:

$$v = M/\rho$$

Donde:

v: Volumen de agua, m³

ρ : Densidad del agua, kg/m³

M: Capacidad de carga de diseño, kg.

$$v = 25/1000$$

$$v = 0,025 \text{ m}^3$$

Con esto se determinara que el volumen de agua ocupara el 10% del volumen total del tambor y con lo cual para determinar el volumen total del tambor se tiene:

$$V_{tambor} = \frac{V \text{ carga}}{\% \text{ ocupado}}$$

$$V_{tambor} = \frac{0,025}{0.1}$$

$$V_{tambor} = 0,25 \text{ m}^3$$

a. Cálculo del diámetro del tambor

El tambor debido a que va estar en contacto con agentes químicos, impurezas, agua es propenso a tener problemas de corrosión, por lo cual se trabaja en planchas de acero AISI 304 que viene en dimensiones de 1200*2440 mm., las cuales tienen que ser cortadas para dar la forma cilíndrica. Para determinar el diámetro del tambor se utilizó la siguiente fórmula:

$$D_{tambor} = \sqrt{\frac{4 V_{tambor}}{\pi * h}}$$

Donde:

π : pi, m

h: Altura del tambor, m

$$D_{tambor} = \sqrt{\frac{4 * 0.25}{3,1416 * 0,83}}$$

$$D_{tambor} = 0,62 \text{ m}$$

2. Diseño de las aspas

Ya que es un prototipo mecánico nuevo en el mercado, no se puede considerar exactamente cuántas aspas tiene en su diseño, pero de acuerdo a normativas internacionales para lavadoras de tipo industrial se sugiere que en el diseño se coloquen 4 aspas, así como también se establece que la altura que ocupen sea de $\frac{3}{4}$ de la altura total del tambor para que se pueda lavar de la manera más óptima, por lo cual se procede a calcular el área de carga:

$$A_{carga} = \frac{V_{carga}}{h_{carga}}$$

Para lo cual se tiene que realizar un corte interno de las aspas para poder determinar los diferentes parámetros para hallar el área del tambor, es por eso que se evalúa de acuerdo a lo que se indica en el Gráfico 5.

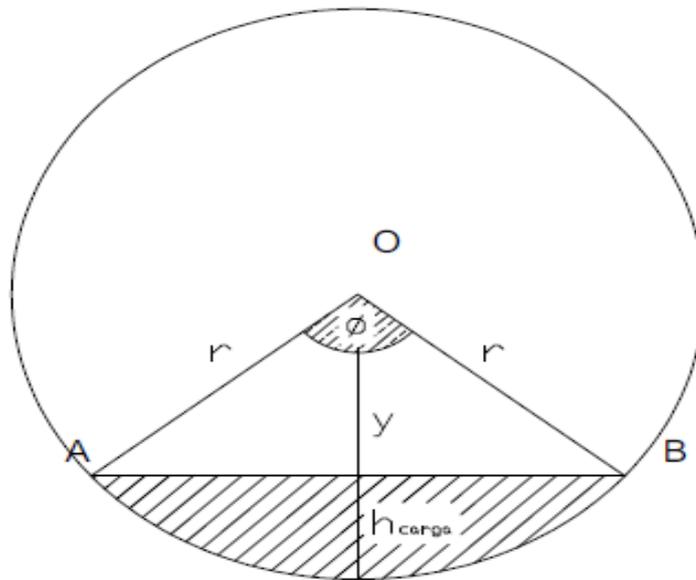


Grafico 5. Corte interno del tambor.

Con lo cual se puede determinar que el área se calculara de acuerdo a:

$$A_{carga} = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi\phi}{180} - \text{sen}\phi \right)$$

Donde:

r: Radio del segmento interior del tambor, m

ϕ : Angulo interno, °.

Para calcular el ángulo interno se utiliza la siguiente formula:

$$\text{sen } \phi = \frac{r}{A_0}$$

Donde:

A_0 = distancia media del ancho del tambor, m

$$\text{sen } \phi = \frac{0,31}{0,375}$$

$$\phi = \text{sen}^{-1} \left(\frac{0,31}{0,375} \right)$$

$$\phi = 55,75^\circ$$

Debido a que el corte está pasando por la mitad del ángulo se tiene que multiplicar por dos para determinar el verdadero valor del ángulo así se tiene que el valor del ángulo es igual a 111.51° . El área de carga sería igual a:

$$A_{carga} = \frac{0,31^2}{2} \left(\frac{\pi * (111,51)}{180} - \text{sen}(111,51) \right)$$

$$A_{carga} = 0,05 \text{ m}^2$$

Procedemos a calcular y debido a que este dato nos servirá para determinar la altura de la carga de acuerdo a la siguiente formula:

$$\cos \emptyset = \frac{y}{r}$$

$$\cos \emptyset * r = y$$

$$\cos(111,51) * 0,31 = y$$

$$y = -0,11$$

Calculamos la altura de carga que va a ser igual a:

$$h_{carga} = r - y$$

$$h_{carga} = 0,31 - (-0,11)$$

$$h_{carga} = 0,42 \text{ m}$$

De acuerdo a lo establecido en la norma la altura de las aspas debe ser igual a $\frac{3}{4}$ de la altura total de carga por lo cual la altura de las aspas será igual a:

$$h_{aspas} = \frac{3}{4} (h_{carga})$$

$$h_{aspas} = 0,32 \text{ m}$$

3. Cálculo de los esfuerzos del tambor

Este cálculo es fundamental en el diseño del tambor debido a que nos ayudara a conocer el espesor que debe tener el tambor para evitar fenómenos de rotura por sobreesfuerzo por el material, debido a que el tambor debe soportar dos tipos de fuerzas sobre sus paredes, una que será generado por efecto de la lana que está colocada dentro de él y otro por el esfuerzo de girar sobre su propio eje.

a. Cálculo debido a la presión interna

Se escogerá el grosor de las paredes, debido que se busca abaratar costos y de acuerdo a las normativas internacionales para el diseño de lavadoras industriales se debe escoger que el grosor sea 1/10 del radio del tambor, por lo cual lo cual el grosor de la pared será 31 mm aplicando el 10% se tendrá que el espesor escogido de diseño será igual a 3,1 mm. Ahora se procederá al esfuerzo que realizara la lana sobre el tambor con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{t,max} = \frac{p(d_i + t)}{2t}$$

Donde:

$\sigma_{t,max}$ = Esfuerzo tangencial máximo que soportara el cilindro, kg-fuerza

d_i = diámetro interno del tambor, m

t = espesor, m

La presión interna se calcula de acuerdo a:

$$p = \frac{F_c}{A} = \frac{m\omega^2 r}{\pi D_c H}$$

Ecuación 1

Donde:

Fc= Fuerza centrípeta

m= Masa total de carga, kg

w= velocidad tangencial, rad/s

r= radio del tambor, m

Dc= Diámetro de construcción, m

H: altura de diseño, m

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Donde

$\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ = relación entre una posición determinada y un tiempo determinado

Debido a que el tambor va a recorrer el ángulo de 111,58° calculado en la anterior sección está calculada en radianes va ser igual a 0,62 rad, y comenzara en una posición cero, se escoge como base de cálculo 1 segundos que es lo que se va a demorar en recorrer esta distancia.

$$\omega = \frac{0,62 - 0}{1 - 0}$$

$$\omega = 0,62 \frac{rad}{s}$$

Para calcular la masa total se debe sumar la masa de diseño y la masa de las aspas, dado que el acero pesa 7.80 kg/m³ y las aspas se ha escogido un grosor de diseño de 30 cm de r, para calcular el volumen será igual a:

$$V_{aspas} = 2 * \pi * r^2 * h_{aspas}$$

$$V_{aspas} = 2 * \pi * 0,30^2 * 0,42$$

$$V_{aspas} = 0.24 m^3$$

Para calcular el peso se utiliza la siguiente formula:

$$m_{aspas} = V_{aspas} * m_{acero}$$

$$m_{aspas} = 0,24 * 7,80$$

$$m_{aspas} = 1,85 \text{ kg}$$

Ahora calculamos la masa total del tambor de acuerdo:

$$m_{total} = m_{aspas} + m_{carga}$$

$$m_{total} = 25 + 1,85$$

$$m_{total} = 26,85 \text{ kg}$$

Remplazando todos los valores obtenidos en la ecuación 1 se tiene:

$$p = \frac{(26,85)(0,62)^2(0,31)}{\pi * (0,75) * 0,87}$$

$$p = 1,56 \text{ kgf}$$

Transformando a Pascal se tiene que 1 kgf tiene 9,80 N por lo que se tiene:

$$p = 1,56 \text{ kgf} * \frac{9,80 \text{ N}}{1 \text{ kgf}}$$

$$p = 15,30 \text{ P}$$

Para el esfuerzo tangencial se tiene

$$\sigma_{t,max} = \frac{p(d_i + t)}{2t}$$

$$\sigma_{t,max} = \frac{15,30(0,62 + 3,1 * 10^{-3})}{2(3,1 * 10^{-3})}$$

$$\sigma_{t,max} = 1537,65 \text{ Pa}$$

b. Cálculo del esfuerzo de rotación

Los esfuerzos tangenciales y radiales deben cumplir con las siguientes restricciones:

- El radio exterior del anillo es grande comparado con el espesor, $r_o > 10t$
- El espesor del anillo es constante
- Los esfuerzos son constantes en todo el espesor del anillo

Los esfuerzos radiales máximos se dan cuando el radio del anillo es igual al radio interior:

$$\sigma_{t,r,max} = \frac{k\omega^2}{4g} [r_o^2(3 + \mu) + r_i^2(1 - \mu)]$$

$$\sigma_{r,r,max} = \frac{k\omega^2}{8g} [(3 + \mu) + (r_i - r_o)^2]$$

Donde

$\sigma_{t,r,max}$ = Esfuerzo tangencial máximo debido a la rotación, kg-f

$\sigma_{r,r,max}$ = esfuerzo radial máximo debido a la rotación, kg-f

K: peso específico del material del anillo, kg/m³

u: relación de poisson

ri= Radio externo del anillo, m

ro= Radio interno del anillo, m

g: constante gravitacional, m/s²

w= velocidad tangencial, rad/s

Para el tambor se tiene

K= 76,5 kN/m³

u= 0,292 kN/m³

Para determinar si las asunciones que se han hecho son correctas se debe cumplir con la teoría de falla la cual indica que:

$$\sigma_{eq} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Y como relación adicional según la norma:

$$\sigma_1 = \sigma_{t,r,max}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{r,r,max} = 0$$

Por lo tanto para demostrar la resistencia del material únicamente se calcula el esfuerzo tangencial total y el esfuerzo radial va a ser nulo por fenómenos de rotación, con lo que se tiene:

$$\sigma_{t,r,max} = \frac{k\omega^2}{4g} [r_o^2(3 + \mu) + r_i^2(1 - \mu)]$$

$$\sigma_{t,r,max} = \frac{76.5 * (0,62)^2}{4 * (9,8)} [0,75^2(3 + 0,292) + 0,31^2(1 - 0,292)]$$

$$\sigma_{t,r,max} = 1.44 \text{ Kgf}$$

Ahora transformando a Pascales se tiene:

$$\sigma_{t,r,max} = 1,44 \text{ Kgf} * \frac{9,80 \text{ Pa}}{1 \text{ kgf}}$$

$$\sigma_{t,r,max} = 14,1 \text{ Pa}$$

Para calcular el esfuerzo total que se ha genera en el tambor se debe sumar el esfuerzo tangencial por efecto del material y el esfuerzo total por efecto de la rotación, por lo cual se tiene:

$$\sigma_t = \sigma_{t,max} + \sigma_{t,r,max}$$

$$\sigma_t = 14,1 + 1485,4$$

$$\sigma_t = 1499,5 \text{ Pa}$$

Para determinar si los cálculos de diseño son correctos el esfuerzo total calculado debe ser menor al esfuerzo que soporta el material:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n} > \sigma_t$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible, Pa

S_y = Límite de Fluencia del material, MPa

n: Factor de seguridad

De acuerdo a las tablas de materiales se tiene que:

$S_y = 276$ MPa

n = 2

$$\sigma_{adm} = \frac{276}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 138 * 10^6 \text{ Pa}$$

Con esto se puede establecer que el diseño, el espesor y los demás parámetros del prototipo mecánico fueron escogidos correctamente, ya que el esfuerzo admisible es muy superior al esfuerzo que soportara el tambor cuando realice el lavado de la lana, esto debido a que el peso que va a soportar y la velocidad tangencial son pequeñas y no afectan considerablemente a las paredes del tambor rotatorio.

D. SELECCIÓN DEL MOTOR

La parte más importante en cuanto al diseño del equipo es escoger la fuente de energía que alimentara al prototipo mecánico, para la presente investigación se ha elegido una fuente de potencia eléctrica, ya que es el sistema más barato que se puede seleccionar, que trae buenos resultados en cuanto a funcionamiento del prototipo mecánico, y en cuanto a las fuentes energéticas del país se ha buscado la transformación de la matriz energética con lo cual los costos por efecto de

energía eléctrica se han reducido considerablemente y se han colocado sistemas trifásicos en las plantas industriales, con lo cual la fuente escogida de alimentación al motor es óptima.

1. Cálculo del momento Torsor

Viene dado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$T = I * \alpha$$

I: Inercia

α : Aceleración Angular

Para calcular la aceleración angular se ha escogido como momento inicial cuando el motor esta en reposo, por lo que se tiene:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - 0}{t_f - 0}$$

$$\alpha = \frac{\omega_f}{t_f}$$

Donde:

ω_f = Velocidad angular final, rpm

t_f = Tiempo que se demora en alcanzar la velocidad angular, s

Para escoger la velocidad angular final de referencia se debe tomar en cuenta la experiencia de lavadoras de lana industrial, ya que no se cuenta con un dato específico, debido a que es un prototipo mecánico la velocidad angular para efectos de cálculo debe estar en un rango de 10-50 rpm, se escogerá un valor medio que es 25 rpm para el cálculo de la potencia del motor.

Ahora se debe escoger el tiempo que se demora en arrancar, el tiempo de respuesta de los motores eléctricos (arranque) se encuentran limitados por factores como son: el material del motor y las máximas temperaturas que soportara los aislamientos del motor, normalmente los motores estándares que existen en el mercado soportan de 3 a 6 arranques de hasta 6 segundos de duración cada hora. Con estos datos se establece un tiempo de arranque de 4 segundos ya que el motor se estará prendiendo una vez cada 60-90 minutos o cuando se requiera realizar las practicas, esto implica que el motor no va estar sometido a arranques bruscos todo el día. Remplazando los datos se tiene que:

$$\alpha = \frac{25rpm}{4 s} * \frac{60 s}{1 m} * \frac{1^\circ}{1 rev} * \frac{1 rad}{360^\circ}$$

$$\alpha = 1,04 \frac{rad}{s^2}$$

Obtenido este dato, se calcula el momento de inercia, este se toma como referencia el eje axial del tambor, los elementos que van a intervenir proporcionando inercia al eje axial del tambor son:

- Tambor, se considera como un anillo
- Producto o carga, es tomado en cuenta como un sólido semielíptico
- Aspas, considerados como prismas rectangulares
- Poleas, ejes, tapas (fondos) del tambor, crucetas, bridas y uniones que son considerados como cilindros.

a. Momento de inercia del tambor

Se considera al tambor como un anillo, para calcular su inercia se tiene:

$$I_a = \frac{m}{8} (d_o^2 - d_i^2)$$

Donde:

I_a : Momento de inercia

m : Masa del elemento

d_o : Diámetro externo del tambor

d_i : Diámetro interno del tambor

Para el cálculo de la masa se tiene:

$$m_{tambor} = V_{tambor} * \rho_{acero}$$

Ecuación 1a

$$m_{tambor} = 0,13 * 7850$$

$$m_{tambor} = 1020,5 \text{ kg}$$

La ecuación para el cálculo de la masa del tambor se utiliza en el cálculo de la masa de los demás elementos lo único que se considera que fluctúa es el volumen de los diferentes elementos.

$$I_a = \frac{1020,5}{8} (0,375^2 + 0,31^2)$$

$$I_a = 30,19 \text{ kg} - m^2$$

A los fondos del tambor también se les considera como cilindros:

$$I_{cil} = \frac{m * d^2}{8}$$

$$I_{cil} = \frac{15,2 * 0,31^2}{8}$$

$$I_{cil} = 0,18 \text{ kg} - m^2$$

Para calcular la inercia total del tambor se tiene:

$$I_t = I_a + I_{cil}$$

$$I_t = 0,18 + 30,19$$

$$I_t = 30,37 \text{ kg} - m^2$$

b. Momento de inercia de las aspas

Las aspas son consideradas como prismas rectangulares por lo tanto se tiene:

$$I_a = \frac{m}{12}(a^2 + b^2)$$

Donde:

I_a : Momento de inercia de las aspas

m : masa de las aspas

a : Altura del prisma

b : base del prisma elipse

Para el cálculo del eje menor de la elipse se tomó en cuenta que las aspas ocuparon el 30% del tambor, como se calculó el eje mayor el eje menor fue igual a 0.07 m², con lo cual se pudo calcular que

$$I_a = \frac{884}{4}(0,32^2 + 0,62^2)$$

$$I_a = 107,58 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Para el cálculo de la inercia de las aspas respecto al eje axial el tambor se utiliza el teorema de Steiner para ejes paralelos el cual dice:

$$I_a' = I_a + md^2$$

I_a' = Momento de inercia con respecto a los eje

d = Distancia entre los ejes axiales, tambor-aspas

$$I_a' = 107,58 + 188,4 * 0,09^2$$

$$I_a' = 109,10 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Debido a que son 4 aspas el momento de inercia total es:

$$I_a' = I_a' * 4$$

$$I_a' = 436,43 \text{ kg} - \text{m}^2$$

c. Momento de inercia de la polea

A la polea se le considera como un cilindro para el cálculo de su inercia así se tiene:

$$I_{polea} = \frac{m * d^2}{8}$$

d: Diámetro de la polea

$$I_a = \frac{44 * 0.015^2}{8}$$

$$I_a = 1,24 * 10^{-3} \text{ kg} - \text{m}^2$$

d. Momento de inercia de la cruceta

Se la considera como un cilindro para el cálculo de su inercia se tiene:

$$I_{cruceta} = \frac{m * d^2}{8}$$

d: Diámetro de la cruceta

$$I_{cruceta} = \frac{1,76 * 0,15^2}{8}$$

$$I_{cruceta} = 4,96 * 10^{-3} \text{ kg} - \text{m}^2$$

e. Momento de inercia de las bridas o acoples

De igual forma se toma como cilindro para el cálculo de su inercia se tiene:

$$I_{cruceta} = \frac{m * d^2}{8}$$

d: Diámetro de una brida

$$I_{cruceta} = \frac{7.,90 * 0,18^2}{8}$$

$$I_{cruceta} = 0,031 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Para el cálculo total de la inercia de la lavadora se tiene que sumar todos los momentos de inercia de cada uno de los componentes de la lavadora es así que se tiene:

$$I_{total} = \sum I_{x-x'}$$

Por lo tanto la inercia del tambor es

$$I_{total} = 30,37 + 436,44 + 1,24 * 10^{-3} + 4,96 * 10^{-3} + 0,031$$

$$I_{total} = 466.84 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Para el cálculo del momento de torsión se tiene:

$$T = I * \alpha$$

Una vez que se ha encontrado la velocidad angular y los momentos de inercia de todos los elementos los procedemos a remplazar en la ecuación y se tiene:

$$T = 466,84 * 1,04$$

$$T = 485,52$$

2. Cálculo de la potencia del motor

Dado que el motor es eléctrico se puede calcular la potencia de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$H = \frac{T * \omega * fs}{9550 * 0,75}$$

Para calculos de ingenieria el fs va a ser igual a 1.8 ya que la maquina no operara todos los días.

$$H = \frac{485,51 * 25 * 1.8}{9550 * 0,75}$$

$$H = 3,05 Hp$$

a. Cálculo de la eficiencia de la maquina

$$\epsilon = \frac{\text{Potencia Consumida}}{\text{Potencia Calculada}} * 100$$

$$\epsilon = \frac{1}{3} * 100$$

$$\epsilon = 33,3\%$$

E. FENÓMENOS QUÍMICOS EN EL LAVADO

El proceso de lavado constituye una extracción solido-liquido en donde se pone en contacto la lana que contienen suciedad con una cantidad de agua determinada para poder realizar la extracción de las impurezas se utiliza un agente químico con actividad de superficie en este caso se ha escogido el detergente comercial marca deja, ya que la mayoría de las impurezas en la lana constituyen tierra, heces del animal y grasa que son reactivas con el jabón, en este proceso no existe reacción química lo cual facilita los cálculos para poder hacer los cálculos de cantidad de agua necesaria así como también cantidad de impureza retirada se debe seguir el siguiente protocolo:

- Cálculo del caudal de entrada a la lavadora de lana

- Identificación de las diferentes etapas en el proceso de lavado
- Balance de materia en los proceso para determinar las cantidades utilizadas

1. Cálculo de la potencia de la bomba

a. Cálculo del Número de Reynolds

Para determinar el número de Reynolds se aplica la siguiente formula

$$Re = \frac{\rho * v_s * D}{\mu}$$

Dónde:

ρ = Densidad del fluido, kg/m³

V_s = velocidad del fluido, m/s

D = Diámetro de la tubería por la cual circula el fluido, m

μ = Viscosidad Dinámica, Kg/m*s

Remplazando los datos tenemos

$$Re = \frac{998,68 * 5,90 * 10^{-4} * 0,01}{0.0010}$$

$$Re = 10,37$$

Dado que el número de Reynolds es menor a 2100 se determina que el flujo que va a ingresar en la lavadora de lana es laminar.

b. Cálculo del facto de fricción

Para el cálculo del factor de fricción cuando el flujo es laminar se tiene la siguiente formula:

$$f = \frac{16}{Re}$$

$$f = 1,54$$

c. Cálculo de las pérdidas por rozamiento

Para el cálculo de las pérdidas ocasionadas por el rozamiento del líquido con las partes de la tubería se aplica la siguiente formula:

$$H_r = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: Factor de fricción

L: Longitud de la tubería, m

D: Diámetro de la tubería, m

v: Velocidad del fluido, m/s

g: Aceleración gravitacional, m/s²

$$H_r = 1.54 * \frac{20}{0,01} * \frac{(5,90 * 10^{-4})^2}{2 * 9,8}$$

$$H_r = 5,47 * 10^{-6} m$$

d. Cálculo de las pérdidas por accesorios

Hay que establecer los accesorios que se van a necesitar a lo largo del tramo, para evitar que se tenga una perdida excesiva solo se ha decidido, poner dos codos de 90°, dos acoples para la bomba y dos válvulas de mariposa para evitar reflujos de agua. Se determinó los coeficientes de cada accesorio como se detalla a continuación:

$$H_a = K \frac{V_1^2}{2g}$$

Donde:

K: Constante de pérdidas del accesorio

V_1 =Velocidad del fluido, m/s

g = Aceleración gravitacional, m/s²

$$H_a = (0,75 + 0,75 + 0,04 + 9,5 + 9,5) \frac{(5,90 * 10^{-4})^2}{2 * 9,8}$$

$$H_a = 0,1 \text{ m}$$

e. Cálculo de la altura de carga

Para el cálculo de la altura total de carga de la bomba aplicamos la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta z + \sum \text{Pérdidas} = H$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 - \sum \text{Pérdidas} = H$$

$$\frac{5,90 * 10^{-4}}{2 * 9,8} + 10 - 0,1 = H$$

$$H = 10,01 \text{ m}$$

f. Cálculo de la potencia de la bomba

Para el cálculo de la potencia utilizamos la siguiente formula:

$$P_b = fsQ\gamma H$$

Donde:

P_b = Potencia de la bomba, hp

fs : Factor de seguridad

Q : Caudal del fluido, m³/s

γ : Peso específico del fluido, kg/m³

H: Altura dinámica de la bomba, m

$$P_b = 1,2 * 9800 * 4,38 * 10^{-3} * 10,01$$

$$P_b = 515,60 \text{ Vatios} * \frac{1 \text{ Hp}}{745,7 \text{ vatio}}$$

$$P_b = 0,70 \text{ Hp}$$

2. Balance de materia en el flujo del proceso

La línea de flujo la constituyeron distintas etapas para realizar de mejor manera el lavado de la lana, hubo un lavado inicial con la adición de detergente y agua como describe el Cuadro 11.

Posteriormente se realizó dos enjuagues con abundante agua para remover las impurezas y el tensoactivo, después se realizó un centrifugado para permitir la máxima remoción de las impurezas y finalmente se realizó un secado de la lana para remover toda la cantidad de agua excedente. Por lo cual habrá que realizar balances de masa para cada una de las etapas y así poder determinar el total de impurezas removidas y el total de insumos utilizados en la remoción, con lo cual se determinara el peso final que tuvo la lana. Dado que el proceso es un lavado no existe reacción química y como el proceso va a ser por lotes la acumulación es igual a cero. Además se utiliza un balance de masa por componentes para determinar la cantidad de residuos el cual es igual a:

$$X_1 E_1 + X_2 E_2 = X_3 S_1 + X_4 S_2$$

Donde:

E_1, E_2 = Entradas de materia lana, jabón, agua

X_1, X_2 = Fracción molar de las distintas sustancias

S_1, S_2 = Salida de materia lana, jabón, agua

X_3, X_4 = Fracción molar de las distintas sustancias

Cuadro 11. PESOS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y DE LOS IN SUMOS UTILIZADOS EN CADA ETAPA DEL LAVADO DE LANA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO

Operación	Cantidad de Agua		Cantidad Detergente		de Cantidad de lana		Cantidad final de lana		Residuos	
	Flujo (Kg/h)	Fracción Molar	Flujo	Fracción Molar	Flujo	Fracción Molar	Flujo	Fracción Molar	Flujo	Fracción Molar
Lavado	47	0.93	0.5	0.02	3	0.05	9	1	41.5	1
Enjuague 1	45	0.83	0.5	$4.86 \cdot 10^{-3}$	9	0.165	6	1	48.5	1
Enjuague 2	43	0.877	-	-	6	0.122	6	1	43	1
Centrifugado	-	-	-	-	6	1	3.5	1	2.5	1
Secado	-	-	-	-	3.5	1	2.9	1	0.6	1
Flujo total	135	-	1	-	27.5	-	27.4	-	136.1	-

Los datos de cantidad final de lana y de los residuos se van encontrar utilizando un balance de materia que constituyen}

$$Entrada_{materia\ prima} - Acumulación = Salida_{productos}$$

a. Relación de agua de entrada y lana lavada

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Cantidad de agua utilizada}}{\text{Cantidad de lana lavada}}$$

$$\text{Relacion} = \frac{135}{27,4}$$

$$\text{Relacion} = 4,92$$

Esto indica que por cada kilogramo de lana introducido a la lavadora se debe incluir aproximadamente 5 kilogramos de agua.

b. Relación de entrada de detergente

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Cantidad de detergente}}{\text{Cantidad de lana lavada}}$$

$$\text{Relacion} = \frac{1}{27,4}$$

$$\text{Relacion} = 0,036$$

Este resultado estima que por cada kilogramo de lana lavada se debieron introducir 36.5 gramos de detergente.

c. Cantidad de impurezas removida

$$\text{Impurezas removidas} = \text{Entrada de lana} - \text{Salida de lana}$$

$$\text{Impurezas removidas} = 3 - 2,9$$

$$\text{Impurezas removidas} = 0.1 \text{ Kg}$$

$$\% \text{ Remocion} = \frac{\text{Cantidad de materia removida}}{\text{Cantidad de lana a la entrada}} * 100$$

$$\% \text{ Remocion} = \frac{0,1}{3} * 100$$

$$\% \text{ Remocion} = 3,3\%$$

Por lo cual según los datos establecidos se determinó que por cada kilogramo de lana que entra a la lavadora se removieron 0,1 kg y esto constituyo el 3,33% de la lana, según bibliografía la lana contiene un 5% de impurezas y con lo cual se estaría retirando casi el total de las impurezas.

d. Eficiencia del lavado

$$\epsilon = \frac{\% \text{ Remoción}}{\% \text{ Impurezas segun bibliografia}} * 100$$

$$\epsilon = \frac{3,33}{5} * 100$$

$$\epsilon = 67\%$$

F. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

1. Porcentaje de elongación

En las pruebas efectuadas para validar el prototipo mecánico de lavado de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias se observa que el porcentaje de elongación más alto fue registrado por la fibra de llama con una media de alargamiento de 76,67%, teniendo un error típico muy tolerable de 8,70, valores estadísticos aceptables, mientras que la lana reportó un porcentaje de alargamiento o elongación medio de 60,42%, con un error típico de 14,43, datos estadísticos que son inferiores comparándola con los reportados por la fibra de llama, aunque para mantener las resistencia físicas de la lana, el porcentaje de elongación no debe ser necesariamente muy alto ya que al utilizarlo en el área textil al estirarlo demasiado no presentará suficiente resistencia de la fuerza de tensión, como se indica en el Cuadro 12, y se ilustra en el Gráfico 6.

Lo que es corroborado según Marsal, F. (2009), quien indica que la elongación es la capacidad que tiene la lana de regresar a su longitud inicial después de haber sido estirada, las cadenas de células de la lana ovina se unen en forma de muelle, esto les genera su elasticidad y se la puede retorcer y no se deforman fácilmente, aunque este puede variar de acuerdo con los nutrientes que el animal consuma, mientras que la fibra de la llama está formada por las células de la médula, que son de dos tipos: las del ortocortex y las del paracortex, ambas partes tienen diferentes resistencia físicas a la fuerza de tensión por lo que se hacen más resistentes y se alargan en mayor grado que la lana ovina, aunque esto puede cambiar de acuerdo al manejo que el animal recibió a lo largo de su vida. El porcentaje de elongación o alargamiento es una propiedad física que se refiere al hecho que la lana regresa a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que, al romperse los enlaces químicos, la lana que no vuelve a su largo original. La elasticidad de la lana es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas. Gracias a esta propiedad de recobramiento de la extensión, la lana tiene la habilidad de retener la forma de las vestimentas, y mantener la elasticidad de las alfombras.

A pesar que la fibra reporta una media de elongación de 76,77%, que es muy alta comparada con la lana ovina, los resultados se deben enfocar que al no presentarse diferencias estadísticas, los resultados son similares pese a sus diferencias numéricas es decir que, se puede afirmar que el sistema de lavado de lana y de la fibra no ejerce influencia directa sobre el alargamiento de estos materiales. Estas cualidades dan unas posibilidades casi infinitas para la creatividad y para poner nuestra confianza en un material que puede durar décadas. Por un lado la lana ovina puede estirarse el doble de su tamaño y encoger tres veces más, dependiendo de la combinación de calor, humedad y fricción que le demos. Su flexibilidad permite que adopte cualquier forma sin romperse. Esto es muy práctico en el diseño de zapatos o prendas de vestir y en mil usos para objetos cotidianos

Cuadro 12. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	RESISTENCIAS FÍSICAS			
	Porcentaje de elongación		% de higroscopia	
	LANA	FIBRA	LANA	FIBRA
Media	60,42	76,67	32,67	26,83
Error típico	14,43	8,70	0,71	0,60
Mediana	68,75	77,50	32,50	26,50
Moda	#N/A	#N/A	32,00	26,00
Desviación estándar	35,33	21,31	1,75	1,47
Varianza de la muestra	1248,54	454,17	3,07	2,17
Curtosis	-1,28	-0,30	-0,01	-0,86
Coefficiente de asimetría	-0,35	-0,24	-0,25	0,42
Rango	92,50	60,00	5,00	4,00
Mínimo	12,50	45,00	30,00	25,00
Máximo	105,00	105,00	35,00	29,00
Suma	362,50	460,00	196,00	161,00
Cuenta	6,00	6,00	6,00	6,00
t student	0,18	ns	4,7773E-05	**

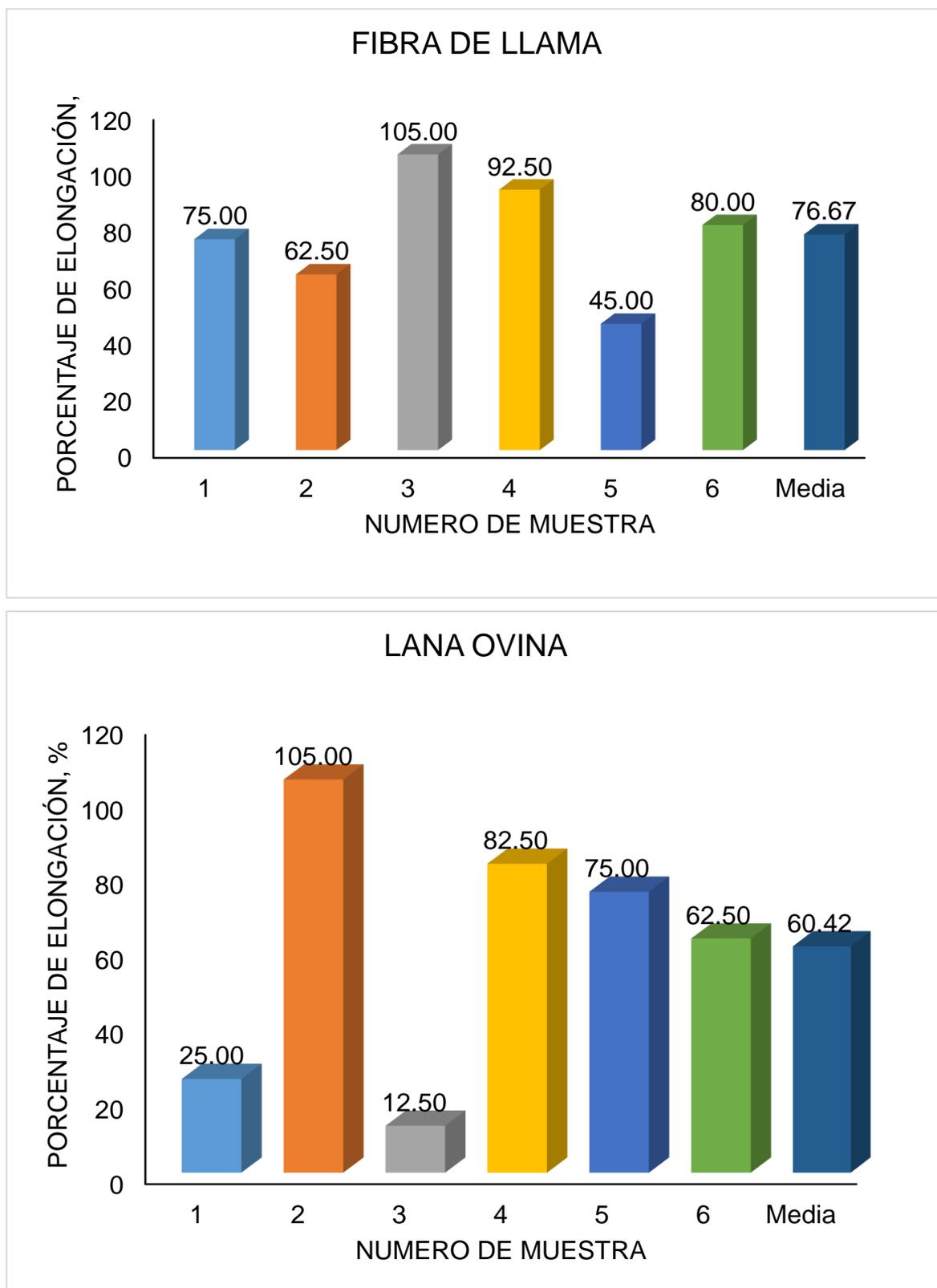


Grafico 6. Porcentaje de elongación de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Para hacerse una idea de su fortaleza y elasticidad, pensemos que una fibra de lana puede ser doblada 20.000 veces sin romperse, la seda sólo 1.800 y el rayón unas modestas 75 veces. La propiedad de las fibras de lana, por lo cual se pueden doblar con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad es de gran importancia para la industria, tanto en el hilado como en el tejido para lograr tejidos resistentes, se considera como porcentaje de alargamiento a la capacidad que tiene la lana de poder estirarse antes de producirse la ruptura. La humedad puede aumentar la extensibilidad de la fibra hasta un 40-80%. La fibra de lana es elástica debido a su estructura helicoidal. Si estiramos la fibra por encima de su límite de elasticidad, se sigue estirando pero ya no vuelve a su longitud original ya que su estructura ha quedado dañada. Si seguimos estirando y superamos su límite de extensibilidad la fibra se rompe. Las lanas finas son más elásticas que las bastas.

2. Porcentaje de higroscopia

El porcentaje de higroscopia o porcentaje de absorción de humedad es la capacidad que tiene la lana ovina de absorber humedad del medioambiente, en los resultados que se ilustra en el Gráfico 7, se determinó que los valores medios reportados tanto de fibra de llama como de la lana ovina no se establecieron diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de t'student, sin embargo se determinó que la lana tiene mayor higroscopia con un valor medio de 32,67% y un error típico de 0,71, si como un valor de moda de 32%; mientras que la fibra de la llama presentó una media de 26,83% y un error típico de 0,60 con una moda de 26%, es decir el valor que más se repite, por lo tanto la mejor higroscopia se consiguió en la lana ovina lavada en el prototipo mecánico .

Es corroborado que todas las fibras naturales absorben la humedad de la atmósfera y, entre ellas, la lana ovina es la que lo realiza en mayor proporción; debido a que es higroscópica, es decir que absorbe vapor de agua en una atmósfera húmeda y lo pierde en una seca.

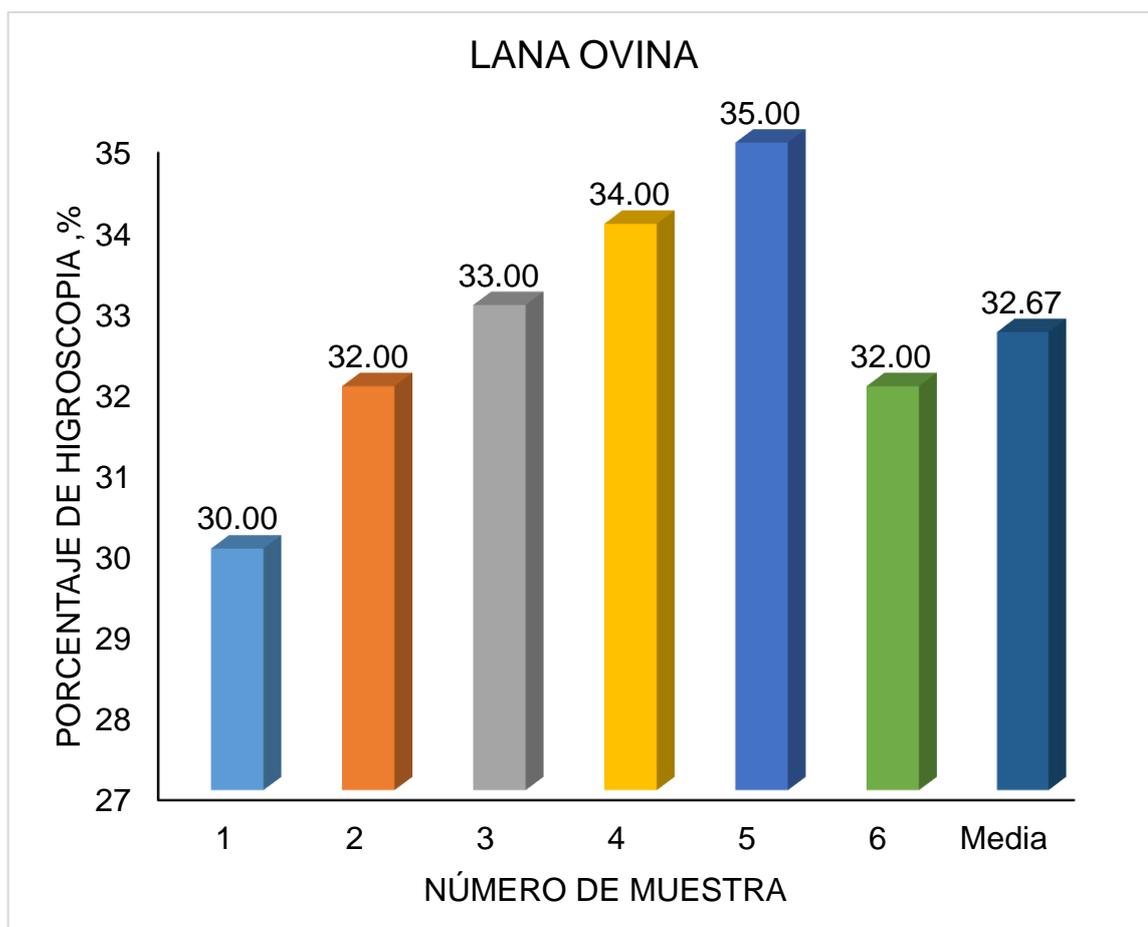
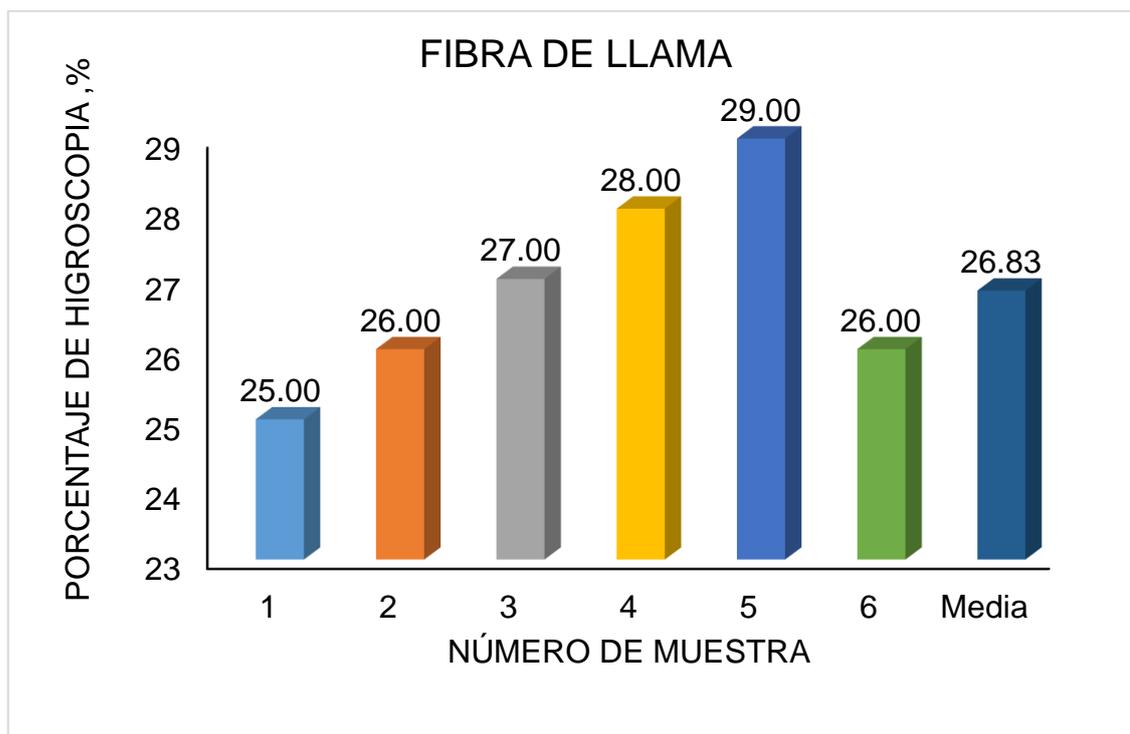


Grafico 7. Porcentaje de higroscopia de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Una de las mayores ventajas de la lana con respecto a la fibra, es que es capaz de absorber humedad del ambiente alcanza a veces un notable incremento de peso. No obstante, es normal un 16% con extremos de 12% en lugares secos y 20% en los lugares húmedo, sin tener la sensación que esté húmeda. Algunos investigadores afirman que en ciertas calidades de lana ese valor puede llegar hasta el 40 o 45. Se afirma que la lana es higroscópica, ya que retiene el agua, pero no se humedece porque el agua no se pega a la superficie de la lana sino que ingresa en la fibra, quedando retenida allí. La lana que aparentemente al aire se encuentra seca, en realidad puede contener hasta un 15% de agua. La lana absorbe hasta el 50% de su propio peso sin que se produzcan escurrimientos. El grado de absorción varía con las condiciones ambientales de almacenamiento y con el tiempo y superficie de exposición.

Marsal, F. (2009), señala que la higroscopicidad es una propiedad considerada en el momento de la comercialización ya que puede aumentar el peso de una "pila" de lana. La fibra de lana ideal para la industria tendría que ser fina, larga, resistente, elástica y poco higroscópica, aunque estas cualidades, debido a las correlaciones existentes entre ellas, son difíciles de conseguir conjuntamente por selección. ... las moléculas de agua se absorben y quedan alojadas dentro de la propia estructura de la fibra, Este proceso es exotérmico, es decir, libera calor.

G. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA.

1. Finura

En el análisis de finura de la lana ovina, que es un parámetro importante para saber el grosor de las fibras expresado en micrómetros, siendo más fino cuanto menor sea su diámetro por ende será más apreciada, se registró que la lana ovina presento un mayor valor medio y que corresponde a 4,67 puntos, (Cuadro 13 y Gráfico 8), con un error típico de 0,21, y una moda de 5 puntos mientras que la fibra de llama obtuvo la calificación más baja y que correspondió a 3,33 puntos

con un error típico de 0,21 y una moda de 3 puntos. Es decir que la mayor finura se consigue en la lana ovina lavada ya que se ha retirado gran parte de las impurezas.

Según Pérez, M. (2017), la finura de la lana depende del poro que la produce, siendo mayores los poros de la cabeza y de las extremidades del cordero, darán en estas zonas fibras de mayor diámetro. A consecuencia de ello, no existe, pues, homogeneidad de finura dentro del mismo vellón y de ahí la necesidad de la selección o escogido de la lana a fin de igualar al máximo la finura dentro del lote. La finura de una lana depende de cuatro causas: la raza del animal, el cruce de distintas razas. En el lenguaje corriente, se entiende por finura de una lana, el diámetro medio de las fibras de esta lana, considerando que presentan una sección circular. Las fibras más finas son más resistentes a la compresión y más flexibles, además el rendimiento y velocidad de procesamiento se incrementa con la mayor finura. La suavidad, alta calidad y pesos livianos de los tejidos son también aspectos importantes que se logran con fibras finas. El diámetro de la fibra es el principal determinante del precio en el mercado mundial. La zona más representativa para evaluar el diámetro promedio en fibra le corresponde al costillar medio del animal, el diámetro medio de la fibra y de la lana es un carácter constante, dentro de ciertos límites, y está influido considerablemente por la raza; constituye pues un carácter étnico cuando los animales se desarrollan en condiciones medio ambientales normales.

Las fibras más finas son más apreciadas ya que sus buenas propiedades tales como el brillo, suavidad al tacto, aptitud al fieltro así, catalogamos a la fibra o lanas en extrafinas, entrefinas, bastas, etc. La industria textil exige para su procesamiento, lanas de similares características (diámetro, color, largo, etc.) o sea, que posean "uniformidad". Por lo tanto desde la antigüedad, se hizo necesario reducir a un mínimo esa gran variabilidad, es decir uniformar adecuadamente los distintos tipos de lana producidas, y a esta operación se denomina clasificación comercial de lanas, para conseguir un mejor producto será necesario realizar un lavado profundo pero cuidando de no enfieltro la lana lo que disminuirá su finura y delicadeza.

Cuadro 13. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA LAVADAS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO LAVADORA DE LA LANA EN COMPARACIÓN CON LA FIBRA DE LLAMA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	CALIFICACIONES SENSORIALES					
	Finura		Coloración		Tacto	
	LANA	FIBRA	LANA	FIBRA	LANA	FIBRA
Media	4,67	3,33	3,50	4,67	2,67	4,50
Error típico	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,22
Mediana	5,00	3,00	3,50	5,00	3,00	4,50
Moda	5,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00
Desviación estándar	0,52	0,52	0,55	0,52	0,52	0,55
Varianza de la muestra	0,27	0,27	0,30	0,27	0,27	0,30
Curtosis	-1,88	-1,88	-3,33	-1,87	-1,88	-3,33
Coefficiente de asimetría	-0,97	0,97	0,00	-0,97	-0,97	0,00
Rango	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mínimo	4,00	3,00	3,00	4,00	2,00	4,00
Máximo	5,00	4,00	4,00	5,00	3,00	5,00
Suma	28,00	20,00	21,00	28,00	16,00	27,00
Cuenta	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
t student	0,00	**	0,00175	0,0018	6,9E-05	**

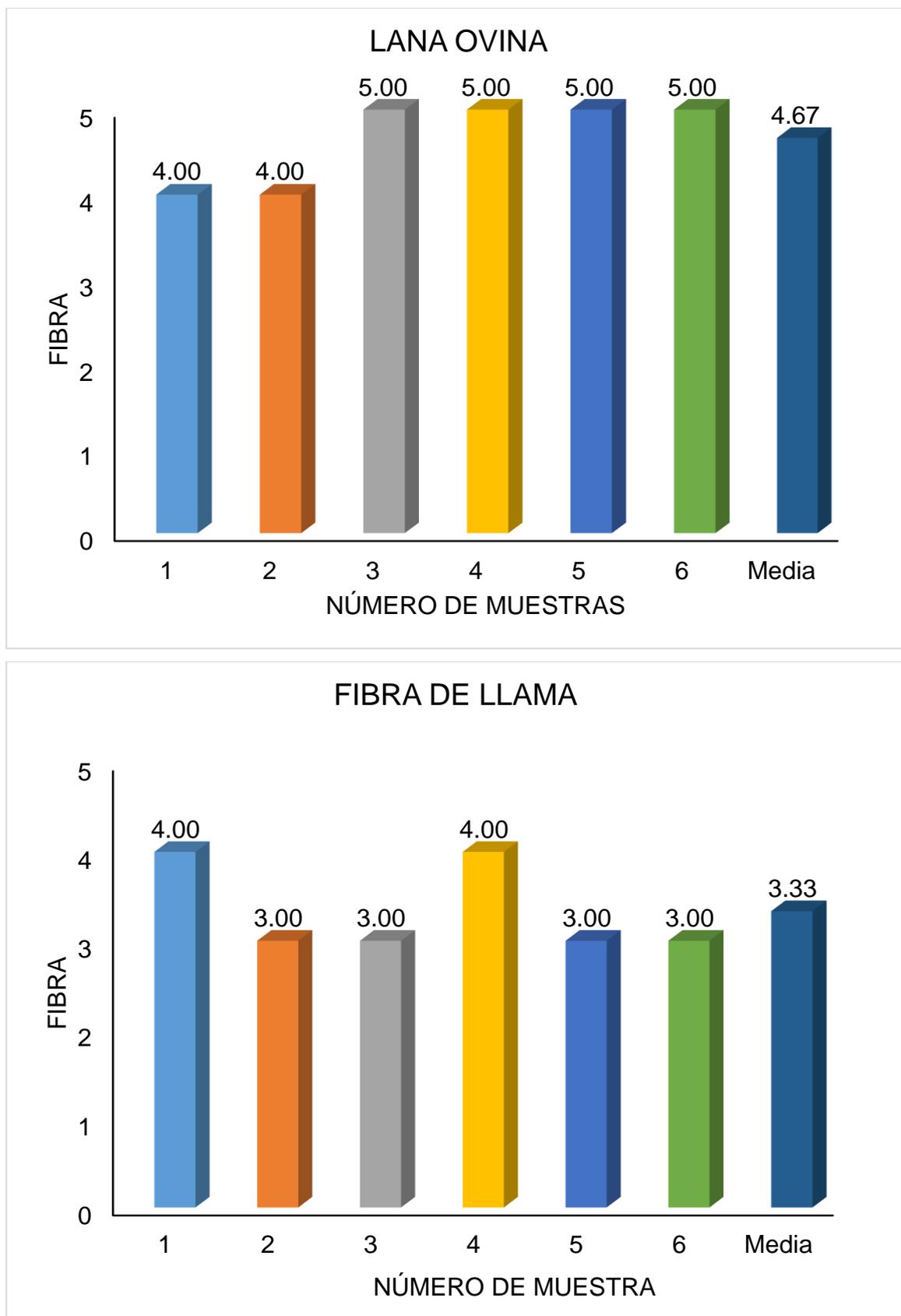


Grafico 8. Finura de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2. Coloración

Los valores medios reportados por la variable sensorial coloración de la lana ovina, establecieron diferencias altamente significativas de acuerdo a la prueba t student apreciándose que la fibra de llama registró una mayor calificación y que equivale a 4,67 puntos con un error típico de 0,21 y una moda de 5 puntos, mientras que la lana ovina obtuvo la menor ponderación siendo esta de 3,50 puntos con un error típico de 0,22, y un valor que más se repite o moda de 5 puntos, es decir que la fibra de la llama registra después de lavado en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias una mejor coloración como indica el Gráfico 9.

Al respecto Girona, J. (2008), señala que la grasa o cera ovina está compuesta por fracciones oxidadas la más expuesta a la atmósfera y no-oxidadas. Estas se comportan de manera diferente en el lavado. La no oxidada y la mayor parte de la oxidada son removidas con facilidad, quedando en la fibra una pequeña cantidad de "grasa" oxidada de difícil remoción, pero sin no se realiza un adecuado lavado puede manchar al vellón bajando su calidad la importancia del color de la lana radica en que afecta su capacidad potencial para ser teñida, las lanas que luego del lavado se perciben más blancas pueden ser teñidas a cualquier color, mientras que lanas con colores pobres después del lavado, son difíciles de teñir a colores pasteles, como rosa pálido y otros, y por consiguiente ven limitado su uso final, debiéndose prestar atención fundamental a la presencia de coloraciones diferentes, gris, amarillo o negro dentro del vellón blanco.

Las lanas cuando están muy manchadas de amarillo intenso o marrón no podrán ni siquiera ser teñidas de amarillo o rojo, ya que el manchado persistirá, por lo tanto tendrán que teñirse de azul marino, negros o marrones. La suciedad está conformada por tierra mineral, suciedad orgánica no proteica y suciedad proteica. Estas fracciones de suciedad son removidas en tiempos diferentes, tal cual lo evidencia el porcentaje de ceniza de los barros de cada baño

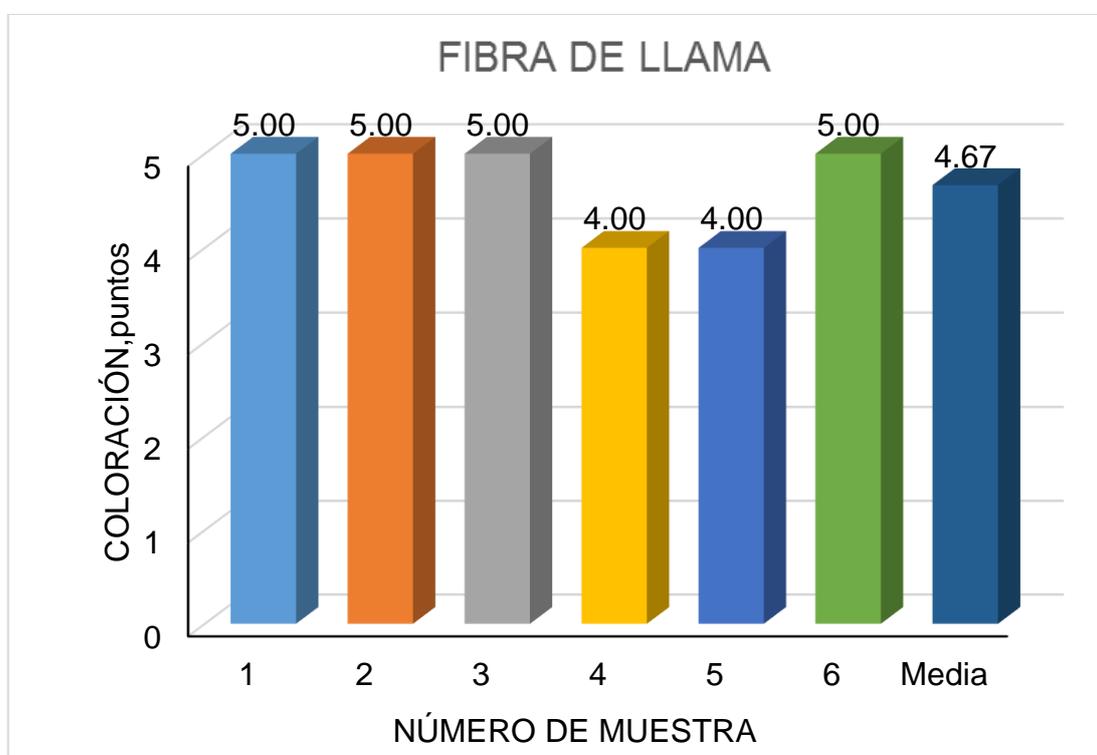
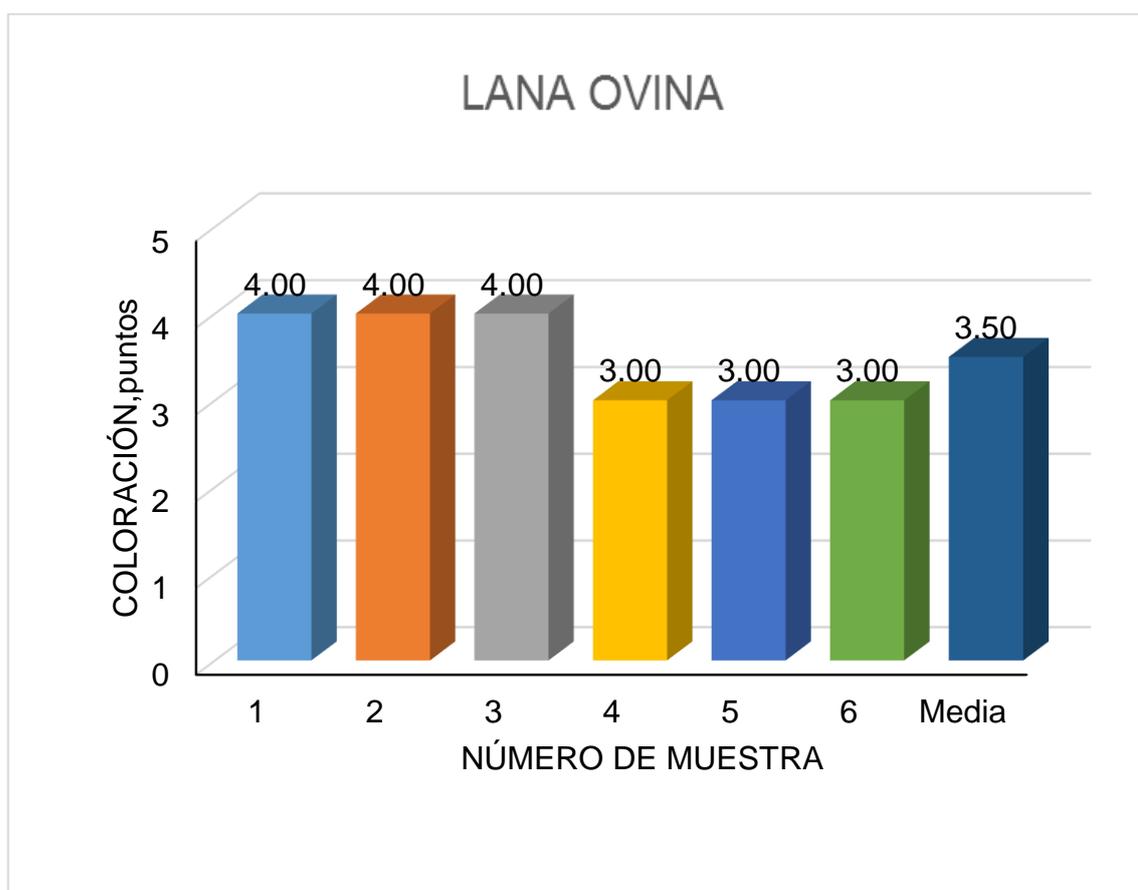


Grafico 9. Coloración de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

De la misma manera algunas coloraciones pobres, pueden ser indicadoras de daños en la fibra, producidos por ataques de microorganismos, que nos hacen pensar en debilitamiento de la lana, con baja resistencia de mecha y fibras que rompen. Es importante resaltar que resulta extremadamente difícil predecir subjetivamente el color de la lana lavada, desde la lana sucia. Repetidos resultados de investigaciones determinaron como consecuencia una correlación muy baja entre el color de la lana sucia determinado por apreciación visual y el color medido de la misma después de lavada. El color de la lana no solo está afectado por el color inherente a la fibra sino también por la cera, sudor, tierra, materia vegetal y otras impurezas

Además Blanxart, D. (2012), indica que las lanas que luego de lavadas mantienen un color alejado del blanco tienen una restricción importante, fundamentalmente si se quieren utilizar en productos de colores claros, pastel o blancos, esto tiene una consecuencia sobre los precios de la lana. En algunos mercados y tipos de lana es menos visible de apreciar, pero en algunos otros tiene un efecto fácil de identificar. Para el ojo humano es difícil hacer una valoración cuantitativa confiable del color. También hay considerable variabilidad en el grado de exactitud con la cual los observadores detectan diferencias en colores. Además, diferencias de color que son muy fáciles de percibir cuando los objetos están próximos, son mucho más difíciles de valorar cuando los objetos están separados, tanto sea por el tiempo o la distancia. Por tanto es conveniente una medición objetiva del color. En cualquier situación donde se observa el color de un objeto hay tres factores en juego: una fuente de luz, un observador y un objeto. Un cambio en cualquiera de los factores puede resultar en una percepción diferente.

3. Tacto

El resultado del tacto de la lana ovina comparada con la fibra de llama y que fueron lavadas en el prototipo mecánico de lavado de lana, no reportaron diferencias estadísticas entre medias estableciéndose que la lana ovina tiene mejor tacto con un valor medio de 4,50% y un error típico de 0,22, y una moda de 5 puntos como se ilustra en el Gráfico 10.

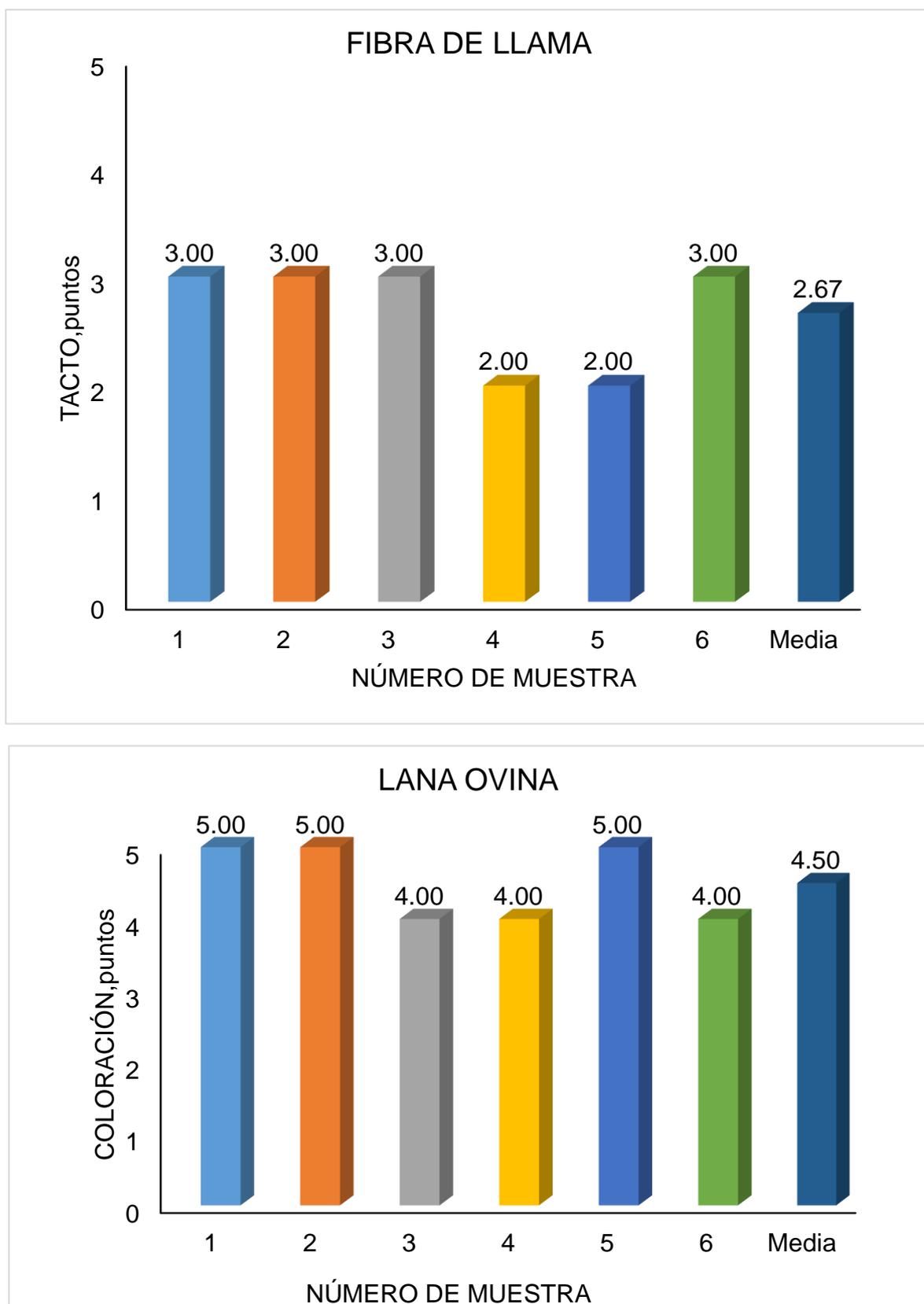


Grafico 10. Tacto de la fibra de llama y de la lana ovina lavada en el prototipo mecánico, lavadora de lana de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Los resultados expuestos por la fibra de llama que fue lavada en el prototipo mecánico registraron respuestas bajas, en relación a las de la lana ovina ya que el valor medio fue de 2,67 puntos, un error típico de 0,21 y una moda de 3 puntos, es decir que al lavar la lana ovina se mejora la condición de tacto ya que al deslizar la mano sobre el vellón se aprecia una sensación muy suave, sin asperezas ni restos de basura que muchas veces se impregnan fuertemente al vellón.

Al respecto en Armendáriz, A. (2017), manifiesta que se indica que el control de calidad en cuanto al tacto, depende, en gran parte, del número de extremidades libres de las fibras. Se ha comprobado experimentalmente que, bajo la influencia de la torsión para fibras de igual finura, las más largas tienen tendencia a penetrar en el interior del hilo, mientras que las más cortas tienden a permanecer en la periferia.

Por el contrario, en un conjunto de fibras de gran dispersión de finura, las más finas migran hacia el interior mientras que las más gruesas y por lo tanto más largas y con menos extremidades libres se colocan hacia el exterior y en consecuencia presentarán un tacto más áspero del hilo (y del tejido). Además indica que la finura proporciona un mejor tacto a la lana y tomando en cuenta la escala de calidad hecha por Hidalgo, L. (2004), podemos decir que 2.67; se aproxima a 3 puntos por lo tanto se considera que la fibra tiene buena calidad.

Cabe resaltar lo que manifiesta Marsal, F. (2009), quien reporta que aun teniendo una buena suavidad al tacto en la lana esto no asegura que tenga buen confort al tomar contacto con la piel humana, a esto se lo denomina "picor" y tiene que ver con los extremos de la lana que sobresalen del tejido y que están haciendo presión sobre las terminales nerviosas. La lana tiene un ondulado natural y patrones de escala que la hacen fácil de hilar. Las telas hechas de lana tienen mayor grosor que otros textiles, proveen mejor aislamiento y son resilientes, elásticas con un muy buen tacto y durables.

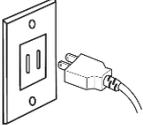
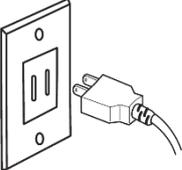
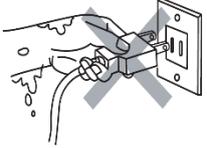
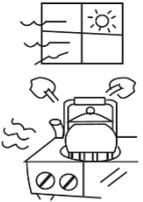
H. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Por favor lea cuidadosamente este manual para conocer los detalles de operación y programación, así como las grandes ventajas que brinda la lavadora semiautomática. Si después de leer el manual sigue teniendo dudas pida información a los encargados del laboratorio o al docente.

1. Precauciones

Por su seguridad, lea este manual, el cual contiene información importante que debe seguirse al pie de la letra para minimizar el riesgo de incendio, explosión, choques eléctricos, daños a la propiedad, lesiones personales irreversibles o incluso fallecimientos. Consérvelo cerca de usted para resolver dudas acerca del uso, cuidado, seguridad y funcionamiento óptimo de la lavadora, como se indica en la Figura 2.

a. Instrucciones de Seguridad

<p>Si el cable de alimentación está dañado, debe ser remplazado por otro en buen estado este actividad debe será realizada por persona que preste servicios técnicos o por personal calificado para evitar algún daño.</p> 	<p>La conexión del suministro debe ser única, no conecte otros equipos al tomacorriente y mantenga limpio el contacto.</p> 
<p>No tome el cable de alimentación con las manos mojadas</p> 	<p>Mantenga la lavadora lejos de fuentes emisoras de calor. No exponga la lavadora a la luz solar directamente.</p> 

<p>Nunca introduzca sus manos dentro de la lavadora cuando esté en operación.</p> 	<p>No coloque objetos pesados sobre la parte superior de la lavadora.</p> 
<p>No lave lana, ni fibra con solventes a base de petróleo o solventes orgánicos.</p> 	<p>Coloque la lavadora en una superficie plana y estable.</p> 

Figura 2. Instrucciones de seguridad.

b. Atención

- El equipo no está destinado para el lavado de ropa, sábanas u otro tipo de prendas, solo fue diseñada para fibra y lana.
- La lavadora debe ser operada por personal capacitado, si el operario no está en condiciones de realizar ciertas operaciones, debe estar bajo la supervisión de una persona encargada del laboratorio.
- Los accesorios (mangueras, llaves, válvulas) de la lavadora tienen que ser nuevos, evitando colocar un sistema o elementos viejos.

3. Instalación

La instalación de la lavadora requiere espacios y servicios convencionales.

Ubicación Es recomendable colocar la lavadora sobre un piso firme y nivelado para minimizar las vibraciones durante el centrifugado como indica la Figura 3. No obstante se podrá ajustar la altura de la lavadora mediante patas niveladoras. Además el espacio mínimo de las paredes del laboratorio con la lavadora debe ser de 150 mm.

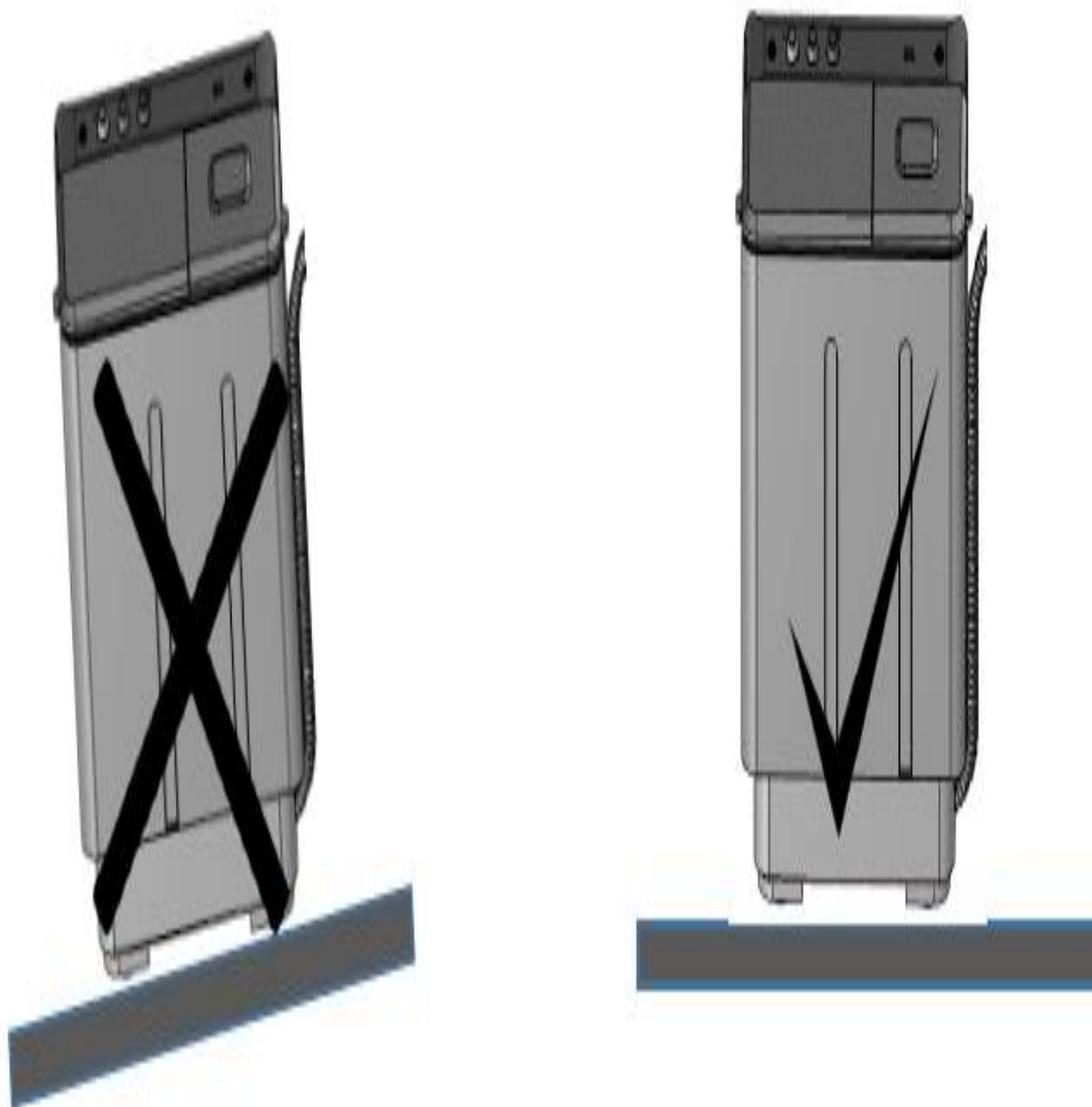


Figura 3. Manera apropiada de ubicación de la lavadora de lana

a. **Plomería**

La alimentación de agua debe hacerse mediante llaves con rosca estándar. La lavadora cuenta con operaciones de lavado que requieren agua fría como nos ilustra la Figura 4. La lavadora está diseñada para trabajar con presiones de suministro doméstico que van desde 1MPa hasta 5MPa sin embargo, en algunos lugares este factor puede disminuir, afectando el tiempo de llenado de la lavadora.

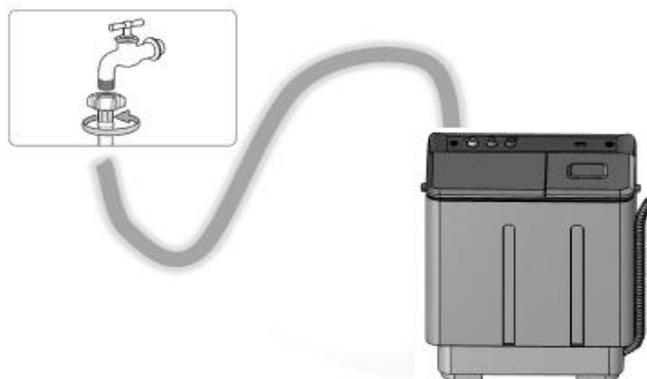


Figura 4. Colocación de la manguera en el grifo.

b. Desagüe de la lavadora

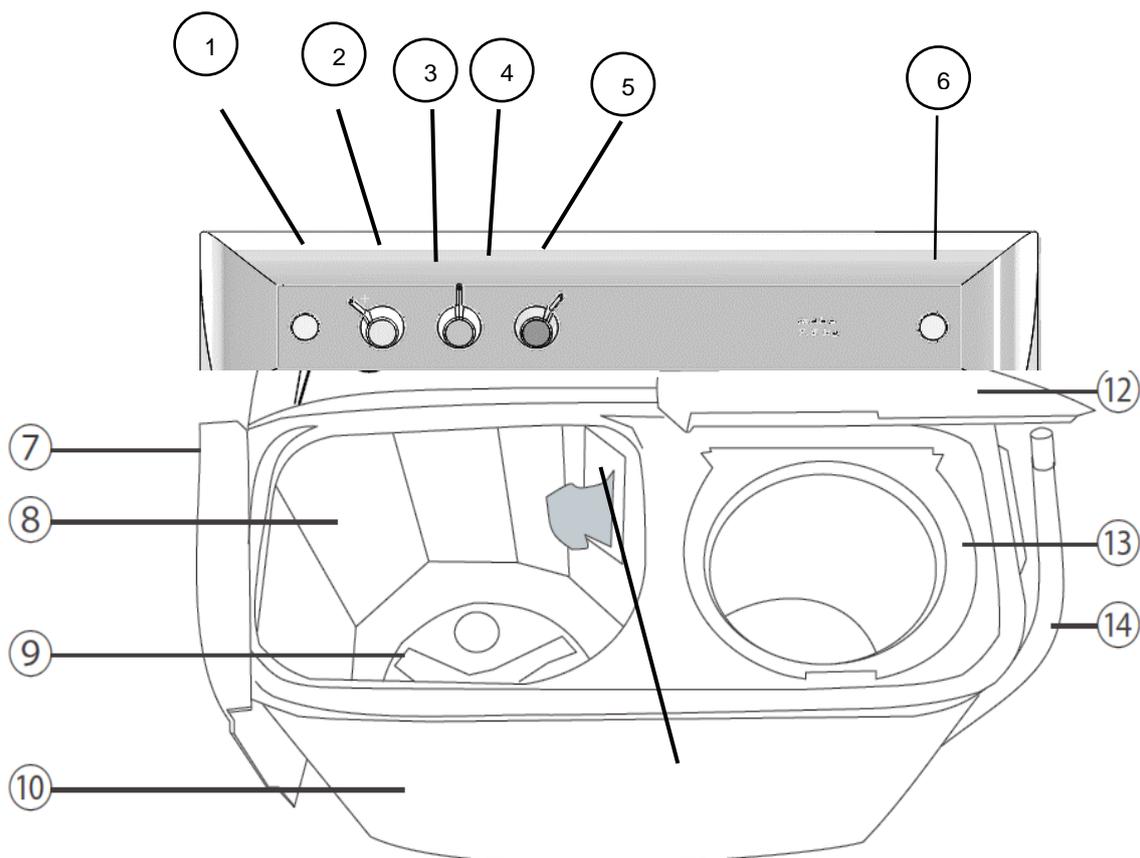
Para el desagüe se necesita la manguera corrugada de diámetro de 1 pulg, esta debe ser acoplada en la válvula que está localizada en la parte inferior de la lavadora como nos indica el Figura 5. Como el sistema de desagüe es por gravedad se aconseja mantener la manguera a una altura a ras del suelo.



Figura 5. Indica el sistema de desagüe de la lavadora de lana.

4. Panel de control y componentes

Estos paneles los podemos observar en la Figura 6, la ubicación y en el Cuadro 14 el significado de cada parte.



Cuadro 14. INDICA EL NOMBRE DE CADA PARTE DEL EQUIPO

Nº	NOMBRE DE PARTE
1	Entrada de agua
2	Tiempo de lavado
3	Selector de lavado
4	Drenaje
5	Tiempo de centrifugado
6	Entrada adicional de agua
7	Tapa de lavado
8	Tina de lavado
9	Impulsor
10	Cuerpo de la lavadora
11	Filtro de lavado
12	Tapa de centrifugado
13	Base de la tapa de centrifugado
14	Tubo de drenado

5. Proceso de lavado y centrifugado

a. Pautas para el lavado

- Entrada de agua. Seleccione el nivel de agua al nivel que desee.
- Agregue una cantidad apropiada de detergente a la tina de lavado.
- Opere el equipo para mezclar el detergente, girando la perilla de lavado.
- Coloque la lana o fibra uniformemente en el cesto.
- Seleccione la duración de lavado acorde al peso y el estado de la lana o fibra.
- Seleccione el tipo de lavado (Delicado/Normal) acorde al tipo de material.
- Una vez terminado el lavado, ajuste el Programa de Lavado en drenado.
- Capacidad de lavado: JCVS 2017 (15 lb)

b. Pautas para el enjuague y centrifugado

- Coloque la lana o fibra dentro de la tina de lavado y seleccione el tipo de lavado adecuado.
- Seleccione el nivel de agua. (Seleccione el nivel de agua acorde a la cantidad de lana o fibra).
- Ajuste el tiempo de enjuague entre 0 - 5 minutos
- Terminado el proceso de enjuagado, ajustar el programa para el drenado.
- Coloque la fibra o lana uniformemente dentro de la tina de centrifugado. Un desequilibrio en la tina de centrifugado puede causar vibraciones o ruido anormal.
- Presione la lana firmemente y coloque la cubierta de centrifugado en la parte superior.
- Seleccione el tiempo de centrifugado, acorde a la cantidad de fibra o lana. (1-5) min.

6. Mantenimiento

El cuidado adecuado de la lavadora puede extender la vida útil de la misma, antes de encender la lavadora tomar las siguientes recomendaciones:

a. Limpieza de lavadora

- Limpie inmediatamente con un paño suave o una esponja el detergente, blanqueador u otra sustancia que se haya derramado sobre la lavadora.
- Limpie regularmente la parte exterior de la misma para que luzca como nueva.
- Limpie el interior con blanqueador mezclado con detergente. Vierta agua para enjuagar utilizando un ciclo completo. Repita el proceso cuando sea necesario como lo indica la Figura 7.



Figura 7. Indicación de la manera apropiada de realizar la limpieza.

Los filtros se necesitan limpiar frecuentemente como parte del mantenimiento de su lavadora. Favor de limpiar los filtros después de cada lavado como indica la Figura 8.

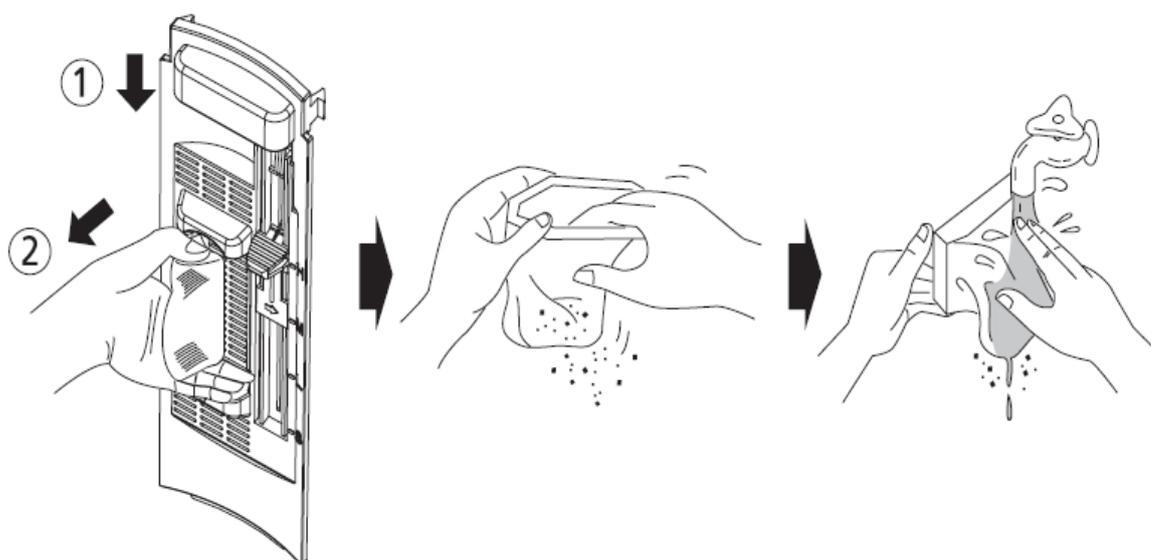


Figura 8. Ilustración de la forma adecuada de limpiar el filtro.

1. Especificaciones

Cuadro 15. TABLA DE INDICACIONES ESPECÍFICAS DEL EQUIPO

MODELO	JCVS 2017
Alimentación	120V-60Hz
Potencia de lavado	430W
Potencia de centrifugado	200W
Capacidad de lavado	15lb
Capacidad de centrifugado	10lb
Peso en bruto	60lb
Dimensiones aprox.	880x750x475mm

I. ANÁLISIS DE COSTOS

El siguiente análisis económico pretende describir de forma general todos los gastos realizados para la fabricación de la lavadora Modelo JCVS 2017, esto permitirá evidenciar la inversión realizada en el diseño y construcción de la máquina.

1. Costos directos

En el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte como indica el Cuadro 16, los mismos que se detallan en los literales siguientes:

Cuadro 16. COSTO POR MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS.

Maquina/Herramienta	Costos(\$)/Hora	Horas	Costo(\$)
Soldadora Eléctrica.	5	10	50
Torno.	10	2	20
Plegadora.	5	6	30
Fresadora.	10	2	20
Cortadora de plasma.	5	1	5
Taladro de pedestal.	5	10	50
Taladro de mano.	2	20	40
Dobladora de tol.	5	7	35
Tronzadora.	5	6	30
Esmeril.	3	10	30
Amoladora.	2	20	40
Pulidora.	2	20	40
Cizalla.	5	5	25
Entenalla.	1	20	20
Oxi-Corte	5	8	40
Otros equipos			50
Herramientas manuales	5% de mano de obra		39
Total			564

a. Costo de materiales

Los costos de materiales están descriptos desde el Cuadro 17, hasta el cuadro

Cuadro 17. ACCESORIOS DEL PANEL DE CONTROL.

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)	Subtotal
Perilla	3	7,00	21,00
Panel de control	13-2426-8	180,00	180,00
Tornillo varios	2	00,22	0,44
Junta entrada de agua	1	2,25	2,25
Palanca selectora de entrada	1	15,00	15,00
Panel de control interno	1	90,00	90,00
Cinturón cables	5	4,21	21,05
Reloj de lavado	1	30,00	35,00
Reloj de secado	1	30,00	36,00
Tornillo 4 x 12	2	00,32	0,74
Junta de drenado	1	3,40	3,40
Resorte de Panel	1	1,50	1,50
Botón interruptor	1	4,25	4,25
Tornillo 4 x 14	6	0,21	1,26
Cable negro	1	3,15	3,15
Interruptor de seguridad	1	5,36	5,36
	Total		412

Cuadro 18. MATERIALES Y COSTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DE LA LAVADORA.

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio (Dólares)	Subtotal
Resorte Tapa de secadora	1	1,90	1,90
Tapa de tina de secado	1	5,00	5,00
Tapón de cubierta de secadora	2	2,30	4,60
Tornillo usos varios	16	0,12	1,92
Tornillo 10 x 1 1/4 inoxidable	2	0,62	1,24
Cubierta de cesta centrífuga	1	5,00	5,00
Tapa interna de seguridad	1	7,00	7,00
Banda de drenaje	1	5,00	5,00
Junta selectora de entrada de agua	1	3,25	3,25
Base de panel de control	1	15,00	15,00
Direccionador de agua	1	1,20	1,20
Cinturón de cables	1	6,00	6,00
Capuchón	8	0,25	2,00
Tapa tina de lavado	1	5,00	5,00
Tornillo impulsor kit	1	0,55	0,55
Rondana estriada de presión kit	3	0,70	2,10
Ensamble de impulsor	1	10,00	10,00
Filtro atrapa pelusa	1	4,00	4,00
Resorte de válvula	1	0,87	0,87
Manguera de sobre flujo	1	5,00	6,00
Tubo de válvula	1	3,00	3,00
Tapa de válvula	1	1,00	1,00
Tapa de coladera	1	2,00	2,00
Coladera Blanca	1	4,50	4,50
Gabinete metálico	1	52,00	52,00
Caja de engranes	1	8,00	8,00
Válvula conectora	1	1,50	1,50
Polea	1	6,00	6,00
Tapa Trasera	1	11,00	11,00
Banda V	1	12,00	12,00
Cesta de secado	1	30,00	30,00
Cesta de lavado		30,00	30,00
Otros implementos (tornillos, tuercas, rodelas, etc.)			32,00
	Total		280,63

Cuadro 19. MATERIALES Y COSTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BASE LAVADORA.

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)	Subtotal
Ensamble de rueda freno	1	5,00	5,00
Tornillería	varios		9,32
Polea de Motor	1	6,00	6,00
Rondana superior motor de lavado kit	4	0,70	2,80
Amortiguador superior	2	7,00	14,00
Motor de lavado	1	85,00	85,00
Motor de secado	1	85,00	85,00
Amortiguador de motor	1	7,0	7,00
Amortiguador inferior	2	7,00	14,00
Capacitor	1	21,00	21,00
Cable tomacorriente	1	3,40	3,40
Base	1	16,00	16,00
Otros implementos (tornillos, tuercas, rodela, etc.)			10,00
Pintura			25,00
Total			303,52

Cuadro 20. MANO DE OBRA

COSTOS POR	VALOR
Maestro mecánico	200,00
Ayudante mecánico	150,00
Total	350,00

Cuadro 21. TOTAL, DE COSTOS DIRECTOS

COSTOS POR	VALOR
Maquinaria y equipos	564,00
Materiales y accesorios	996,15
Mano de obra	350,00
Total	1910,15

Cuadro 22. TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	VALOR
Ingenieriles (diseño, planos y supervisión)	180,00
Imprevistos	50,00
Total	230,00

2. Costos totales

Los costos totales equivalen a la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de 2140,15 USD. (Dos mil ciento cuarenta dólares con quince centavos). De acuerdo al diseño realizado para la lavadora de construcción mixta podemos hallar un valor aproximado en cuanto se refiere a costos por operación y mantenimiento, cabe indicar, que un verdadero análisis solo se podrá obtener mediante datos estadísticos tomados en un rango de tiempo considerable de funcionamiento dentro un proceso de producción. La fabricación de la lavadora se realizó en una jornada de 8 horas diarias, en un total de 20 días laborables. Los resultados del presente análisis económico resulta muy alentador puesto que se preformó el precio de una lavadora de iguales condiciones que inclusive sirvió de referente y que tenía un costo de 8000 dólares, por lo tanto se precia el ahorro significativo sin detrimento de la calidad de la lana como a si lo validan las pruebas físicas y sensoriales del producto lavado.

V. CONCLUSIONES

- Al efectuar el diseño e implementación del sistema de lavado de lana se utilizó materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación, ya que son equipos que funcionan con agua, y como no se conoce su dureza, se puede afectar el normal funcionamiento del prototipo mecánico y la reducción de la vida útil del mismo.
- La evaluación de la eficiencia del sistema de lavado de lana ovina en la lavadora JCVS 2017, comparada con la fibra de llama, reportó los resultados más altos, especialmente de elongación y porcentaje de higroscopia (32,67%), al lavar la lana ovina mientras que la mejor resistente a la tensión (76,67 N/ cm²), finura de lana (4,67 puntos), coloración (4,67 puntos), y tacto (4,50 puntos), al lavar fibra e llama, por lo tanto se aprecia que el prototipo mecánico sirve para las diferentes fibras y lanas de especies zootécnicas.
- El control de calidad de fibra de lana lavada ovina, por medio de las pruebas físicas y sensoriales en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Pecuarias, demostraron que existe una eficiencia alta del equipo que llega al 67% en las pruebas piloto la cual se ira elevando a medida que se adquiera experiencia en su funcionamiento sin embargo se observa la lana muy limpia resistente y sedosa.
- El manual de funcionamiento que acompaña al diseño y construcción del prototipo mecánico lavadora JCVS 2017, se describe explícitamente cada uno de los aspectos a considerar para un funcionamiento adecuado así como el conocimiento de las piezas su funcionalidad, y las precauciones para evitar posibles accidentes laborales.
- Los costos del equipo lavadora JCVS 2017, fueron de 2140,15 dólares americanos que resultan considerablemente bajos en relación a equipos de procedencia internacional, que cumplen la misma función, sin embargo su vida útil muchas veces es inferior a la del presente prototipo mecánico ya que se ha realizado con materiales de primera calidad y mano de obra calificada.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados expuestos se aprecia las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que en el funcionamiento del equipo se tenga muy en cuenta todas las especificaciones que se han descrito en el manual del prototipo mecánico lavadora JCVS 2017, para evitar disminuir la vida útil del mismo y riesgos laborales al personal que efectúa el lavado de la lana.
- Realizar pruebas para validar el equipo con lanas de otras especies zootécnicas puesto que de acuerdo a los resultados expuestos tanto físicos y sensoriales se aprecia que es útil para lavar cualquier tipo de lana.
- Es aconsejable efectuar el lavado de lana en el prototipo mecánico de la facultad de Ciencias Pecuarias Lavadora JCVS 2017, ya que se asegura la calidad del producto para que en los procesos posteriores como el escarmenado y tintura no se presenten posibles problemas por presencia de impurezas que no fueron eliminadas en el proceso del lavado.
- Es recomendable efectuar prototipos mecánicos similares al de la presente investigación que lleguen a costar menos, sin detrimento de la calidad de la lana lavada para competir con los precios elevados de equipos de especificaciones similares, que además de su precio de valor al público elevados, se deben sumar los aranceles de importación que en los momentos actuales son muy altos y condicionados.

VII. LITERATURA CITADA

1. ADZET J. 2005. Química Técnica de Tenerife. España. 1a ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pp. 105,199 – 215.
2. ADOT, O. 2016. Sistemas e lavado de lana ovina. Disponible en: <http://www.euratex.org>
3. AHUMADA, M. 2017. El lavado de las fibras de alpaca y llama. Disponible en: <http://www.sitiosespana.com>
4. AISEN, A. 2016. Los procesos de lavado y escarmenado de la lana ovina. Disponible en: <http://www.agrodigital.com>
5. ALTAMIRANO, W. 2017. Obtención de lana afelpada con frisa corta utilizando diferentes niveles de aceite de lanolina. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH. pp. 71-72.
6. ARMENDARIZ, A. 2017. control de calidad del tacto. Disponible en: <https://prolana.magyp.gob.ar/>
7. ARBOLEDA, M. 2016. Blanxart, SD. Estudio de los folículos primarios de la lana ovina. Disponible en: <http://www.marm.es>
8. ARREBOLA, F. 2006. Características laneras actuales del merino autóctono español. 1a ed. Barcelona, España. Edit Univ. de Córdoba. pp 23 – 32.

9. ARTIGAS, M. 2004. Manual de lavado de fibra. Avances en la curtición de pieles. 2a ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp. 12, 24, 87,96.
10. ARUTA, F. 2016. Principales propiedades físicas de la lana ovina. Disponible en: <http://www.translana>
11. ARGUELLO, L. 2016. La producción ovina. Disponible en: <http://www.sitiosespana.com>
12. BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.
13. BATEUP, B. 2016. Propiedades biológicas de la lana ovina. Disponible en: <http://www.rutasdelalana.eu>
14. BLANXART, D. 2012. Materias textiles. 1a ed. Barcelona España. Edit. Revista de Industria Textil. pp. 96 99.
15. BORQUEZ, J. 2016. La normalización en los ensayo del cuero. Disponible en: <http://www.cites.pe>
16. CARPINTEROS, H. 2016. Tipos de normas que se utilizan para los ensayos del lavado. Disponible en: <http://wwwes.calameo.com>
17. CARRASCO, M. 2016. Manual para la calidad de la lana. 2a ed. Barcelona, España. Edit. Latinoamericana. pp. 12, 24, 87,96.
18. CARRACO, P. 2016. La lana y sus propiedades físicas. Disponible en: <http://www.naturalfiber.org>

19. CASTILLO, M. 2016. Estructura de la fibra de lana ovina. Disponible en: <http://www.cdrtcampos.com>
20. CENTELLES, M. 2005. La industria de piel animal. Documentos de referencia sobre les mejores técnicas disponibles aplicables a la industria, 6ta ed. Catalunya, España. Edit. Departamento de Medio Ambiente. pp. 21 28.
21. CHRISTOE, J. 2016. contenido de aminoácidos en la lana ovina. Disponible en: <http://2tm23e6.blogspot.com/p/pre-tratamiento-de-lana.html>
22. DELAMARE, G. 2000. Los colores. Historia de los pigmentos y colorantes. 2a ed. Barcelona, España Edit. BSA. pp. 12 16.
23. DELAMARE, G. 2016. La clasificación de las lanas después del proceso de lavado. Disponible en: <http://www.ecotextile.com>
24. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2007. Estación Meteorológica, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
25. FABBIO, F. 2016. La producción de lana ovina. Disponible en: <http://www.eleconomista.es>
26. FERNÁNDEZ, O. 2001. Flujograma de curtiembre. 1a ed. Sao Paulo Brasil. Edit COURSe. pp. 52-58.
27. FRANKEL, A. 2009. Manual de Tecnología del Cuero. 2a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 112 -148.

28. FRANCIS, P. 2016. Asociación INFORMENTEX. Principales características de la lana ovina. Disponible en: <http://www.cetreria.com>
29. GIRONA, J. 2008. Estudios sobre las lanas españolas. 2a ed. Madrid, España. Edit Terrassa. pp. 60 – 63.
30. GRIFFIN, T. 2016. Región por encima del bulbo piloso. Disponible en: <http://www.scribd.com>
31. GRATACOS, B. 2002. Tecnología Química del Cuero. 1a ed. Portavella, España. Edit Boleda Lluch. pp. 45 56.
32. HARVER, R. 2016. La acción de los ácidos sobre el lavado de la lana. Disponible en: http://www.actiweb.es/ovinos/lana_de_oveja.html
33. HARROWFIELD, B. 2016. La lana ovina. Disponible en: <http://www.naturalfiber.org>
34. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. sn. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.
35. JÁCOME, P. 2016. La normalización del lavado de lana como factor de calidad. Disponible en: <http://www.lapiel.com>
36. JIMÉNEZ, T. 2016. Evolución del vellon que dan forma la fibra de lana ovina. Disponible en: <http://www.sitiosespana.com>
37. KALLMAN, A. 2016. Los aportes que presentan los diferentes análisis físicos en la calidad de la fibra. Disponible en: <http://www.meigaweb.com>

38. LAMIRATA, A. 2016. La característica física de la fibra. Disponible en: <http://www.tecnicaacabados.com>
39. MANRIQUE, T. 2016. La normalización de la toma de muestras. Disponible en: <http://www.ceasa.gov.br/index.php>
40. MARSAL, F. 2009. Vaporizado de las mechas de lana peinada; sus ventajas técnicas y económicas. 1a ed. Guanajuato, México. Edit. Ind. Textil. p. 96.
41. MENDOZA, M. 2016. Las diferentes capas de una piel. Disponible en: <http://www.flujogramacabado.com>
42. MAGUIRRE, A. 2016. El proceso de lavado de la lana y fibra. Disponible en: <http://www.cetreria.com>
43. OLIVERO, L. 2016. Zarmuelaquer, P. Teñido de la lana ovina. Disponible en: <http://www.euratex.org>
44. PALET, D. 2005. Fabricación de peletería lanar doubleface. 2a ed. Barcelona-España Edit. CROMOGENIA UNITS S.A.
45. PLATE, D. 2016. estudio de resistencia al teñido de las pieles ovinas. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/14-piel.pdf
46. PRADO, A. 2016. Estiramiento, elasticidad e higroscopia de la lana ovina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/11-lana.pdf

47. PEARCE, O. 2016 Propiedades químicas de la lana ovina. Disponible en: <http://www.translana>
48. PÉREZ, J. 2016 Tintura de la lana ovina y sus productos empleados. Disponible en: <http://www.cdrtcampos.es>
49. PRIETO, A. 2016. Análisis de los canales de distribución de la lana ovina. Disponible en: <https://www.oviespana.com/informacion-de-ovino/monografias-de-ovino/analisis-y-perspectivas-del-mercado-de-la-carne-y-lana-ovina-en-chile>
50. ROBAYO, A. 2016 Laguna, D. Estructuras accesorias del folículo. Disponible en el sitio web: <http://www.marm.es>
51. SEGHETTI, D. 2016. Tintura del caso con reserva de lana ovina. Disponible en: <http://www.produccionovina.com>
52. SUAREZ, G. 2016. Criterios a seguir para la normalización del cuero. Disponible en: <http://www//spanish.alibaba.com>

ANEXOS

Anexo 1. Estadísticas descriptivas del porcentaje de elongación de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado		
Lana	1	25,00	60,42	-35,42	1254,34
Lana	2	105,00	60,42	44,58	1987,67
Lana	3	12,50	60,42	-47,92	2296,01
Lana	4	82,50	60,42	22,08	487,67
Lana	5	75,00	60,42	14,58	212,67
Lana	6	62,50	60,42	2,08	4,34
	Media	60,42		Suma	6242,71
				Varianza	1248,54
				DE	35,33
Fibra	1	75,00	76,67	-1,67	2,78
Fibra	2	62,50	76,67	-14,17	200,69
Fibra	3	105,00	76,67	28,33	802,78
Fibra	4	92,50	76,67	15,83	250,69
Fibra	5	45,00	76,67	-31,67	1002,78
Fibra	6	80,00	76,67	3,33	11,11
	Media	76,67		Suma	2270,83
				Varianza	454,17
				Desviación	21,31

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	60,42	76,67
Varianza	1248,54	454,17
Observaciones	6,00	6,00
Varianza agrupada	851,35	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	10,00	
Estadístico t	-0,96	
P(T<=t) una cola	0,18	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,81	
P(T<=t) dos colas	0,36	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23	

Anexo 2. Estadísticas descriptivas de la higroscopia de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Lana	1	30,00	32,67	-2,67	7,11
Lana	2	32,00	32,67	-0,67	0,44
Lana	3	33,00	32,67	0,33	0,11
Lana	4	34,00	32,67	1,33	1,78
Lana	5	35,00	32,67	2,33	5,44
Lana	6	32,00	32,67	-0,67	0,44
	Media	32,67		Suma	15,33
				Varianza	3,07
				DE	1,75

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Fibra	1	25,00	26,83	-1,83	3,36
Fibra	2	26,00	26,83	-0,83	0,69
Fibra	3	27,00	26,83	0,17	0,03
Fibra	4	28,00	26,83	1,17	1,36
Fibra	5	29,00	26,83	2,17	4,69
Fibra	6	26,00	26,83	-0,83	0,69
	Media	26,83		Suma	10,83
				Varianza	2,17
				Desviación	1,47

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

Estadístico	Lana	Fibra
Media	32,67	26,83
Error típico	0,71	0,60
Mediana	32,50	26,50
Moda	32,00	26,00
Desviación estándar	1,75	1,47
Varianza de la muestra	3,07	2,17
Curtosis	-0,01	-0,86
Coefficiente de asimetría	-0,25	0,42
Rango	5,00	4,00
Mínimo	30,00	25,00
Máximo	35,00	29,00
Suma	196,00	161,00
Cuenta	6,00	6,00

Anexo 3. Estadísticas descriptivas de la finura de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Lana	1	4,00	4,67	-0,67	0,44
Lana	2	4,00	4,67	-0,67	0,44
Lana	3	5,00	4,67	0,33	0,11
Lana	4	5,00	4,67	0,33	0,11
Lana	5	5,00	4,67	0,33	0,11
Lana	6	5,00	4,67	0,33	0,11
	Media	4,67		Suma	1,33
				Varianza	0,27
				DE	0,52

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Fibra	1	4,00	3,33	0,67	0,44
Fibra	2	3,00	3,33	-0,33	0,11
Fibra	3	3,00	3,33	-0,33	0,11
Fibra	4	4,00	3,33	0,67	0,44
Fibra	5	3,00	3,33	-0,33	0,11
Fibra	6	3,00	3,33	-0,33	0,11
	Media	3,33		Suma	1,33
				Varianza	0,27
				Desviación	0,52

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

Estadístico	Lana	Fibra
Media	4,67	3,33
Error típico	0,21	0,21
Mediana	5,00	3,00
Moda	5,00	3,00
Desviación estándar	0,52	0,52
Varianza de la muestra	0,27	0,27
Curtosis	-1,88	-1,88
Coefficiente de asimetría	-0,97	0,97
Rango	1,00	1,00
Mínimo	4,00	3,00
Máximo	5,00	4,00
Suma	28,00	20,00
Cuenta	6,00	6,00

Anexo 4. Estadísticas descriptivas de la coloración de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Lana	1	4,00	3,50	0,50	0,25
Lana	2	4,00	3,50	0,50	0,25
Lana	3	4,00	3,50	0,50	0,25
Lana	4	3,00	3,50	-0,50	0,25
Lana	5	3,00	3,50	-0,50	0,25
Lana	6	3,00	3,50	-0,50	0,25
	Media	3,50		Suma	1,50
				Varianza	0,30
				DE	0,55

Procedencia	N° muestra	Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
Fibra	1	5,00	4,67	0,33	0,11
Fibra	2	5,00	4,67	0,33	0,11
Fibra	3	5,00	4,67	0,33	0,11
Fibra	4	4,00	4,67	-0,67	0,44
Fibra	5	4,00	4,67	-0,67	0,44
Fibra	6	5,00	4,67	0,33	0,11
	Media	4,67		Suma	1,33
				Varianza	0,27
				Desviación	0,52

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

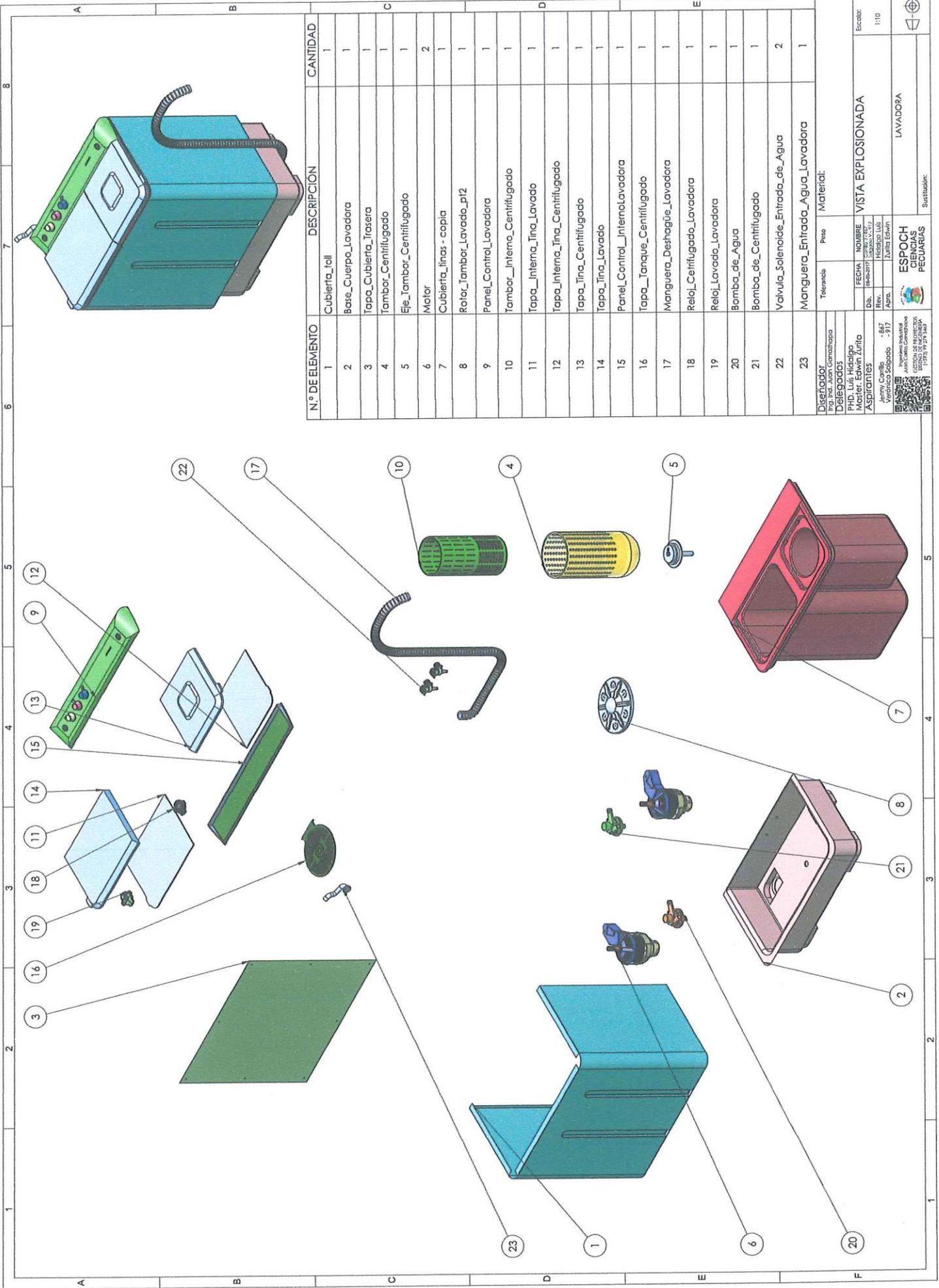
<i>ESTADÍSTICO</i>	<i>Lana</i>	<i>Fibra</i>
Media	3,50	4,67
Error típico	0,22	0,21
Mediana	3,50	5,00
Moda	4,00	5,00
Desviación estándar	0,55	0,52
Varianza de la muestra	0,30	0,27
Curtosis	-3,33	-1,87
Coefficiente de asimetría	0,00	-0,97
Rango	1,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00
Máximo	4,00	5,00

Anexo 5. Estadísticas descriptivas del tacto de la fibra y lana lavada en el Prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
3,00	2,67	0,33	0,11
3,00	2,67	0,33	0,11
3,00	2,67	0,33	0,11
2,00	2,67	-0,67	0,44
2,00	2,67	-0,67	0,44
3,00	2,67	0,33	0,11
2,67		Suma	1,33
		Varianza	0,27
		DE	0,52

Resultado	Esperado	Obs - esp.	(Obs - esper) ²
5,00	4,50	0,50	0,25
5,00	4,50	0,50	0,25
4,00	4,50	-0,50	0,25
4,00	4,50	-0,50	0,25
5,00	4,50	0,50	0,25
4,00	4,50	-0,50	0,25
4,50		Suma	1,50
		Varianza	0,30
		Desviación	0,55

Anexo 6. Despiece del prototipo mecánico Lavadora JCVS 2017.

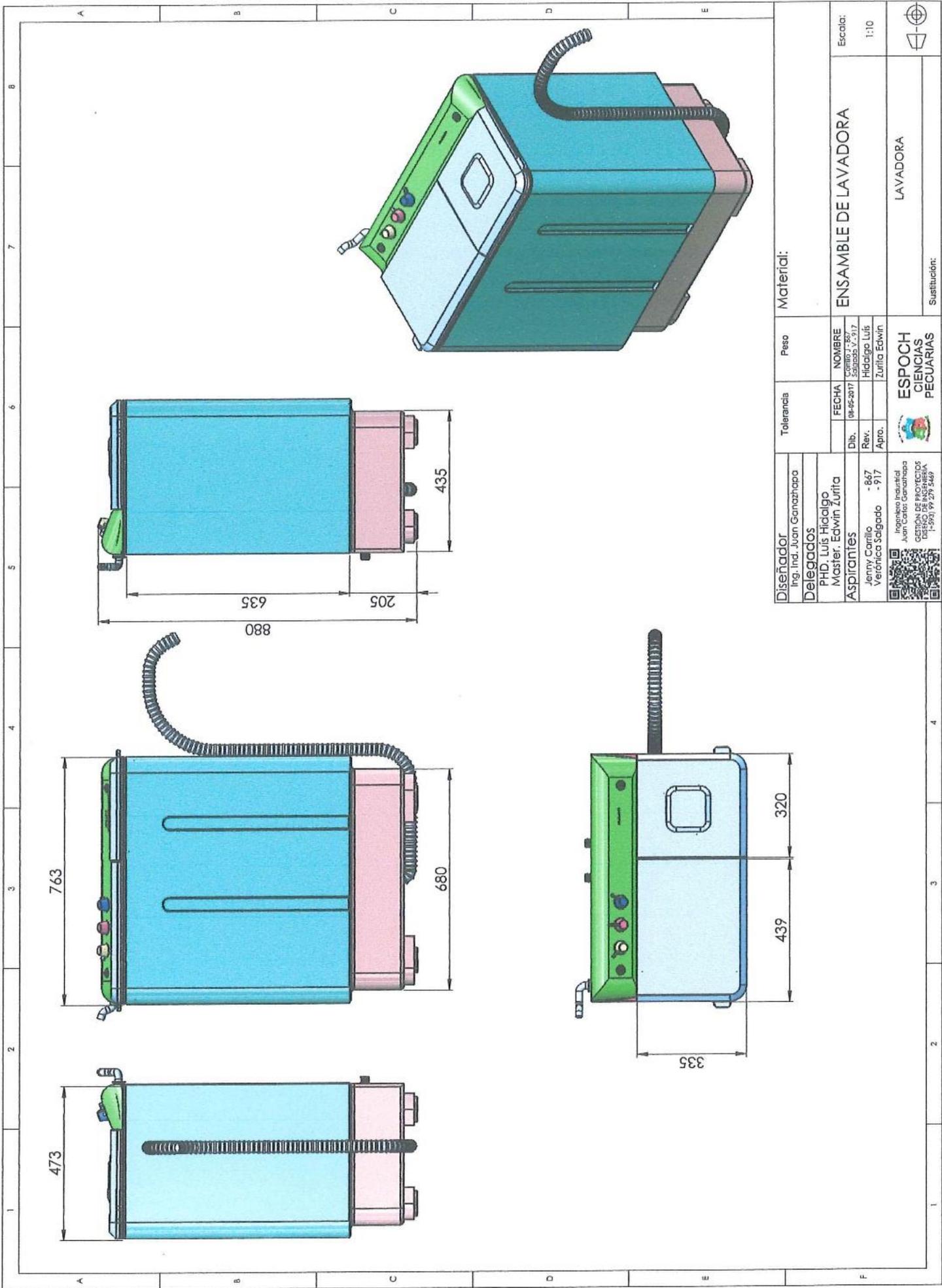


N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cubierta_tall	1
2	Base_Cuerpo_Lavadora	1
3	Tapa_Cubierta_Irresera	1
4	Tambor_Centrifugado	1
5	Eje_Tambor_Centrifugado	1
6	Motor	2
7	Cubierta_linas - copia	1
8	Rolot_Tambor_Lavado_pi2	1
9	Panel_Control_Lavadora	1
10	Tambor_Interno_Centrifugado	1
11	Tapa_Interna_Tina_Lavado	1
12	Tapa_Interna_Tina_Centrifugado	1
13	Tapa_Tina_Centrifugado	1
14	Tapa_Tina_Lavado	1
15	Panel_Control_InternoLavadora	1
16	Tapa_Tanque_Centrifugado	1
17	Manguera_Deshague_Lavadora	1
18	Reloj_Centrifugado_Lavadora	1
19	Reloj_Lavado_Lavadora	1
20	Bomba_de_Agua	1
21	Bomba_de_Centrifugado	1
22	Válvula_Solenoid_Entrada_de_Agua	2
23	Manguera_Entrada_Agua_Lavadora	1

Diseñador: **Juan Carlos Contreras**
 Ingeniero Civil en Mecánica
 DIBUJANTES: **RUIZ LUIS HIGUINO**
MARTEL EDWIN JURIO
ASPIRANTES
 Fecha: 18/05/2017
 Rev. 01
 Aprobado: **Juan Carlos Contreras**
 Ingeniero Civil en Mecánica
 Fecha: 18/05/2017
 Rev. 01

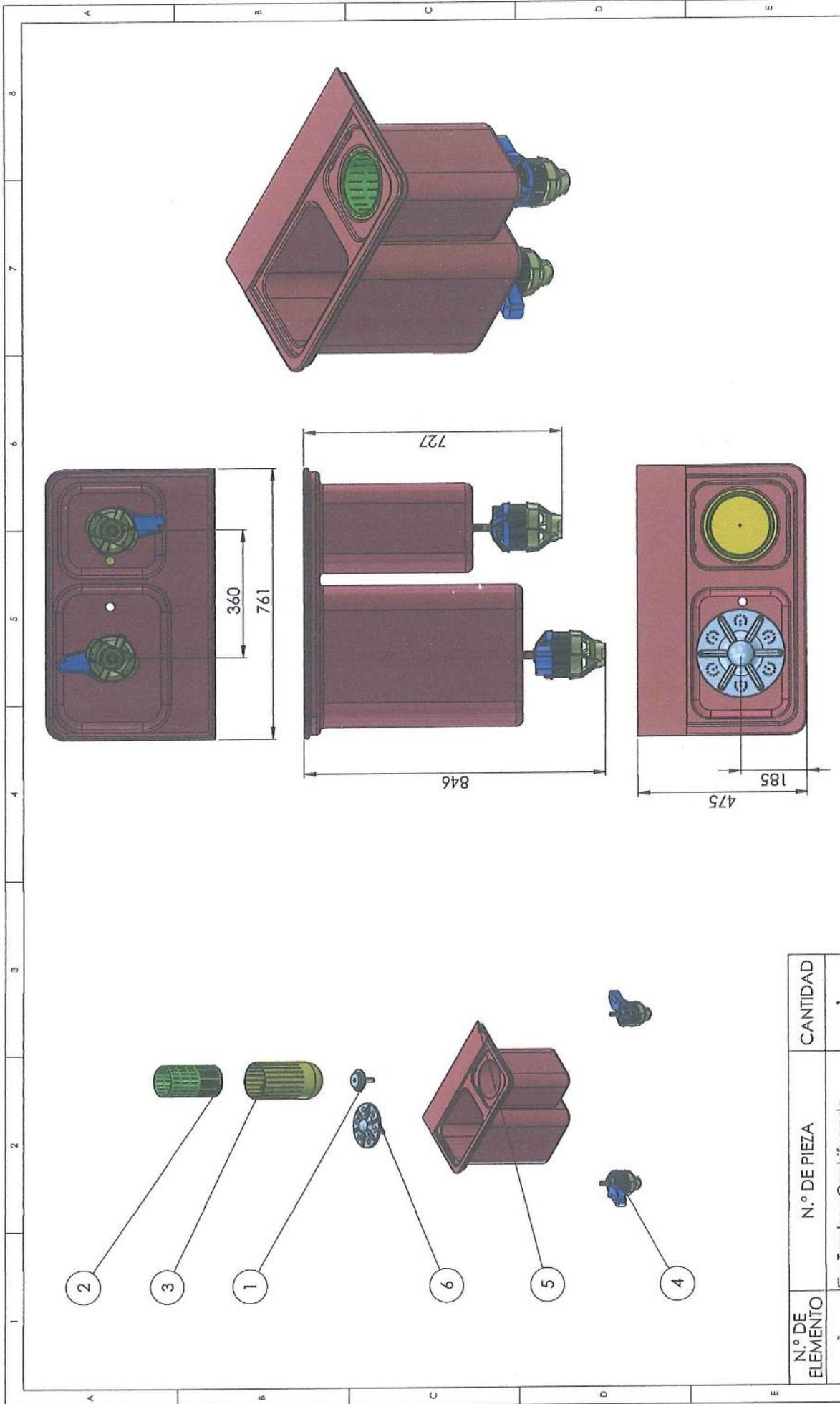
ESPOCH
PECUARIAS

Materiales: **VISTA EXPLOSIONADA**
 Escala: **1:10**
LAVADORA
 Suministrador:



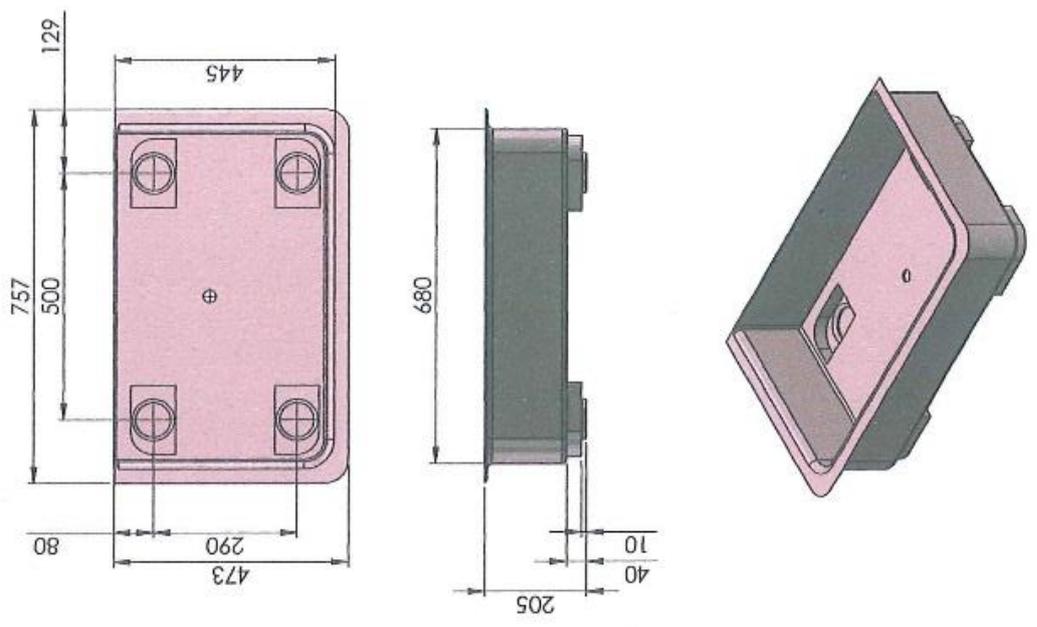
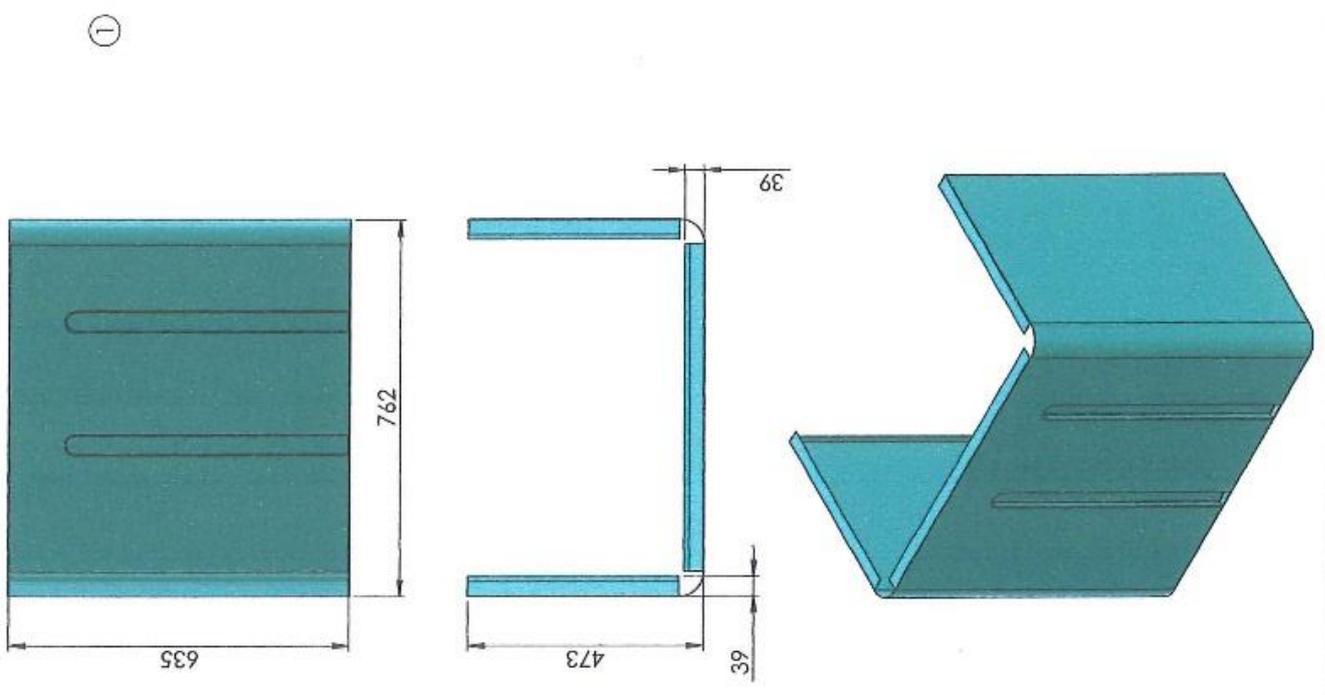
Diseñador: Ing. Ind. Juan Ganazhapa		Tolerancia		Peso		Material:	
Delegados PHD. Luis Hidalgo Master. Edwin Zurita		FECHA: 08-05-2017		NOMBRE: SOLGADO Y CIA		ENSAMBLE DE LAVADORA	
Aspirantes Jenny Carrillo - 847 Verónica Solgado - 917		Dib.:		Hidalgo Luis		Escala: 1:10	
 Ingeniero Industrial Juan Carlos Ganazhapa GERENCIA DE PROYECTOS DEPARTAMENTO DE INGENIERIA T-953197273668		Rev.:		Zurita Edwin		LAVADORA	
		Apr.:				Sustitución:	





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Eje_Tambor_Centrifugado	1
2	Tambor_Interno_Centrifugado	1
3	Tambor_Centrifugado	1
4	Motor	2
5	Cubierta_finas - copia	1
6	Rotor_Tambor_Lavado_pt2	1

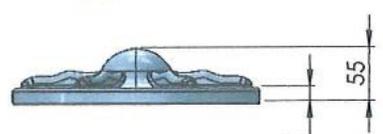
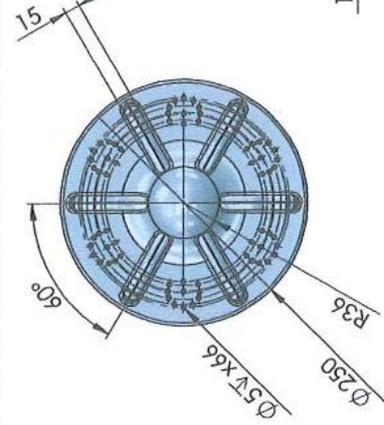
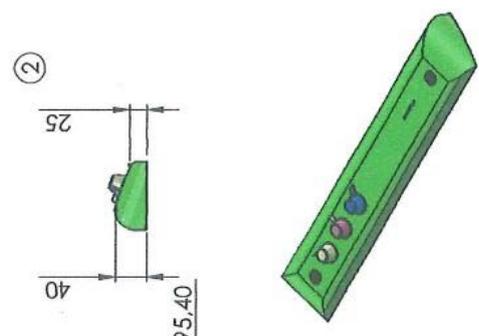
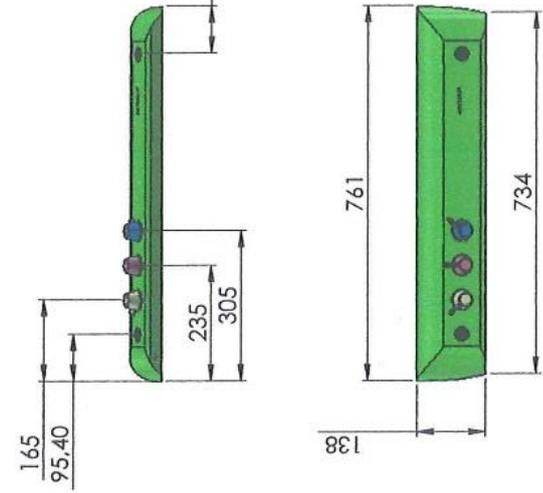
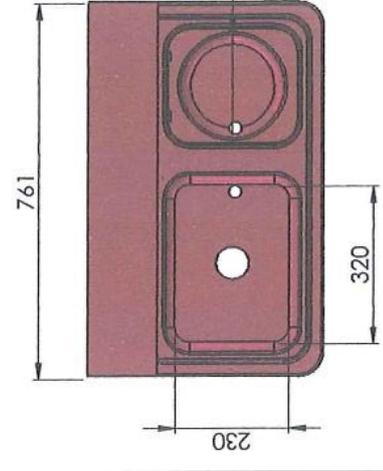
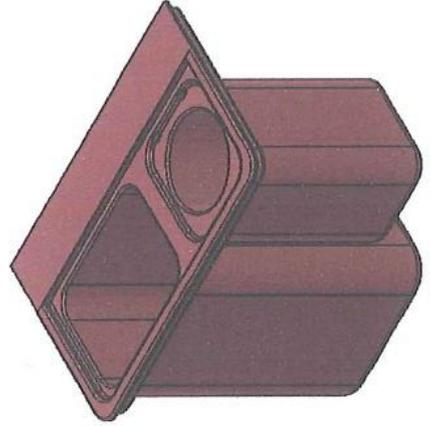
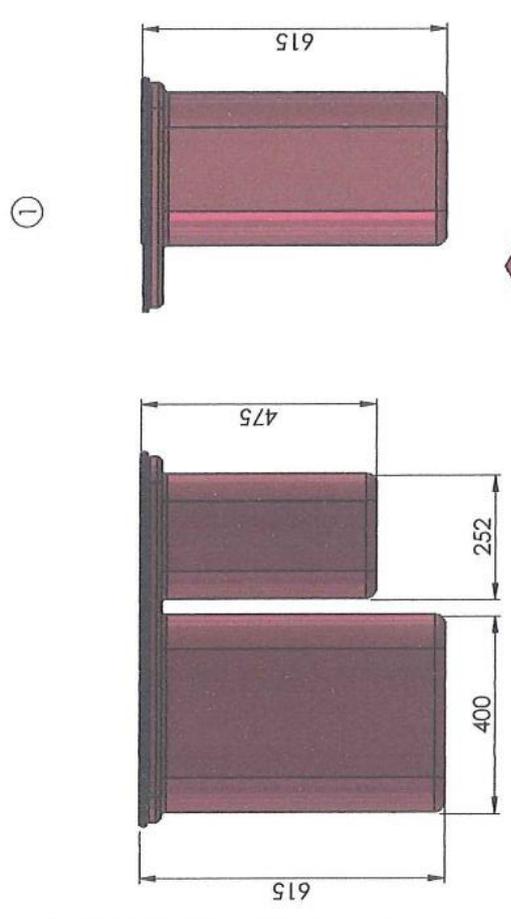
Diseñador Ing. Ind. Juan Ganazhapa		Tolerancia		Peso		Material:	
Delegados PHD. Luis Hidalgo Master. Edwin Zurita		FECHA 06-06-2017		NOMBRE CORRIGI 7 - 867 SOPASS V. 917		ENSAMBLE DE TINAS DE LAVADORA	
ASPIRANTES Jenny Carrillo - 867 Verónica Salgado - 917		Apro.		Zurita Edwin		Escalar: 1:10	
 Ingeniero Industrial Juan Carlos Ganazhapa GESTION DE PROYECTOS CARRERA DE INGENIERIA C-1-503 199 237 5-469		 ESPOCH CIENCIAS PECUARIAS		LAVADORA		Sustitución:	



②

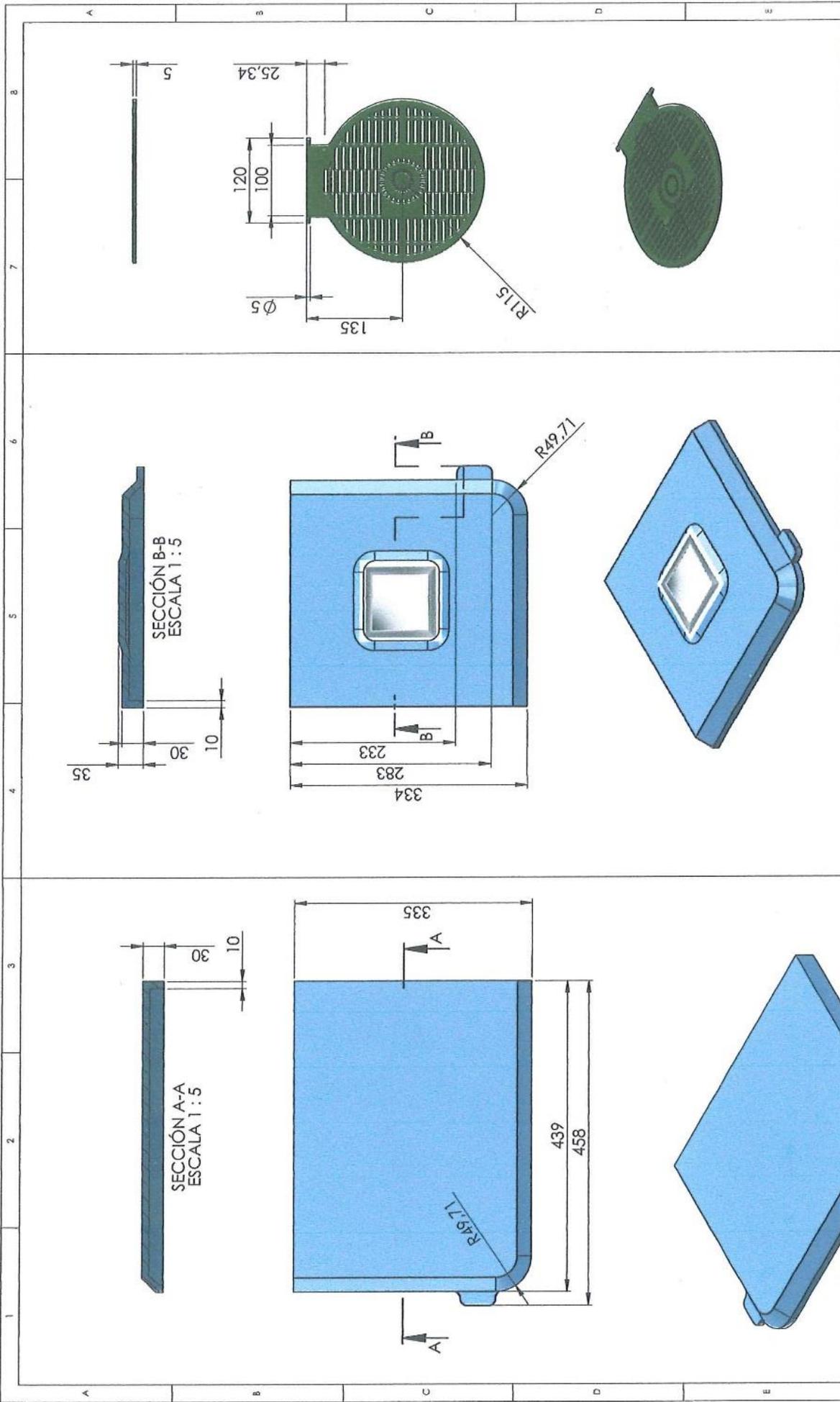
①

Diseñador Ing. Ind. Juan González Delegados PHD. Luis Hidalgo Master. Edwin Zurita ASPIRANTES Jenny Carrillo - 847 Verónica Salgado - 917	Tolerancia	Peso	Material:	Escala: 1:10	
				1 - CUBIERTA EXTERNA 2 - BASE	
Fecha: 04/05/2017		Nombre: 520025 V-917		Escala: 1:10	
Día: 04/05/2017		Rev.: Hidalgo Luis		LAVADORA	
Apro.: Zúñiga Edwin		ESPOCH CIENCIAS PECUARIAS		Sustitución:	
 <p>Integrantes: Inés Kalkit Juan Carlos González GUSTAVO DE ARCE GUSTAVO DE ARCE 1-561 99 279 549</p>					



Escala 1:5

Diseñador Ing. Ind. Juan Ganazhapa Delegados		Tolerancia		Peso		Material:	
PHD. Luis Hidalgo Master. Edwin Zurita Aspirantes		FECHA 08-05-2017		NOMBRE Santitas 2017		1 - TINAS DE LVAADORA	
Dib. Jenny Carrillo Verónica Salgado		Rev. - 867		Hidalgo Luis		2 - PANEL DE CONTROL	
Apr. - 917		Zurita Edwin		Zurita Edwin		3 - ROTOR DE LAVADO	
Ingeniero Industrial Juan Carlos Ganazhapa CATEDRÁTICO DE INGENIERÍA 14903 99 279 5469		ESPOCH CIENCIAS PECUARIAS		LAVADORA		Escala: 1:10	
Sustitución:							



Diseñador Ing. Ind. Juan Ganahzapa		Tolerancia		Peso		Material:	
Delegados PHD. Luis Hidalgo Master. Edwin Zurita		FECHA 06-05-2017		NOMBRE Sociedad S. de RL		1 - TAPA TINADE LAVADO	
Aspirantes Jenny Carrillo Verónica Salgado		Dib. Rev. Apr.		Hidalgo Luis Zurita Edwin		2 - TAPA TINA DE CENTRIFUGADO	
Ing. Ind. Juan Ganahzapa CARRILLO Y SALGADO CARRILLO Y SALGADO		ESPOCH CIENCIAS PECUARIAS		LAVADORA		3 - PROTECTOR CENTRIFUGADO	
Sustitución:		Escala:		1:5			