

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL



**“ESTUDIO DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA
FIBRA DE ALPACA GRASIENTA Y DE LAS CONDICIONES DE
SU PROCESO DE LAVADO”**

T E S I S

PRESENTADO POR:

ANIA IBHET ROSAS ESPEJO

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO TEXTIL

INDICE

	pág.
INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
1. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1. La fibra de alpaca.....	3
1.1.1 Propiedades de la fibra de alpaca.....	3
1.1.1.1 Propiedades químicas.....	3
1.1.1.2 Propiedades físicas.....	6
1.1.1.3 Propiedades mecánicas.....	8
1.1.2. Impurezas de la fibra de alpaca.....	10
1.1.2.1 Impurezas naturales (grasas y suint.....	12
1.1.2.2 Impurezas adicionadas (materia vegetal, paja, trozos , suciedad).....	14
1.1.2.3 Impurezas aplicadas (marcas).....	16
1.1.2.4 Clasificación de Impurezas de acuerdo a su comportamiento en el proceso de lavado.....	17
1.1.2.5. Mecanismo de remoción de las impurezas.....	18
1.1.3 Clasificación de la fibra de alpaca.....	22
1.1.4 Composición de la fibra grasienta.....	23
1.1.5 Características de la fibra grasienta.....	24
1.1.5.1 Rendimiento al lavado.....	24
1.1.5.2 Diámetro.....	25
1.1.5.3 Contenido de grasa.....	25
1.1.5.4 Contenido de ceniza.....	26
1.1.5.5 Materia vegetal.....	26
1.1.5.6 Longitud.....	26
1.1.5.7 Resistencia.....	27
1.1.5.8 Color.....	28

1.1.5.9 Fibras coloreadas.....	29
1.1.5.10 Humedad.....	30
1.1.5.11 Rizos.....	30
1.2. El Proceso de Lavado de Alpaca.....	31
1.2.1 Objetivo del proceso de lavado.....	31
1.2.2 Descripción del Proceso Productivo de Lavado de Fibra de Alpaca....	31
1.2.2.1. Acopio de la Fibra de Alpaca.....	32
1.2.2.2. Clasificado.....	33
1.2.2.3. Apertura y batido.....	34
1.2.2.4. Alimentación a las Tinas de Lavado.....	37
1.2.2.5 Lavado.....	38
1.2.2.6. Secado.....	39
1.2.3 Proceso Posterior al Lavado.....	40
1.2.3.1 Ensimaje.....	40
1.2.3.2 Cardado.....	42
1.2.3.3 Peinado.....	43
1.2.4 Efecto del Lavado sobre la eficiencia de proceso posterior.....	43
1.2.4.1 Efecto de la grasa residual.....	44
1.2.4.2 Efecto del pH.....	44
1.2.4.3 Efecto del Afieltramiento.....	45
1.2.5 Daño de la Fibra durante el Proceso de Lavado.....	45
1.2.5.1 De Origen Mecánico.....	46
1.2.5.2 De Origen Químico.....	46
1.2.6. Lavado con Detergentes.....	47
1.2.6.1. Mecanismo de Operación de los detergentes.....	47
1.2.6.2. Fenomenología del Proceso detergente.....	48
1.2.6.3. Tipos de Detergentes.....	49
1.2.7 Parámetros que afectan la eficiencia del proceso de lavado.....	50
1.2.7.1 Concentración de detergente.....	50
1.2.7.2 pH.....	52
1.2.7.3 Temperatura.....	53

1.2.7.4 Flujo Volumétrico.....	55
1.2.7.5 Tiempo de Inmersión.....	56
1.2.7.6 Acción Mecánica.....	57
1.2.7.7 Eficiencia de los rodillos exprimidores.....	58
1.2.7.8 Tiempo de Purga.....	58
1.2.8 Efecto combinado de los principales parámetros en el proceso de lavado.....	59
1.2.8.1 Efecto del pH y detergente.....	59
1.2.8.2 Efecto de la temperatura y el detergente.....	60
1.2.8.3 Efecto del pH y temperatura.....	62
1.2.9 Maquinaria y Sistemas de Lavado.....	62
1.2.9.1 Sistema Tradicional de Lavado.....	63
1.2.9.2 Lavado con Cilindros de Succión Fleissner.....	67
1.2.9.3 Nuevas Tecnologías de Lavado.....	68
1.2.9.4 Sistemas de secado.....	72
1.2.10 Control de Calidad.....	77
1.2.10.1 Grasa Residual.....	77
1.2.10.2 Contenido de ceniza.....	77
1.2.10.3 Materia Vegetal.....	78
1.2.10.4 Humedad.....	78
1.2.10.5 Color.....	78
1.2.10.6 Detergente Residual.....	79
1.2.10.7 pH del extracto acuoso.....	79
1.2.10.8 Porcentaje de Sólidos.....	79
1.2.10.9 Estándares del Proceso de Lavado.....	80
1.3 Aspecto ecológico de lavado.....	81
1.3.1 Reducción del consumo de agua.....	81
1.3.2 Medidas recomendadas para prevenir y controlar la contaminación.....	82
1.3.3. Características de los efluentes del lavado de lana.....	84
1.3.4 Tratamiento de los efluentes del lavado de lana.....	85

1.3.5 Ahorro de Energía.....	85
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	87
2.1 De las muestras de fibra.....	87
2.1.1 Fibra de alpaca grasienta para el estudio de sus principales características para su proceso de lavado.....	87
4.1.2 Fibra de alpaca para el estudio de las condiciones del lavado en planta.....	87
2.2 Materiales, Equipos e Insumos.....	88
2.2.1 De los materiales, equipos e insumos de laboratorio para el estudio de sus principales características para su proceso de lavado.....	88
2.2.2 De los materiales, equipos e insumos en la planta de lavado y laboratorio de control de calidad para el estudio de la influencia de las condiciones del lavado en planta.....	90
2.2.2.1 En la planta de lavado.....	90
2.2.2.2 En el laboratorio de control de calidad.....	93
2.3 Métodos y Procedimientos.....	95
2.3.1 En el estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta para su proceso de lavado.....	95
2.3.1.1 En el muestreo.....	95
2.3.2.1 En el laboratorio de fibras.....	95
2.3.2.1.1 Diámetro de fibra.....	95
2.3.2.1.2 Contenido de grasa o extracto etéreo.....	96
2.3.2.1.3 Porcentaje de humedad.....	97
2.3.2.1.4 Contenido de ceniza.....	97
2.3.2.1.5 pH de extracto acuoso.....	98
2.3.2 Estudio de la influencia de las condiciones del lavado sobre las características de la fibra de alpaca lavada.....	99
2.3.2.1. En el muestreo.....	99
2.3.2.1.1 Porcentaje de grasas y apariencia.....	99
2.3.2.2 En el estudio de las condiciones de lavado en planta.....	99
2.3.2.2.1 Temperatura.....	101

2.3.2.2.2 pH.....	101
2.3.2.2.3 Concentración de Detergente.....	102
2.3.2.3 En el laboratorio de control de calidad.....	102
2.3.3.2.1 Contenido de grasas en fibra lavada.....	102
2.3.3.2.2 Apariencia de la fibra lavada.....	102
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	103
3.1. Análisis las principales características de fibra de alpaca grasienta.....	103
3.1.1 Diámetro de Fibra.....	103
3.1.2 Porcentaje de Humedad.....	104
3.1.3 Contenido de grasas.....	106
3.1.4 Contenido de cenizas.....	107
3.1.5 Contenido de Material Vegetal.....	108
3.1.6 pH.....	110
3.2 Estudio de la influencia de las condiciones del lavado sobre las características de la fibra de alpaca lavada.....	111
3.2.1 Estudio de las condiciones de Lavado de la fibra de alpaca de calidad Baby (BL).....	111
3.2.1.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis de grasas.....	111
3.2.1.2 pH.....	112
3.2.1.3 Concentración de Detergente.....	113
3.2.1.4 Temperatura.....	114
3.2.2 Estudio de las condiciones de Lavado de la fibra de alpaca de calidad Fleece (FS).....	114
3.2.2.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis de grasas.....	114
3.2.2.2 pH.....	115
3.2.2.3 Concentración de Detergente.....	115
3.2.2.4 Temperatura.....	116
3.2.3 Estudio de las condiciones de Lavado de la fibra de alpaca de Calidades Inferiores (HZ y AG).....	117

3.2.3.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis de grasas inicial, durante el proceso y final.....	117
3.2.3.2 pH.....	118
3.2.3.3 Concentración de Detergente.....	118
3.2.3.4 Temperatura.....	119
3.2.4 Estudio de las condiciones de Lavado de la fibra de alpaca de calidad Suri.	120
3.2.4.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis de grasas inicial, durante el proceso y final...	120
3.2.4.2 pH.....	121
3.2.4.3 Concentración de Detergente.....	121
3.3 Análisis económico del costo de receta.....	122
3.3.1 Cuadro de costos de receta - fibra lavada.....	122
3.3.2 Comparativo de costos recetas actuales y recomendadas.....	123
5. CONCLUSIONES.....	125
5. RECOMENDACIONES.....	128
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	130
7. ANEXOS.....	138

INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Conversión de Cistina en Lantionina.....	4
Figura 2. Conversión de Cisteína en Cistina.....	5
Figura 3. Mecanismo de Anclaje que provoca el Afieltramiento.....	7
Figura 4. Diagrama tensión-deformación de la fibra de lana, mostrando la zona de deformación asociado con la transformación $\alpha \rightarrow \beta$	9
Figura 5. Diagrama tensión-deformación de la fibra de lana a diferentes temperaturas.....	9
Figura 6. Representación esquemática de la estructura de α - hélice y estructura β -hélice	10
Figura 7. Microfotografías de la separación de impurezas de la fibra de lana.....	20
Figura 8. Carta de colores de la fibra de alpaca.....	29
Figura 9. Tipos de vellón en la alpaca.....	33
Figura 10. Esquema de una batidora gradual moderna.....	35
Figura 11. Equipo de apertura de doble cilindro.....	36
Figura 12. Cargador vertical clásico.....	37
Figura 13. Tina de lavado con sistema de transporte a rastrillera.....	39
Figura 14. Hidratación de una unidad de polioxietileno.....	61
Figura 15. Baño de lavado con sistema de transporte a horquillas.....	65
Figura 16. Esquema de la Primera Tina de Lavado con Sistema Único de Rastrillos.....	66
Figura 17. Vista Transversal de una Tina de Lavado – Leviatán.....	66
Figura 18. Unidad de lavado Fleissner – Vista longitudinal.....	67
Figura 19. Unidad de lavado Fleissner – Vista transversal.....	68
Figura 20. Tina del Jet- Scouring.....	69
Figura 21. Esquema De Unidad “ Lo Flo”	70
Figura 22. Esquema De Circulación De Efluentes - Unidad “ Lo Flo”	70
Figura 23. Esquema del “Mini Bowl” de WRONZ.....	71

Figura 24.	Vista Lateral de dos Secadores de Telera Sin Fin.....	75
Figura 25.	Secadero continuo o de telera sin fin.....	75
Figura 26.	Vista transversal de una Secadora Fleissner.....	76
Figura 27.	Vista Longitudinal de una Secadora Fleissner.....	76
Figura 28.	Esquema de Circulación de los Baños de Lavado en los Leviatanes.....	82
Figura 29.	Cámara de Extracción de Humedad.....	89
Figura 30.	Esquema de Circulación de los Baños de Lavado en planta.....	91
Figura 31.	Aparato de Extracción de Grasas.....	94
Figura 32.	Estufa.....	94
Figura 33.	Sirolan láser scan.....	96
Figura 34.	Aparato Soxhlet.....	97
Figura 35.	Mufla.....	98
Figura 36.	Diámetro de diferentes calidades de fibra de alpaca.....	103
Figura 37.	Porcentaje de Humedad en fibra de alpaca sucia.....	105
Figura 38.	Contenido de grasa en fibra de alpaca sucia.....	106
Figura 39.	Contenido de cenizas en fibra de alpaca sucia.....	108
Figura 40.	Contenido de materia vegetal en fibra de alpaca sucia.....	110
Figura 41.	pH en fibra de alpaca sucia.....	111

INDICE DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1.	Impurezas de la Fibra de Alpaca.	11
Cuadro 2.	Relación de Impurezas Totales presentes en la Lana.	12
Cuadro 3.	Clasificación de Fibra de Alpaca.....	23
Cuadro 4.	Composición de Fibras de Alpacas (Rangos Máximo y Mínimo).....	23
Cuadro 5.	Comparación entre la Composición entre Fibra de Alpaca y Lana...	24
Cuadro 6.	Resistencia de las Fibras a la Rotura.....	28
Cuadro 7.	Clasificación de la alpaca por colores.....	29
Cuadro 8.	Finura y Porcentaje Promedio de diferentes calidades de fibra de un vellón promedio	34
Cuadro 9.	Receta del Baño de Lavado para la fibra de alpaca y llama.....	38
Cuadro 10.	Eficiencia energética para diferentes tipos de secadero.....	73
Cuadro 11.	Composición del Efluente.....	84
Cuadro 12.	Clasificación de las calidades de Fibra de Alpaca.....	87
Cuadro 13.	Temperaturas de las cámaras de secado.....	91
Cuadro 14.	Condiciones de la Primera y Última Tina.....	100
Cuadro 15.	Condiciones de la Segunda y Tercera Tina.....	101
Cuadro 16.	Condiciones de la Cuarta Tina.....	101
Cuadro 17.	Valores promedio del diámetro de fibra de alpaca.....	103
Cuadro 18.	Cuadro comparativos de finuras entre los valores encontrados y según NTP.....	104
Cuadro 19.	Valores promedio del porcentaje de humedad en fibra de alpaca sucia.....	105
Cuadro 20.	Valores promedio del contenido de grasa en fibra de alpaca sucia	106
Cuadro 21.	Valores promedio del contenido de cenizas en fibra de alpaca sucia.....	107

Cuadro 22.	Valores promedio del contenido de materia vegetal en fibra de alpaca sucia.....	109
Cuadro 23.	Valores promedio del pH en fibra de alpaca sucia.....	110
Cuadro 24.	Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Baby.....	112
Cuadro 25.	Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Baby bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 24.....	112
Cuadro 26.	Efecto de diferentes pH de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby.....	113
Cuadro 27.	Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby.....	113
Cuadro 28.	Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby.....	114
Cuadro 29.	Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Fleece	114
Cuadro 30.	Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Fleece bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 29.....	115
Cuadro 31.	Efecto de diferentes pHs de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Fleece.....	115
Cuadro 32.	Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Fleece.....	116
Cuadro 33.	Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en la cuarta tina sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Fleece.....	116

Cuadro 34.	Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Fleece.....	117
Cuadro 35.	Condiciones de lavado establecidas en planta para las calidades inferiores	117
Cuadro 36.	Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidades inferiores bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 35.....	117
Cuadro 37.	Efecto de diferentes pHs de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Huarizo.....	118
Cuadro 38	Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad calidades inferiores.....	119
Cuadro 39.	Efecto de menores dosificaciones de detergente en las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores.....	119
Cuadro 40.	Efecto de la no dosificación de detergente en la cuarta tina de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores.....	119
Cuadro 41.	Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores.....	120
Cuadro 42.	Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Suri.....	120
Cuadro 43	Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Suri bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 42.....	120
Cuadro 44	Efecto de diferentes pHs de las tinas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri.....	121

Cuadro 45	Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinajas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri.....	122
Cuadro 46.	Efecto de diferentes temperaturas de las tinajas de lavado sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri.....	120
Cuadro 47.	Cuadro de costos de receta - fibra lavada	123
Cuadro 48.	Comparativo de Costos Recetas Actuales y Recomendadas.....	124

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros de la Universidad Nacional Agraria La Molina y en una planta de lavado de fibra de alpaca, ubicada en la ciudad de Arequipa. Los objetivos fueron: estudiar las principales características de fibra de alpaca grasienta para el proceso del lavado y las condiciones del lavado de diferentes calidades de fibra de alpaca sobre el porcentaje de grasas. La determinación de las características de humedad, porcentaje de grasas, contenido de cenizas, porcentaje de materia vegetal y pH se hicieron de acuerdo a las normas de la ASTM (American Society of Testing Materials) y normas técnicas peruanas NTP 231. El estudio de las condiciones de lavado sobre el porcentaje de grasas se realizó a condiciones de planta.

Los valores promedio obtenidos en laboratorio para las calidades Baby (BL), Fleece (FS), Medium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ) fueron; en porcentaje de humedad 12,29 %; 12,49 %; 12,59 % y 12,08 %; en contenido de grasas 2,42 %; 2,19 %; 1,75 % y 1,22 %, en contenido de cenizas de 4,62 %; 5,22 %; 2,66 %; 2,97 %, en materia vegetal 2,65 %; 2,17 %; 2,09 %; 2,43 % y en pH 5,80; 5,81; 6,11; 6,36 respectivamente. Del estudio de las condiciones de lavado en planta se encontró; con respecto al pH, un lavado en medio alcalino a pH 8 en comparación a uno neutro en la segunda tina mejora la apariencia de la fibra lavada y disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada entre un 0,04% y 0,15% y que a pHs mayores de 8 se mantiene igual o disminuye ligeramente el porcentaje de grasas y apariencia de la fibra lavada. Con respecto a la concentración de detergente, una dosificación mayor de 400/400/200 (ml/30seg) para las calidades Baby (BL) y Médium Fleece (MFS) 300/300/150 (ml/30seg) en calidades inferiores Huarizo (HZ) y Grueso (AG) en las tinas 2, 3 y 4 respectivamente, disminuye ligeramente el contenido de grasas y no mejora la apariencia de la fibra lavada, mientras que una dosificación menor aumenta ligeramente del porcentaje de grasa y desmejora la apariencia de la fibra lavada. Con respecto a la temperatura, para las calidades BL, y MFS el lavar a unos 2 °C mayor a la establecida en planta disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada y mejora la apariencia, sin embargo para las calidades HZ y AG no tiene mayor efecto lavar a mayor temperatura.

En el estudio de las características de la fibra de alpaca grasieta se concluye que: el porcentaje de humedad es independiente de la calidad de la fibra, el contenido de grasas se va incrementando a medida que aumenta la finura de la fibra, el contenido de cenizas es mayor en las calidades mas finas (BL y FS), el contenido de materia vegetal de la fibra de alpaca es independiente de la calidad de fibra, el pH de la fibra de alpaca se va incrementando a medida que disminuye la finura de la fibra.

En el proceso de lavado de fibra de alpaca se concluye que las mejores condiciones de lavado para esta planta de lavado se dan en un medio alcalino a pH 8 para las calidades BL, MFS e inferiores y de 8,5 para la calidad Suri , en la segunda tina, a una dosificación de detergentes 400/400/200 (ml/30seg) en las calidades BL y MFS , y de 300/300/150 (ml/30seg) en las calidades HZ y AG en las tinas 2, 3 y 4 respectivamente, a una temperatura no mayor de 45°C, para la calidad BL, de 48°C para las calidades MFS , HZ y AG y de 50 °C para la calidad Suri.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de transformación de la fibra de alpaca son de interés para el Perú, que es el mayor productor de fibra de alpaca en el mundo. La fibra de alpaca, de acuerdo a trabajos de investigación realizados, posee una gran versatilidad textil considerándola como una fibra especial valiosa.

El proceso de lavado, es el primero de los tratamientos en húmedo que experimenta la fibra de alpaca durante su manipulación y consiste en la separación de las impurezas, pues podría ser considerado como un proceso de purificación. La fibra de alpaca grasienta contiene diferentes cantidades de materia vegetal y sustancias extrañas insolubles en álcalis, materia mineral, suint y humedad (Wang *et al.*, 2003). La remoción de todas estas impurezas, tanto naturales como adicionales, es de vital importancia en la manufactura de la fibra de alpaca, puesto que su presencia obstaculizaría enormemente las operaciones subsiguientes de cardado, hilado y teñido. por tanto, la fibra debe entrar en la hilatura completamente libre de materias extrañas, a fin de que la hilandería pueda sacar el máximo provecho de ella.

Los procedimientos de lavado de fibra de alpaca son similares a los de la lana, y han sido adecuados en las plantas de lavado según la experiencia. Existen pocos estudios previos acerca de las condiciones de lavado de la fibra de alpaca, que proporcionen conocimiento para obtener una fibra lavada adecuada para el proceso posterior.

Para un estudio del proceso de lavado de fibra de alpaca, primero es necesario conocer el contenido de impurezas de fibra grasienta. Un conocimiento del contenido de estas impurezas permitirá una mejor selección de las condiciones de lavado. Motivo por el cual, primero se analizaron y evaluaron las principales características de fibra grasienta de diferentes calidades, en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pielés y Cueros de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pielés y Cueros de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Con el propósito de mejorar las características físicas (contenido de grasa y apariencia) de la fibra de alpaca lavada, es que se plantea el presente trabajo de investigación, teniendo los siguientes objetivos:

- Estudio de las principales características de fibra de alpaca grasienta para el proceso del lavado.
- Estudio de las condiciones de lavado de las diferentes calidades de fibra de alpaca.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 La fibra de alpaca

1.1.1 Propiedades de la fibra de alpaca

Es importante conocer las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la fibra para saber como influyen en el proceso de lavado. Existe poca información al respecto, en relación a la fibra de alpaca, pero, tiene cierta similitud a la lana, por ello se complementa con información de la lana.

1.1.1.1 Propiedades químicas

Acción del agua en la lana

Los enlaces iónicos entre los grupos terminales de aminoácidos ácidos (COO^-) y básicos (NH_3^+) de las cadenas laterales contribuyen, junto con los enlaces de hidrógeno, a estabilizar la estructura de la queratina seca, mientras que ambos tipos de enlace se van rompiendo a medida que la queratina absorbe agua (hasta un 34% de su peso en seco). Los enlaces disulfuro no se ven afectados por la presencia de agua, mientras que los enlaces hidrofóbicos entre cadenas apolares tienen lugar, únicamente en presencia de un elevado contenido en agua. (Makinson 1975; citado por Canal, 2005).

La fibra se vuelve más susceptible al daño químico en medio acuoso, debido a que las cadenas proteicas pueden ser ionizadas y atraer pequeñas moléculas de ácidos y álcalis. Las condiciones alcalinas son más dañinas que las condiciones ácidas. Dado que las lanas bien lavadas en un medio alcalino débil poseen un pH de extracto acuoso entre 9 y 10, y que la temperatura no suele superior a 50°C, durante esta operación no se puede producir una alteración significativa de la fibra (Cegarra, 1997).

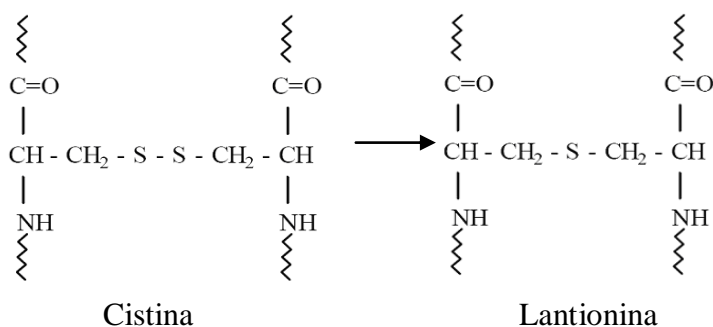
Acción de los álcalis en la lana

Los álcalis actúan principalmente sobre la queratina hidrolizando la cadena polipeptídica, atacando algún resto aminoácido y creando nuevos enlaces transversales (Gacén, 1989). Las proteínas que contienen cistina son especialmente sensibles, debido a la reacción de los enlaces disulfuro con el álcali (Maclaren y Milligan, 1981; citado por Vilchez, 2005).

Cuando la lana es atacada por los álcalis se produce una pérdida de resistencia, su color tiende a amarillear, el tacto es más áspero, depreciándose su calidad comercial. Por ello, en todos los procesos en medio alcalino, las condiciones deben ser controladas para evitar un ataque de la fibra fuera de los límites aceptados (Cegarra, 1997).

La acción de los álcalis sobre la cistina conduce a la formación de otro aminoácido, la lantionina, que se produce a través de varias reacciones intermedias, según un mecanismo de β eliminación (Figura 1) Esta conversión se inicia a pH 4 a la temperatura de ebullición y a un pH 10 a la temperatura de 45°C y en un tiempo relativamente corto, se acentúa la conversión de cistina en lantionina, aumentándose con la presencia de electrolitos. De otra parte, la presencia de los agentes tensoactivos también influye, de forma que los aniónicos tienden a disminuir ligeramente la conversión de la cistina en lantionina, los catiónicos la aumentan y los no iónicos no la alteran (Cegarra, 1997).

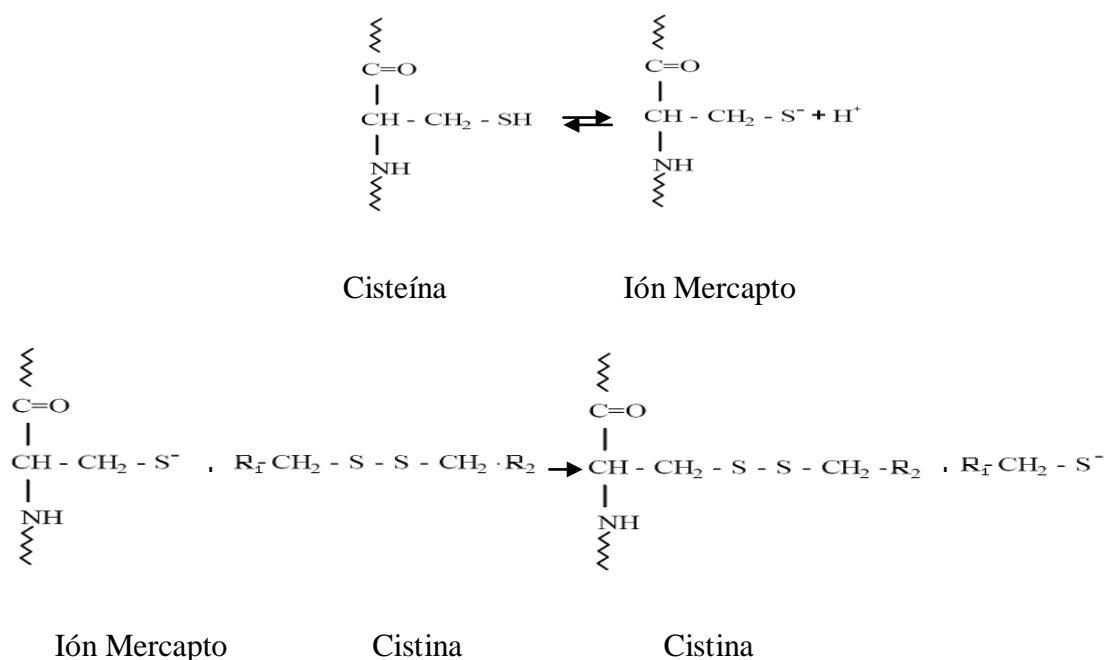
Figura 1. Conversión de Cistina en Lantionina



El hecho de que lanas lavadas en estas condiciones presenten grados significativos de alteración hay que buscarlo en el efecto de la temperatura, bien por un defecto de control durante el lavado o porque la temperatura de la secadora, trabajando en línea con la máquina de lavar, sea excesiva (Cegarra, 1997).

La cisteína de la lana, en medio débilmente alcalino, se comporta como un ión mercapto; este ión, bajo condiciones alcalinas muy suaves reacciona con la cistina produciendo un intercambio de iones mercapto. El nuevo ión mercapto puede reaccionar con otro puente disulfuro sucesivamente (Figura 2) (Zhan y Col, 1958; citado por Cegarra, 1997).

Figura 2. Conversión de Cisteína en Cistina



Dado que la mayor parte de la cistina de la lana está en forma de enlace intramolecular, mediante las reacciones anteriores que se originan en condiciones muy suaves, se crean nuevos puentes disulfuro que producen una mayor estabilización de la lana (Cegarra, 1997).

1.1.1.2 Propiedades físicas

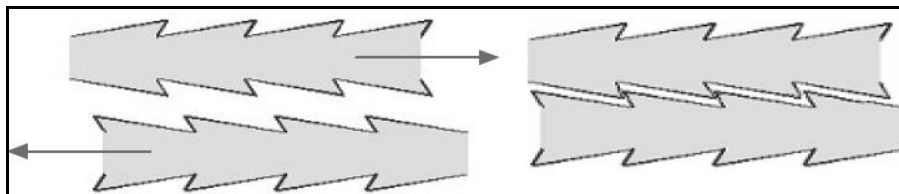
Las propiedades físicas de las fibras queratínicas dependen de forma marcada de su contenido de agua absorbida, lo que se cumple tanto para la cutícula como para el resto de la fibra. El agua actúa como plastificante, puesto que reduce las interacciones entre grupos ácidos y básicos por rotura de puentes de hidrógeno, reblandeciendo por tanto la queratina. De todos modos, los enlaces disulfuro previenen la disolución de la fibra y limitan mucho su reblandecimiento (Canal, 2005).

Afieltramiento

El afieltramiento únicamente tiene lugar en las fibras de lana y otras fibras animales y es de carácter irreversible y progresivo. Es un proceso de compactación y enmarañamiento de fibras que tiene lugar bajo agitación mecánica, fricción y presión en presencia de calor y humedad (Canal, 2005). Las escamas forman una estructura tipo rastrillo que origina un efecto de fricción direccional que tradicionalmente se ha considerado el causante del afieltramiento (Feughelman, 1997; citado por Canal, 2005).

Las fibras de alpaca se afieltran bastante pronto pero más lento que las lanas medias del mismo diámetro, ello debido a que la fibra de alpaca es más dura y rígida. La habilidad para abatanarse depende principalmente en el diferente efecto de fricción de las escamas, de la superficie, y también está influenciada por la rigidez y la elasticidad de la fibra. Las escamas tienen márgenes sobresalientes hacia la punta de la mecha y cuando se rozan de la raíz a la punta ofrecen poca resistencia. Pero rozando en la dirección contraria de la punta a la raíz, la resistencia es mayor (Figura 3) (Von Bergen, 1963; Leyva, 1979).

Figura 3. Mecanismo de Anclaje que provoca el Afieltramiento



La altura promedio de las escamas de la fibra de alpaca con un diámetro mayor a $19\ \mu\text{m}$ es aproximadamente $0,4\ \mu\text{m}$, mientras que para la lana de una finura similar es alrededor de $0,8\ \mu\text{m}$ (Phan 1988, citado por Liu *et al.*, 2009). Obviamente, este menor contorno de las escamas resultará en pequeñas diferencias entre los coeficientes de fricción en contra de las escamas y a favor las escamas, en el caso de la fibra de alpaca que las correspondientes diferencias para la lana. En general, el afieltramiento es una forma de enmarañamiento producida por el persistente movimiento de las fibras individuales, lo cual causa un efecto friccional direccional de la fibra $\sigma = \mu_1 - \mu_2$, donde μ_1 y μ_2 son los dos principales coeficientes de fricción, los que van de la raíz a la punta de la fibra. (con la escama, μ_1) y los que van de la punta a la raíz (contra la escama, μ_2), el valor de μ_2 siempre es mayor que μ_1 . Se han reportado en promedio una diferencia de 0,20 para la alpaca Huacaya, de 0,16 para la alpaca Suri, y de 0,4 para la lana. En adición, al reducirse el grosor de la cutícula, la rigidez de la unión de la fibra puede reducirse. Para la fibra de alpaca, la frecuencia de las escamas es mayor, 9 escamas por cada $100\ \mu\text{m}$, mientras que para la lana es de 4 escamas por cada $100\ \mu\text{m}$. Esto resulta en una superficie más suave para la fibra de alpaca que para la lana (Liu *et al.*, 2009).

Las fibras de alpaca tienen una mayor frecuencia de escamas que la lana y sabiendo que el levantamiento de las escamas se produce cuando las fibras están mojadas, por que hay más puntos de contacto fibra / fibra. Esto podría explicar, en parte, la alta propensión de la fibra de alpaca de afieltrarse (Liu *et al.*, 2009).

Higroscopicidad:

La higroscopicidad se define como la capacidad que poseen todas las fibras textiles para absorber agua de la atmósfera que la circunda, de retenerla tenazmente y de eliminarla (Hellman, 1965; citado por Leyva, 1979).

El poder higroscópico de la lana le permite absorber hasta un 30 % de humedad ambiente sin mojarse e impide la electricidad estática (De Gea, 2004). Los poderes de absorción de humedad por la fibra de alpaca son similares a los de la lana (Von Bergen, 1963; citado por Leyva, 1979).

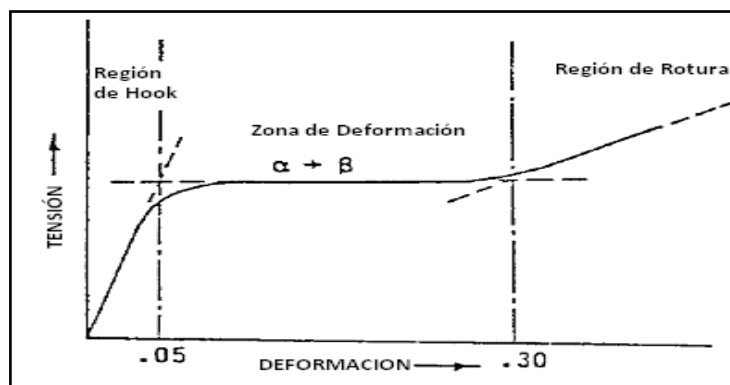
Se observó que la grasa o suarda actúa como una funda de la fibra, para protegerla e impedir la penetración de la humedad, se comprobó que una vez lavada, denota higroscopicidad con mayor intensidad (Rohde, 1965; citado por Leyva, 1979).

La tasa de humedad ha de tenerse muy en cuenta para determinaciones de la resistencia, elasticidad o extensibilidad, ya que puede verse seriamente modificada, por lo que se ha de trabajar siempre con tasas normales de humedad. Por la misma razón y ante los aumentos de peso por absorción de agua en medios atmosféricos húmedos, la determinación del rendimiento ha de hacerse a una temperatura de 21°C y humedad relativa del ambiente del 65%.

1.1.1.3. Propiedades mecánicas**Diagrama Tensión – Deformación de la Lana:**

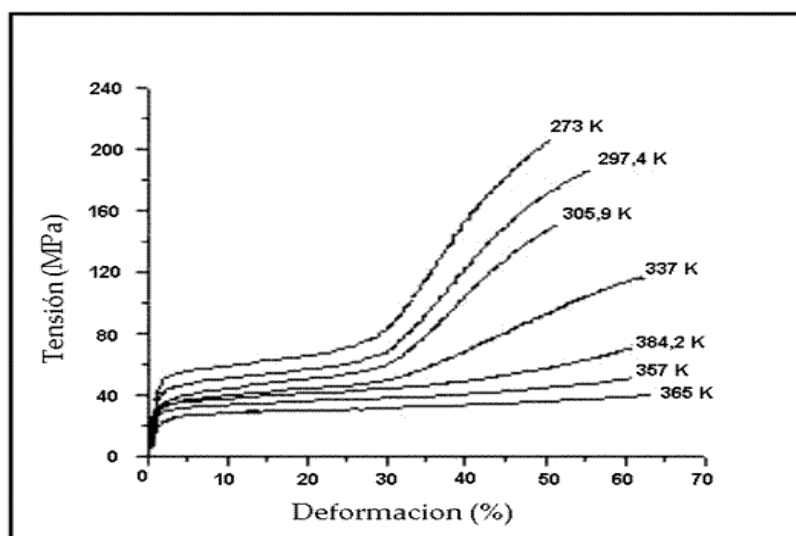
Las propiedades mecánicas de la lana, representadas en un gráfico de tensión deformación (Figura 4), presenta tres zonas bien definidas. Una primera zona, región de Hook, donde la tensión crece rápidamente hasta una deformación del 12%, luego la región de alta deformabilidad, donde las deformaciones crecen rápidamente hasta 25-30% para pequeños incrementos de tensión. Finalmente, la región de rotura, donde el gran aumento de tensión es acompañado por el de las deformaciones, entre 35-55%. Las relaciones de las pendientes en cada región de la curva ($\sigma - \varepsilon$) pueden expresarse como 100:1:10 (Zolotucho *et al.*, 2003).

Figura 4. Diagrama tensión-deformación de la fibra de lana, mostrando la zona de deformación asociado con la transformación $\alpha \rightarrow \beta$.



Las propiedades mecánicas de la lana varían fuertemente con el contenido de humedad y la temperatura (Figura 5). Para fibras secas y no dañadas, la tensión de rotura se encuentra entre 150-220 MPa¹, mientras que en fibras húmedas la tensión resulta de solo 70-80% de ésta. Con la deformación ocurre exactamente lo contrario. Se observa que las tensiones de rotura disminuyen al aumentar la temperatura, desapareciendo la diferenciación de fases. La deformación de rotura aumenta con la temperatura (Zolotucho *et al.*, 2003).

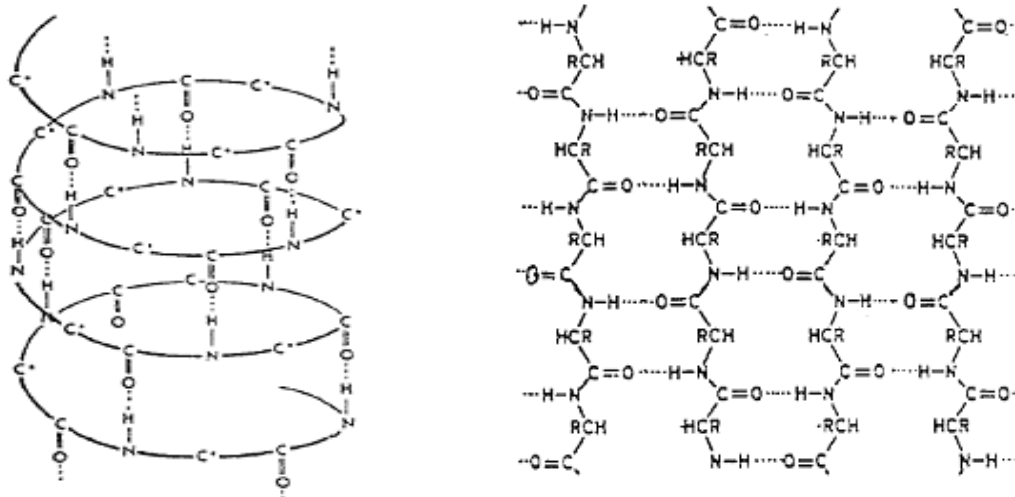
Figura 5. Diagrama tensión-deformación de la fibra de lana a diferentes temperaturas



¹ 1 MPa = 10⁶ N/m²

La fase α , de la región de alta deformabilidad a partir de la región lineal, donde las cadenas polipéptidas están dispuestas en espiral, que al ser estirada se desarrolla provocando la reducción de las distancias de los enlaces laterales; simultáneamente aumenta la cristalinidad de la estructura hasta llegar al más alto grado de cristalinidad o fase β , la región de rotura. Este mecanismo es conocido en la literatura como transformación α - β (Figura 6). La estructura de α -hélice, se encuentra estabilizada por enlaces intramoleculares de hidrógeno adoptadas por las proteínas fibrilares de la de fibra sin deformar, mientras que la estructura β está estabilizada por enlaces puente de hidrógeno intermoleculares, adoptadas por las zonas de las fibrillas cuando la fibra se extiende en la zona final de deformación (Zolotucho, 2003).

Figura 6. Representación esquemática de la estructura de α -hélice (derecha) y estructura β -hélice (izquierda)



1.1.2 Impurezas de la Fibra de Alpaca

La lana usualmente contiene grasas (excreción de las glándulas sebáceas), suint (excreción de las glándulas sudoríparas), impurezas inorgánicas (arcilla y arena), impurezas orgánicas (orina, excremento, componentes orgánicos de la tierra), materia vegetal y agua (Wood, 1985). La fibra de alpaca contiene las mismas

impurezas pero en diferente proporción, la fibra de alpaca contiene menos grasa y suint que la lana sucia (Wang *et al.*, 2003). Es necesario tener un conocimiento exacto de estas impurezas para su adecuada remoción durante el proceso de lavado.

Las impurezas de la fibra de alpaca, impurezas de tierra y materia vegetal son en promedio 9,7 % en alpacas Huacaya y 9,1% en alpacas Suri (Cuadro 1)

Cuadro 1. Impurezas de la Fibra de Alpaca

Impurezas (%)	Huacaya		Suri	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Soluble en éter	1,8	1,2 – 2,5	1,3	1,3 – 2,7
Soluble en agua	1,0	0,6 – 1,2	1,4	1,1-2,4
Tierra y Materia Vegetal	7,0	3,3-10,0	6,2	4,7-7
Total	9,7	6,3-10,5	9,1	8,1-11,2
Fibra Limpia	90,3	86,6-93,7	90,9	88,8-91,8

Fuente: Leyva (1979).

De acuerdo a su procedencia las impurezas se clasifican en naturales, adquiridas y aplicadas. Las impurezas naturales derivadas de las secreciones del animal: suint, grasa y orina. Las impurezas adquiridas son el resultado del medio ambiente del animal e incluyen materia vegetal, polvo, etc. Las impurezas aplicadas que son usados para la identificación y tratamiento práctico de las enfermedades incluyen: pinturas, marcas y medicamentos antiparasitarios (Cuadro 2)

Cuadro 2. Relación de Impurezas Totales presentes en la Lana.

Clases de impurezas	Tipos de impureza	Observaciones	Formas de remover las impurezas
Naturales	Secreciones como: El sudor o suint Las grasas o ceras.	Siempre están presentes en todos los tipos de lana.	Mediante el lavado o descruado en baños acuosos u otras formas.
	Acreciones: Fibras Negras Kemps, etc. Pelos Canizos.	Impurezas características o por generación – fibras dañadas.	Mediante la clasificación de la fibra.
	Excreciones: Estiércol Orina, etc.	Siempre están presentes.	Mediante clasificación y lavado o descruado.
Adquiridas	De Origen Animal como: Insectos, bichos (sarna, garrapata, piojo), etc.	—	Mediante el cardado (en la hilatura).
	De Origen Vegetal como: Restos de hojas, semillas, paja, grama seca, etc.	Cogidos por el animal durante el pastoreo.	Mediante el cardado y también mediante el carbonizado con ácido sulfúrico
	De Origen Mineral: Tierra, Polvo, Arena y sales.	Son impurezas tomadas del medio ambiente.	Mediante el lavado, sacudido, etc.
Aplicadas	Brea, Pintura, Tizas, Sellos, Insecticidas y Otros.	Para Identificación, como antisépticos.	Mediante la clasificación y lavado o descruado.

Fuente: Fuertes (1993).

1.1.2.1 Impurezas naturales (grasas y suint)

Son debidas a la secreción de las glándulas sudoríparas y sebáceas, variando su cantidad con el régimen alimenticio del animal. Se pueden subdividir en suint y grasa.

Grasas

Los principales componentes de la “grasa” ovina son ésteres de alto peso molecular, formados por una mezcla de esteroides, alcoholes alifáticos y dioles, combinados con cadenas rectas, cadenas ramificadas y ácidos grasos hidroxilados. Algunos constituyentes menores son alcoholes libres y ácidos (Stewart, 1985).

Para propósitos de la tecnología de lavado, las grasas son divididas en oxidadas y sin oxidar (Wood, 1985). La grasa sin oxidar es removida fácilmente pero se redeposita en la fibra, mientras que la grasa oxidada es más difícil de remover, pero no se redeposita en la fibra. La grasa oxidada está localizada en la punta de la fibra y presenta una gran exposición al aire, sol y agua. (Datyner, 1983). La grasa sin oxidar, está localizada en las raíces y presentan poca exposición después de su excreción de la glándula sebácea. Las dos fracciones están presentes en iguales proporciones (Wood, 1985).

El rol de la grasa oxidada es formar complejos con otros varios contaminantes, tales como capas proteínicas contaminantes (los cuales consisten principalmente de péptidos solubles y pedazos de piel insolubles) y suciedad, tiene consecuencias tanto para la remoción de las impurezas así como el tratamiento de efluentes. Mientras la grasa oxidada solo forma el 5% del total de la grasa, un complejo conteniendo grasa oxidada actúa como si todo lo fuera (Wang *et al.*, 2003).

La grasa sin oxidar se remueve principalmente en la primera tina, en la cual generalmente se deposita una baja concentración de detergente, y la grasa oxidada principalmente es removida en las siguientes tinas de lavado (Datyner, 1983).

La grasa oxidada y sin oxidar tienen puntos de fusión alrededor de 40°C. Debido a que la eliminación de las grasas mediante soluciones detergentes es lenta y difícil, 40°C es la temperatura mínima en la que las soluciones de lavado son efectivas para remover las grasas (Wood, 1985).

Suint:

Esta formada por sales inorgánicas y orgánicas, así como por algo de úrea y aminoácidos y un gran porcentaje de sales de potasio de ácidos orgánicos como la lisina y tirosina. Todas estas sales son solubles en agua caliente ($>30^{\circ}\text{C}$), por lo que se eliminan con ella dando una disolución cuyo pH oscila de 5,5 a 7,8 pudiendo actuar como jabón a un $\text{pH} > 9$. Por lo tanto el suint tiene un rol importante como detergente si las condiciones son alcalinas (Wang et al., 2003). El suint es, por lo tanto, un jabón en si mismo. Consecuentemente, el primer baño del lavadero suele ser usado para eliminar el suint, siempre y cuando se utilice este tipo de baño y se desee aprovechar las propiedades detergentes del suint, el primer baño de desuintado (suint bowl) debe mantenerse un pH mínimo de 9,0. Es un tema a debatir si el contenido de suint de las fibras justifica dedicar el primer baño a desarrollar su poder de detergencia.

El suint está compuesto de una fracción rápidamente soluble y una fracción que se disuelve con relativa lentitud (Bateup, 1986).

1.1.2.2 Impurezas adicionadas

La alpaca al igual que la oveja, durante su existencia, recoge materias extrañas a la fibra y a sus propias secreciones, que la impregnan o se adhieren a ella, como son: tierra, arena, partículas vegetales de diversas especies, algunas veces otros pelos de animales con los cuales ha estado en contacto, etc.

El contenido de impurezas de la fibra de alpaca, impurezas de tierra y materia vegetal es de un promedio de 7,0 % en alpacas Huacaya tuis (de 1 año de edad) y en Suris un promedio de 6,2 % (Villarroel, 1959; citado por Marín, 2007).

Materia Vegetal

Son impurezas adquiridas tomadas por el animal en la pastura, ellas pueden ser sustancias vegetales como semillas, hojas, etc.

Son muy diversas las clases de cadillo y materias vegetales. Podemos citar entre ellas diversas familias: *Erodus Gygnorum*, *Hordeum leoprinum*, etc. que pueden presentarse en los más diversos tamaños y formas: rizos, formas de flecha, formas esferoidales más o menos provistas de puntas, formas de agujas y otras (Codina, 1973).

La materia vegetal no es removida de manera significativa en el proceso de lavado, pero tiene un efecto indirecto debido a que la presencia de abundante materia vegetal puede mantener unidas a las fibras, lo que dificulta la penetración de las soluciones detergentes en la lana y por lo tanto, la eliminación de impurezas (Wood, 1985). Su eliminación total comprende no solo el lavado de la lana, sino operaciones posteriores como son el cardado y el carbonizado.

Para el peinado se aceptan valores menores de 2% y para el cardado hasta un 20% de materia vegetal (Aliaga, 2000). La presencia de estas materias interfiere en el movimiento de las fibras durante el estirado, produciendo roturas en la continua (Naik, 1995).

Suciedad

En cuanto a la suciedad presente sobre la fibra, debemos tener presente que, cuanta más gruesa es la fibra, menor cantidad de ella contiene, por lo que las lanas finas están más perjudicadas en este aspecto. El lavado de lanas que contengan mucha suciedad constituye un riesgo que puede afectar el total del lote, las aguas de lavado se saturan pronto, y el producto lavado, enjuagado con aguas sucias, es raramente muy blanco (Codina, 1973). La suciedad esta 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. El porcentaje de ceniza es mayor en el primer baño, disminuyendo progresivamente en los siguientes (Bateup, 1986).

- **Suciedad Inorgánica**

Arena y partículas de arcilla varían de grandes granos a partículas coloidales.

Durante el proceso de lavado, los granos de arena tienen que ser eliminados

mediante acción mecánica. Las partículas de arcilla, debido a su conocida actividad superficial, probablemente no existen solas, pero deberían estar juntas a la materia orgánica y grasa. Ellos son removidos por mecanismos de detergencia (Wood, 1985).

- **Suciedad Orgánica**

La suciedad orgánica es de vital importancia desde la introducción de técnicas de lavado usando pequeños volúmenes de agua. En el lavado tradicional pequeñas cantidades de suciedad orgánica residual son removidas en el enjuague, cuando el enjuague se reduce drásticamente la lana lavada presenta una apariencia gris inaceptable. La suciedad orgánica se origina en la materia fecal, en células muertas y posiblemente en componentes orgánicos de tierra. La razón para la persistencia de estas partículas a lo largo del proceso de lavado convencional y la dificultad en que esta sea removida de la fibra todavía no es comprendida (Wood, 1985).

1.1.2.3 Impurezas aplicadas

El ganadero marca sus animales para distinguirlos con señales que le son únicas. Tales marcas pueden ser efectuadas con diversos tipos de productos, unos caros y eficaces y otros baratos, aunque igualmente eficaces en cuanto a la señalización, capaces de crear una serie de problemas en la utilización posterior de la lana, debido a su dificultad de eliminación (Codina, 1973).

Si se pretenden eliminar dichas marcas no solubles a los baños de lavado, mediante recorte de las mismas, nos hallamos frente a una merma en el peso de la materia, juntamente con el hecho de tener que abonar el coste de la mano de obra necesaria para ello, y corriendo el peligro de que no se recorte del todo la parte marcada y siga adelante parte del alquitrán con los consiguientes perjuicios (Codina, 1973).

1.1.2.4 Clasificación de impurezas de acuerdo a su comportamiento en el proceso de lavado

Las impurezas de la lana grasienta pueden clasificarse en impurezas fáciles y difíciles de remover. La grasa sin oxidar, la mayoría de la grasa oxidada, el suint fácilmente soluble y la suciedad orgánica, proteínica, y mineral son las impurezas que son fáciles de eliminar. Una pequeña fracción de la grasa oxidada, el suint difícilmente soluble, la suciedad mineral y las capas proteínicas adheridas a la lana son los contaminantes que son difíciles de remover. Cerca del 90% de las impurezas son fáciles de remover (Wang *et al.*, 2003).

Dado que las impurezas se eliminan en un medio acuoso, otra forma de clasificarlas, es agruparlas en relación con su solubilidad en el agua y a su reactividad con las soluciones detergentes, pues de esta forma, aquellas que son solubles en agua no necesitarían el concurso de agentes tensoactivos, al menos teóricamente. Las que no cumplen dicha condición, requerirán la acción de compuestos químicos que reaccionando con ellas según su afinidad química o bien captándola mediante fenómenos tensoactivos, darían origen al proceso de su eliminación (Cegarra, 1997).

Materias inorgánicas y orgánicas solubles en agua

En la lana generalmente se encuentran en gran cantidad, preferentemente, como sales potásicas, constituyendo el principal componente del suint (Cegarra, 1997).

Dada su solubilidad en agua, bastaría ésta para su eliminación, eligiendo adecuadamente la temperatura de tratamiento. Sin embargo, en muchos procesos se adicionan agentes tensoactivos de tipo humectante, a fin de facilitar la humectación de la materia textil y con ello la rapidez de la solubilización de las impurezas (Cegarra, 1997).

Materias inorgánicas insolubles en agua

Se encuentran en la fibra como consecuencia del ciclo biológico de la fibra. La presencia de sales de hierro en la fibra de lana, si bien en pequeña cantidad, suele ser un inconveniente para obtener un adecuado grado de purificación de la fibra mediante el empleo de los métodos habituales (Cegarra, 1997).

Materias orgánicas insolubles en agua, con reactividad en la solución de limpieza

Encontramos aquí aquellas sustancias tales como los ácidos grasos que por saponificación en el medio alcalino, permisible para la fibra, se convierten en agentes tensoactivos, jabones durante el mismo proceso de limpieza, facilitando también enormemente la eliminación de las impurezas (Cegarra, 1997).

Substancias orgánicas insolubles en agua no reactivas con la solución de limpieza

Comprende este grupo una gran cantidad de sustancias cuya eliminación se logra como consecuencia de los fenómenos involucrados en la globalidad del proceso detergente: humectación, emulsificación, dispersión, etc. Estas sustancias acompañan a las fibras, por ejemplo, los alcoholes y grasas de elevado peso molecular. Por lo que es necesario que la solución de lavado reúna un conjunto de propiedades que permita la eliminación conjunta de todas estas impurezas (Cegarra, 1997).

1.1.2.5 Mecanismo de remoción de las impurezas

Es un proceso rápido que depende del tiempo de permanencia de la fibra en un medio acuoso (Stewart, 1985). Cuando la agitación se aplica, la suciedad y la grasa son desalojados dentro de la solución de lavado y la suciedad remanente se

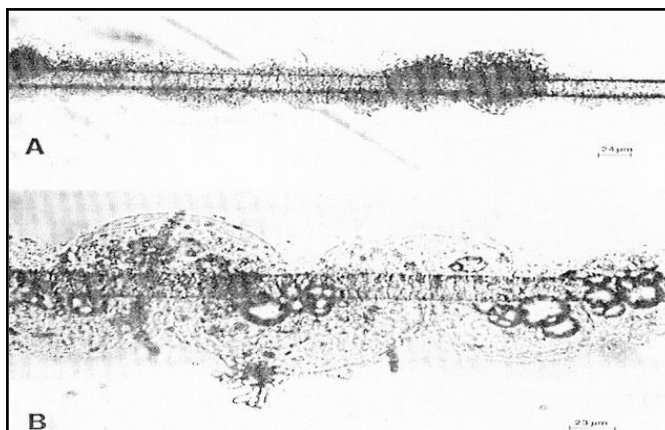
encuentra en suspensión debido a los tensoactivos adsorbidos que actúan estabilizando las emulsiones y suspensiones. Por lo tanto, los contaminantes se separan de las fibras y se convierten en parte del baño del lavado. La grasa tiende a permanecer emulsionada y se debe separar de la solución acuosa para evitar problemas de la contaminación. La suciedad tiende a sedimentarse después de un tiempo en la parte inferior del recipiente del lavado donde puede ser eliminada y separada. La proporción de polvo que no está asociada a la grasa se puede eliminar antes de lavado, de lo contrario se colocará en la parte inferior de las tinas durante el lavado (Wang *et al.*, 2003).

La secuencia de remoción de contaminantes es generalmente como sigue:

- Penetración de la grasa mediante agua y detergente seguido por un rápido hinchamiento de la grasa y de los contaminantes proteínicos.
- La formación de glóbulos de grasa (en particular sin oxidar) dentro de la masa hinchada.
- La remoción de contaminantes fáciles de remover, los que no se encuentran fuertemente unidos a la superficie de la fibra.
- La remoción parcial de los contaminantes difíciles de remover tales como los contaminantes proteínicos adheridos a la fibra en forma de grasa compleja y suint.

Una evaluación de la lana grasienta bajo el microscopio no muestra una clara diferenciación entre la grasa, suciedad y suint, aunque algunas veces se pueden identificar partículas individuales. Los contaminantes aparecen como suciedad heterogénea depositada irregularmente y esa es la condición con la que la lana ingresa a la solución de lavado (Figura 7) (Stewart, 1985).

Figura 7. Microfotografías de la separación de impurezas de la fibra de lana.



- (A) Fibra de lana sucia en una solución de miristato de sodio a 50°C;
 (B) Lana exhaustivamente lavada pero todavía recubierta del complejo suciedad expandido en una solución de miristato de sodio a 60° a la espera de pasar por los cilindros exprimidores.

La impureza adherida a la fibra de lana sumergida en la solución de lavado (aproximadamente 10s) absorbe el agua y se hincha muy rápidamente, alcanzando un diámetro de tres o cuatro veces el diámetro de la fibra, formando de esta manera un complejo mecánico fuerte. Este complejo, una vez expandido, puede, si bien de manera lenta, desintegrarse y emulsionarse espontáneamente de manera no confiable y rara vez completa. Sin embargo, el complejo es removido fácilmente por una acción mecánica apropiada, como es el caso del rápido flujo de agua en el punto de pinzado de los rodillos exprimidores (Stewart, 1985).

Las impurezas en solución acuosa estática podrían dispersarse de forma espontánea y emulsionar a través de un proceso lento y poco fiable, que rara vez garantizarían el efecto deseado. Por el contrario, la suciedad puede removerse bien a través de una correcta agitación y velocidad de los rodillos de exprimido. Una alta eficiencia de la remoción de las impurezas se puede conseguir con una agitación a una velocidad relativa (entre 10 y 16 cm/s) de la solución de lavado con respecto a la lana, mientras que la velocidad periférica de los rodillos de exprimido [velocidad tangencial cilindros exprimidores] (entre 4 y 12 cm/s) genera un flujo de agua que favorece la eliminación de las impurezas de las fibras (Carissoni *et al.*, 2002). El lavado de las fibras animales es el resultado del trabajo mecánico de los cilindros exprimidores (Adot, 2010).

La interacción depende del tamaño de la superficie de adherencia de las impurezas, mientras más grande será más fácil su extracción, y si es más pequeño su remoción será más difícil. Se ha probado que partículas con un radio inferior a $0,2 \mu$ no pueden ser eliminadas mediante un lavado (Costa, 1990).

Las sustancias insolubles son difíciles de eliminar por la variedad de fuerzas que las mantienen ligadas a ellas. Las fuerzas mecánicas, las fuerzas de Vander Walls y las fuerzas electrostáticas de Coulomb son las responsables de la retención de estos productos por la fibra (Costa, 1990).

Rol de la Capa Contaminante Proteínica (PC) en el mecanismo de remoción de las impurezas

- i) Este contaminante puede representar hasta un 5% del peso sucio y está constituido por escamas de piel y desechos celulares. La PC no forma una capa continua sobre la superficie de la fibra. Es altamente probable que las escamas superpuestas en diferentes partes del largo de la fibra, especialmente en su punta, formen una barrera efectiva a la remoción de grasa y tierra (Bateup, 1986).
- ii) La contaminación proteica, una vez adherida a la fibra, es de difícil remoción. El contaminante proteico puro tiene una coloración blanca, similar a la caspa, de manera que el contaminante residual puro no debiera afectar significativamente el color de la lana lavada. Sin embargo, este contaminante tiende a darle a la fibra una apariencia grisácea que no representa problema alguno, ya que tiende a desprenderse durante los siguientes procesos textiles, en particular el cardado. La eliminación de las escamas de piel y desechos celulares del contaminante proteico es deficiente en los lavaderos donde, para minimizar el afieltrado de la fibra, no se agita el baño. Este contaminante no debe preocupar, por ser fácilmente eliminado por la acción mecánica de los siguientes procesos textiles (Bateup, 1986).

1.1.3 Clasificación de la fibra de alpaca

Entre los principales factores que se toman en cuenta para la clasificación de la fibra de alpaca y lana son: raza, finura, color, longitud, suavidad y limpieza. Sin clasificación, hay una mezcla de fibras de diferentes longitudes y finuras. En cuanto a la característica de longitud, se puede orientar para el proceso de peinado las fibras largas y para el sistema cardado las fibras cortas.

Existen dos razas de alpaca: la Huacaya, cuyo vellón está compuesto por fibras finas perpendiculares al cuerpo, de buena longitud y presencia de ondulaciones; y la Suri, que se caracteriza por tener fibras más finas que la Huacaya, agrupadas en mechas espiraladas o rizadas, que crecen paralelas al cuerpo. El color de la fibra es variado, va del blanco al negro y presenta tonalidades de marrón claras y oscuras, también la gris plata y el color vicuña. El vellón resultante puede ser de colores únicos o mezclados. Sus fibras presentan una alta variabilidad en color, diámetro medio, longitud, resistencia a la tensión, elasticidad, flexibilidad y otras características. La producción media de vellón bruto es de 1,6 kg. cada dos años, los que se reducen a un 85% de fibra limpia (Brenes *et al.*, 2001).

La clasificación de la fibra de alpaca según norma técnica peruana se presenta en el Cuadro 3. Con respecto a la finura, se refiere que a nivel nacional, el 20% de la producción está dado por fibra Alpaca Huarizo (fibra gruesa, mayor de 29 micras), el 46% por fibra Alpaca Medium Fleece (fibra semifina, entre 26.6 a 29 micras), el 22 % por fibra de Alpaca Fleece (fibra fina, entre 23,1 a 26,5 micras) y sólo el 12% está conformado por fibra Alpaca Baby (fibra extra fina, menor de 23,1 micras) (De Los Ríos, 2006).

Cuadro 3. Clasificación de Fibra de Alpaca.

Clasificación	Finura (μ)	Largo (mm)	Humedad Máx. (%)	Sólidos Minerales Máx. (%)	Grasa Máx. (%)
Alpaca baby	Hasta 23	65	8	6	4
Alpaca fleece	23,1 a 26,5	70	8	6	4
Alpaca médium fleece	26,6 a 29	70	8	6	4
Alpaca huarizo	29,1 a 31,5	70	8	6	4
Alpaca gruesa	Mas de 31,5	70	8	6	4
Alpaca corta	***	20 a 50	8	6	4

Fuente: NTP 231.301 – 2004

3.1.4 Composición de la fibra grasienta

En el Cuadro 4, podemos observar que el vellón de alpaca contiene 14% de humedad (bajo condición estándar de 65% de H.R.² y 20°C de temperatura), 85% de fibra limpia y la diferencia constituye sustancias de origen glandular, como grasas, sudor, residuos de excoriaciones epidérmicas, impurezas del medio ambiente y materia vegetal (Villarroel, 1991; citado por Huaytara, 2007).

Cuadro 4. Composición de Fibras de Alpacas (Rangos Mínimo y Máximo).

	Alpaca Huacaya Color	Alpaca Huacaya	Alpaca Suri
Fibra (%)	85 – 95	68 - 88	75 - 90
Grasas (%)	1,8 – 2,8	1,0 – 5,0	1,0 – 5,0
Suint (%)	1,1 – 2,2	2,0 – 6,0	1,0 – 4,0
Humedad (%)	7,5 – 9	6 - 8	6 - 8
Suciedad (%)	3 – 11	10 - 25	5 - 15

Fuente: Duga (1985).

² H.R.: Humedad Relativa

El Cuadro 5, muestra la composición de la fibra de alpaca en comparación con la lana. La fibra grasienta de la alpaca contiene menos grasa y suint que la lana grasienta. (Wang *et al.*, 2003).

Cuadro 5. Comparación entre la Composición de Fibra de Alpaca y Lana

Composición	Lana Merino	Alpaca
Fibra (%)	49	75-82
Suciedad y Material Vegetal (%)	19	3-10
Agua (%)	10	12
Sudor (%)	6	1
Grasa (%)	16	1-3

Fuente: Wang *et al.* (2003).

1.1.5 Características de la fibra grasienta

1.1.5.1 Rendimiento al lavado

Es la característica no técnica de mayor importancia que informa sobre la cantidad total de fibra disponible, también es considerado como la relación resultante entre el peso de la muestra sucia y la muestra limpia y seca, incrementada en un 16 % de humedad estándar (De Gea, 2004). Durante el proceso de lavado se eliminan secreciones glandulares, escamaciones epiteliales e impurezas adquiridas. Las impurezas adquiridas, pueden ser elementos minerales, polvo, arena, tierra, materia vegetal (semillas, paja y estiércol), sangre y orina (Zarate, 1982; citado por Baquerizo, 2000).

El rendimiento al lavado en la fibra de alpaca, supera ampliamente a la lana de ovino debido a la poca cantidad de grasa de la superficie corporal (Bustinza, 2001). Presenta un rendimiento mayor de 80% (Calle, 1982), con un rango de 88 a 91.8 % (Von Bergen, 1963), un promedio de 84,68% (Reviallata, 1987; citado por Marín, 2007) y puede elevarse, bajo un mejor manejo de alimentación. Por

otro lado, el rendimiento al lavado se incrementa cuando la crianza de las alpacas están a un mayor nivel tecnológico, 88,41% en empresas asociativas comparado con un 84,08% obtenidas en comunidades campesinas (Osorio, 1986).

El rendimiento de la fibra de alpaca varía según:

- La edad del animal.
- Calidad seleccionada (finura).
- Tipo de alpaca (Huacaya y Suri).

1.1.5.2 Diámetro

Es el grosor o finura de la fibra, se mide en micras (μ). El diámetro de fibra es un parámetro físico que determina el uso de una fibra textil.

El diámetro de la fibra tiene efecto sobre el nivel de afieltramiento de la fibra durante el lavado, por ejemplo, para una masa de unidad dada, las lanas más finas tienen una mayor superficie, más grasa y suciedad, y un mayor número de fibras, por lo que requieren una mayor cantidad de detergente para eliminar los contaminantes, especialmente las grasas. Además, para un volumen dado, las lanas más finas tendrán más contacto fibra/fibra, lo que ocasionaría un mayor afieltramiento. Las lanas más finas por lo tanto se afieltran más (Liu *et al.*, 2010).

En cuanto a la suciedad presente sobre la fibra, debemos tener presente que, cuanta más gruesa es la fibra, menor cantidad de ella contiene, por lo que las lanas finas están más perjudicadas en este aspecto (Codina, 1973).

1.1.5.3 Contenido de grasa

La grasa total de la fibra o lana es el producto de las secreciones de las glándulas sebáceas y sudoríparas, cuya principal función es de lubricar a la piel y la fibra, protegiéndolas de la acción de agentes externos. Al tener las fibras finas una mayor dotación folicular y estar tanto los folículos primarios como secundarios provistos de glándulas sebáceas, la cantidad de grasa será proporcionalmente mayor a la del resto de fibras (De Gea, 2004).

El contenido graso de fibra de alpaca sucia en diferentes edades de alpacas es en promedio $2,25 \pm 0,80\%$ para el primer año de edad y $2,13 \pm 0,82\%$ al sexto año de edad (Osorio, 1986).

1.1.5.4 Contenido de ceniza

Es parte del contenido de materia mineral, existente en una pequeña cantidad de fibras que parece estar como constituyente esencial de la fibra misma. Ésta es dejada como ceniza cuando la fibra es incinerada (Carpio, 1978).

1.1.5.5 Materia vegetal

El ganado lanar, durante el pastoreo y en su roce con los arbustos y plantas, coge una gran cantidad de materia vegetal que queda adherida a la lana que forma su recubrimiento. Tales impurezas son causa de graves complicaciones en su transformación si no se eliminan convenientemente (Codina, 1973).

La materia vegetal en fibra sucia de alpaca, impurezas de la fibra, impurezas de tierra y materia vegetal presenta promedios de 7,0 y 6,2 % en fibra de alpacas Huacaya y Suri, respectivamente (Villaruel, 1959).

1.1.5.6 Longitud

La longitud es la característica que sigue en importancia al diámetro, conjuntamente con el diámetro determinan las propiedades manufactureras del material textil (Santana, 1978; citado por Marín, 2007). Este parámetro tipifica la materia prima para la hilandería y junto con el diámetro de las fibras define el precio final de la lana peinada. Representa el promedio de longitud de las mechas en el lote y se mide en milímetros (Elvira, 2004).

En contraste con el diámetro, el largo de fibra promedio cambia continuamente durante el proceso, en la cual el 40% de las fibras se rompe durante el cardado. La

cantidad de rupturas depende en la mayor parte de la resistencia de la fibra y de la calidad del lavado (Esminger, 1973).

Las fibras más largas presentan problemas de arrollamiento en los rodillos exprimidores, por lo que se recomienda un chorro de agua sobre la parte superior de los rodillos.

1.1.5.7 Resistencia

Es la fuerza que ofrece la fibra al ser estirada sin que ésta se rompa. Es una característica importante para tomar en cuenta en los procesos siguientes (cardado, peinado, tejido, etc.) (Esminger, 1973).

Durante el crecimiento estacional las fibras de lana van variando su diámetro medio a lo largo de su longitud debido a cambios en la nutrición, fisiológicos, enfermedades, manejo, etc. El resultado es que el diámetro individual de cada fibra varía algunos micrones a lo largo de su desarrollo, y durante el proceso industrial se producen quiebres en las secciones más finas de las fibras. Desde el punto de vista industrial, si las fibras se rompen cercanas a la base o punta de la mecha, contribuyen a aumentar el bajo carda o el subproducto del peinado (Noil o Blousse). Si en cambio las fibras rompen en su parte media, no se ve afectado el aumento del subproducto pero afecta a la longitud media final de la lana peinada (Hm). Por estas razones, son importantes la resistencia de la mecha y la posición donde estas se quiebran (Elvira, 2004).

El cuadro 6 muestra la resistencia de fibras de alpaca Suri y Huacaya en comparación con tops de lana, encontrando que a mayor cantidad de fibras la resistencia de la lana es similar a la de la fibra de alpaca, demostrando que la resistencia de la fibra de alpaca es significativamente más alta que la lana.

Cuadro 6. Resistencia de las Fibras a la Rotura

Propiedad Medida	Suri		Huacaya		Tops de Lana Media	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
Nº de fibras	20	20	20	20	400	400
Diámetro(μ)	25.6	23.1	25.3	28.9	25.8	26.7
Rango (μ)	16.4 - 41	16 - 32	22.8 - 31.2	25.2-33.2	15 - 36	16 - 39
Esfuerzo a la Rotura gr x cm ² x10 ⁶	1.53	0.9	2.23	1.38	1.44	1.33
Desviación Estándar	0.24	0.15	0.4	0.16	0.26	0.26
Elongación (%)	33.8	43.5	37.3	51.2	34.2	51.6
Desviación Estándar	3.2	3.0	2.4	3.1	9.2	6.7

Fuente: Villarroel, 1952; citado por Leyva, 1979

1.1.5.8 Color

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 cuales no. En la industria, sin embargo, el color que interesa es el que presenta la lana luego de que ha sido lavada, o sea luego que fueron quitados la suarda, y el polvo que desaparecen con el lavado. Hay lanas que presentan alguna coloración que no desaparece con el lavado, por lo que son limitados los colores a los que pueden ser teñidas (solo pueden ser teñidas con colores oscuros) (D'Andrea, 2000).

El color en sucio es un mal indicador del color de la lana limpia, en el cual esta interesado el fabricante (Pattinson y Whiteley, 1984). El color de la lana de los vellones en sucio es muy variable. La oveja toma sobre sí cualquier materia del suelo en que vive, que puede ser muy variable, de manera que el color de la lana sucia no indica necesariamente el que tendrá una vez eliminadas las impurezas. (Codina, 1973).

En el cuadro 7 se muestra la clasificación de la alpaca por colores. Los colores naturales de la fibra de alpaca, para efectos de clasificación se han dividido en colores definidos, colores de combinación de fibras y colores de mezcla de mechas. Dentro de los colores definidos existen tonalidades que van del blanco al negro, pasando por crema y café. Los colores de combinación de fibras están

conformados por diferentes tonalidades de grises. Los colores de mezcla de mechas son la tonalidad de pintado (Antúnez *et al.*, 1996).

Cuadro 7. Clasificación de la alpaca por colores.

Colores enteros		Colores canosos	
B:	Blanco	BMC:	Blanco manchado Claro
LFX:	Beige	BMO:	Blanco manchado Oscuro
LFY:	Vicuña	GC:	Gris Claro con canas blancas
OTROS			
LFZ	Vicuña Intenso	NM	Negro Manchado
CC	Café Claro		
COM	Café Oscuro Marrón		
CON	Café Oscuro Negro		
GP	Gris Plata		

Fuente: NTP 231.301 – 2004.

Figura 8. Carta de colores de la Fibra de Alpaca



Fuente: Planta de Lavado

1.1.5.9 Fibras coloreadas

El color y las fibras coloreadas son dos asuntos separados. El término “fibras coloreadas” se refiere a la presencia de fibras pigmentadas o de aquellas manchadas, en el conjunto de fibras más claras. Las fibras coloreadas no son materias extrañas a la lana. Sin embargo, pueden ocasionar trastornos mucho más graves que algunas de las impurezas que pueda llevar, y es por ello que debe considerarlas también como agentes extraños (Codina, 1973).

Un grave inconveniente de la presencia de fibras origen animal de diferentes colores es el siguiente: en el proceso de lavado y en los procesos de preparación e hilatura es frecuente que al cambiar partidas de diferentes colores a blancos la maquinaria no se limpie bien, lo que origina ciertas contaminaciones de un lote o partida de fibras teñidas negras o colores oscuros. Si en dicha materia blanca se observan fibras negras o de color, se presenta el caso de tener que determinar si dicho contaminante es de fibra teñida o de fibra natural de color (Codina, 1973).

1.1.5.10 Humedad

La lana sucia almacenada muchos días, habiendo absorbido mucha humedad, empieza a fermentar y se degenera. Los vellones se calientan y la materia se descompone y pierde resistencia. Toma un color característico y su rendimiento es inferior al de una lana normal, junto con las consecuencias graves que se derivan de su menor resistencia. (Codina, 1973)

La circunstancia de la lana mojada es a veces provocada para aumentar el peso, lo que si bien se logra ciertamente, puede desacreditar para siempre al proveedor. (Codina, 1973)

1.1.5.11 Rizos

El nivel de rizado y el grado de alineación de la fibra antes del lavado pueden también tener un efecto en el grado de afieltramiento de la fibra después del

lavado. Un mayor rizado resultaría en que haya una mayor tendencia de que las escamas tengan una configuración opuesta, mientras que las fibras pobremente alineadas ya tienen un grado de afieltramiento antes del lavado (Liu *et al.*; 2010)

1.2 El Proceso de Lavado de Alpaca

1.2.1 Objetivo del proceso de lavado

El lavado de la lana es el proceso de lavar con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar las impurezas naturales que tiene la fibra (grasa y suintina), así como, las adicionales (polvo, suciedad, etc.) y luego secarlo. Después de lavar la lana, el nivel de contaminantes y de afieltrado en la fibra causará rotura y afectara la eficiencia de las operaciones posteriores de transformación, especialmente durante el cardado. Por lo tanto, los objetivos del lavado son un mayor grado de eliminación de contaminantes (hasta un 40% del peso inicial) y un mínimo daño a la fibra. Los objetivos del lavado de la lana se aplican a la fibra de alpaca (Wang *et al.*, 2003).

1.2.2 Descripción del proceso productivo de lavado de fibra

En la planta, se recepciona la materia prima (fibra sucia) en almacenes designados para tal efecto. La fibra sucia contiene grasa, materia vegetal, tierra y suint, los cuales son sustancias que deben ser eliminadas de la fibra durante el proceso. Tal objetivo es cumplido en una maquina denominada lavadero de lana. Durante este proceso, la lana sucia se abre y sacude en la abridora, luego se lava en forma continua en varias tinas de agua caliente. Se agrega detergente y carbonato de sodio a las tinas para facilitar la remoción de las sustancias a eliminar. La fibra, una vez limpia, es secada en un secador de aire caliente y empaquetado en fardos, que luego son almacenados en el almacén de materia prima lavada.

El lavadero de fibras animales esta compuesto por:

- i) un cargador;
- ii) una abridora con dos o más cilindros con púas;
- iii) cinco o más baños de lavado, con su correspondiente juego de cilindros exprimidores a la salida de cada uno de ellos;
- iv) un secadero a telera continua o tambores perforados (entre el último baño y el secadero se coloca un cargador de manera de alimentar lo mas uniformemente posible al secadero).

1.2.2.1 Acopio de la fibra de alpaca

En el acopio, la materia prima se compra en vellones de fibra de alpaca. Un vellón equivale a la fibra producida por un animal esquilado. La lana sucia comprada sin clasificar es inspeccionada para ser separada de acuerdo a su procedencia como a su calidad (Antúnez *et al.*, 1996).

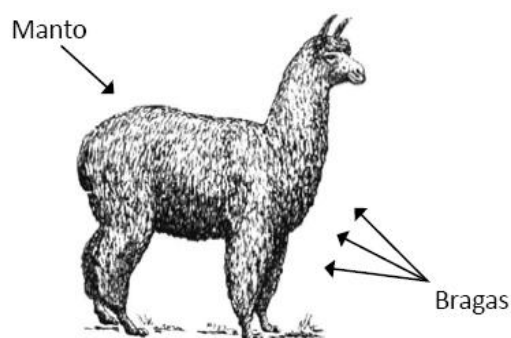
Vellón

Cuando se esquila una alpaca se obtiene lo que llamamos el vellón (Figura 9), dentro del cual podemos encontrar diferentes calidades de fibra. La finura de la misma está determinada por su grosor, el cual varía entre los 19 y los 40 micrones.

En la Fig.9 se muestran dos tipos de vellón:

- Manto: es la fibra fina que se encuentra en el lomo y los flancos del animal
- Bragas: son las fibras gruesas que se concentra en la región pectoral, y en las extremidades y cabeza.

Figura 9. Tipos de vellón en la alpaca.



1.2.2.2 Clasificado

Consiste en la separación de la fibra o lana en lotes que exhiben características iguales (Antúnez *et al.*, 1996). El Clasificado se realiza sobre el vellón y consiste en separar la fibra por calidades y colores (estas calidades están en función a la finura) y es realizado por personal especializado que utiliza la vista y el tacto para determinar la calidad de la fibra.

La clasificación según NTP 231.301 Fibra de alpaca clasificada se da por grupos de calidades de la fibra de alpaca teniendo en cuenta los criterios siguientes:

- Por la finura, seleccionado manual y visual de acuerdo al micronaje de la fibra, por personal calificado.
- Por la longitud, seleccionado manual y visual por el largo de la fibra, pudiéndose obtener fibra larga o corta, por personal calificado.
- Por el color, seleccionado manual y visual de las diferentes tonalidades de los colores básicos naturales, por personal calificado.

El sistema de clasificación varía según institución y abarca diferentes clases según finura y color. Las mermas en la clasificación están en función de la especie animal y de la procedencia de las fibras. Este se encuentra entre un 5 – 10% (Antúnez *et al.*, 1996).

El cuadro 8 muestra la finura de las diferentes calidades de fibra, así como el porcentaje promedio de cada una de ellas cuando se clasifica un vellón promedio.

Cada una de estas calidades tiene una gama de aplicaciones específicas, las cuales finalmente determinan su precio (Textiles Peruanos mayo 2008 – Comex Perú)

Cuadro 8. Finura y Porcentaje Promedio de diferentes calidades de fibra de un vellón

Calidad	Royal	Baby	Superfine	Adulto		
				Huarizo	Gruesa	Mixed pieces
Finura (μ)	19,50	22,50	26,00	31,50	34,00	33,00
Rendimiento (%)	1,00	9,00	39,00	51,00		

Fuente: Chaves 2008 – Comex Perú

1.2.2.3 Batido y apertura

La fibra ya clasificada es llevada a la sección de lavado donde es recibida por los encargados de alimentar la maquina abridora. La fibra es trasladada usando carretillas y/o montacargas.

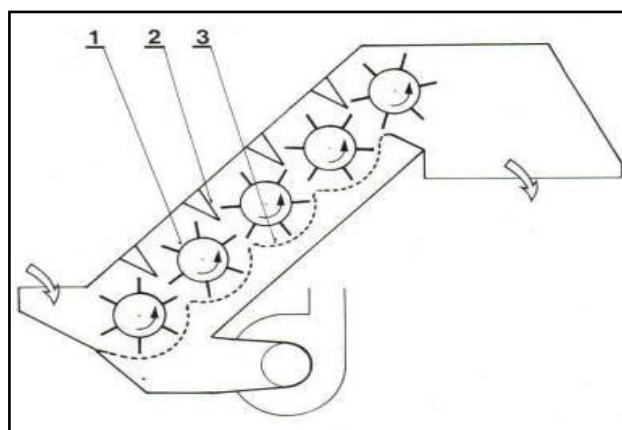
Durante este proceso se mezclan los diferentes lotes, y se extraen materias extrañas tales como polvo, materias vegetales, excrementos, antes de que la lana bruta ingrese al lavado. Debido al hecho de que la alpaca le gusta estar en el pasto, y a que presenta un bajo contenido de grasa en el vellón, este puede contener una mayor cantidad de polvo. La remoción de polvo de la fibra de alpaca podría mejorar el rendimiento de lavado (Wang *et al.*, 2003). El polvo es retirado con un ventilador expulsor y la suciedad es retirada manualmente del fondo del eliminador de impurezas (Ross, 1991).

Batido

El batido de las fibras animales busca minimizar en la materia no lavada (así como en la lavada) la contaminación mineral y, en menor medida, la suciedad orgánica no proteica. El esquema de una batidora moderna puede observarse en la Figura 10, donde podemos ver que consta de tres partes importantes: (1) Cilindros

con púas, (2) Deflectores y (3) Grillas (por donde cae el contaminante mineral como resultado del batido de la lana y es retirado por aspiración neumática) (Adot, 2010).

Figura 10. Esquema de una batidora gradual moderna



Fuente: Stewart (1985).

Los cilindros con púas proyectan la lana contra las grillas por cuyas aperturas se desliza el contaminante mineral y el contaminante vegetal que se encuentra suelto. Los deflectores habilitan la correcta circulación de la materia en dirección ascendente (Adot, 2010).

La producción de la fibra de alpaca en esta operación de batido previo al lavado es baja, ya que se debe trabajar lentamente para no romper fibras (Revista de la Industria Textil, 1987).

Apertura

Durante la apertura, la remoción de polvo mejora la eficacia del proceso de lavado, pero también contribuye al afieltramiento. Si la fibra permanece más o menos intacta se observará poco afieltramiento, pero si la fibra se encuentra bien subdividida se dará un serio afieltramiento durante el lavado, por lo que se recomienda una apertura no tan drástica (Wood, 1985). En la abridora las fibras

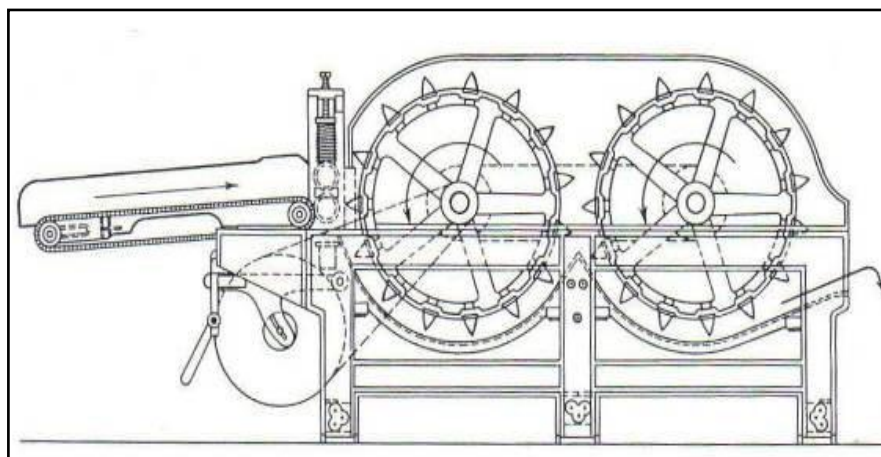
dejan de estar paralelas unas a otras volviéndose más propensas al enredo y afieltrado (Adot, 2010).

Un inadecuado proceso de apertura con una ineficiente eliminación de fragmentos rotos y fibras frágiles desde el interior de los vellones de lana, generará una gran cantidad de polvo en la sala de cardado, donde estos materiales son separados de las fibras. (Carissoni *et al*, 2002).

Para la apertura de fibra de alpaca debe tenerse un gran cuidado en esta operación para no romper fibras. La diferencia de velocidades lineales entre los cilindros abridores es fundamental. Al aumentar la presión y la diferencia de velocidades, aumentan las roturas de fibra. La densidad de las puntas de los cilindros abridores es menor que en el tratamiento de la lana. Normalmente se trabaja con un solo tambor. La diferencia de velocidades lineales debe ser mínima al igual que la densidad de las puntas de las respectivas guarniciones. Es también fundamental el ajuste entre los cilindros batidores y las rejillas, al final del proceso están menos separadas (Revista de la Industria Textil, 1987).

En la Figura 11 se puede observar un ejemplo de equipo de apertura. En este, el vellón es despedazado con el fin de facilitar su carga al lavadero, abrir la materia para un más eficaz y eficiente lavado y eliminar al mismo tiempo la mayor cantidad posible de contaminación mineral y vegetal.

Figura 11. Equipo de apertura de doble cilindro



Fuente: Von Bergen (1969).

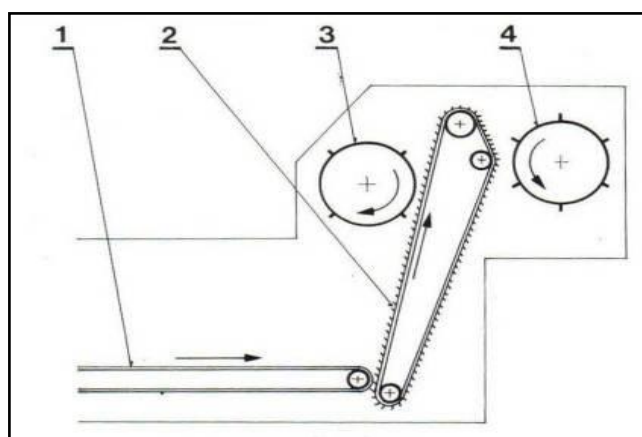
1.2.2.4 Alimentación a las tinas de lavado

La fibra procedente de la apertura es colocada mediante transportadoras o a mano, a una alimentadora automática, la cual asegura una provisión continua pareja de la fibra a la tina de lavado.

Dado que la relación de baño de las tinas de lavado debe ser constante, el peso del material debe ser comprobado con precisión antes de pasar al proceso de lavado (Carissoni *et al.*, 2002).

En la Figura 12, se observa un clásico cargador vertical del tipo hallado a la entrada del primer baño de lavado. El cilindro con púas (3) peina contra la telera con púas ascendente. En sustitución de este cilindro con púas se usa comúnmente un peine vibrador. El cargador provoca un nivel adicional de apertura de fibra debido al trabajo de los órganos con púas y sus velocidades relativas. Las partes principales que presenta este equipo son: (1) telera alimentadora horizontal, (2) telera vertical con púas, (3) cilindro peinador con púas y (4) cilindro descargador (Adot, 2010).

Figura 12. Cargador vertical clásico



Fuente: Stewart (1985).

1.2.2.5. Lavado

El proceso de lavado se realiza generalmente en 5 tinas (Figura 13). La función principal de la primera tina es la de eliminar impurezas sólidas, una gran proporción de suint y una pequeña proporción de grasas con agua caliente. La segunda y tercera tina son tinas de lavado con detergente en agua caliente, para penetrar en los intersticios y bordes de los sedimentos de las fibras, poros y hendiduras de la superficie de la fibra, removiendo contaminantes mediante la disolución y emulsificación. Las dos últimas tinas son de enjuague, aquí se terminan de eliminar los contaminantes.

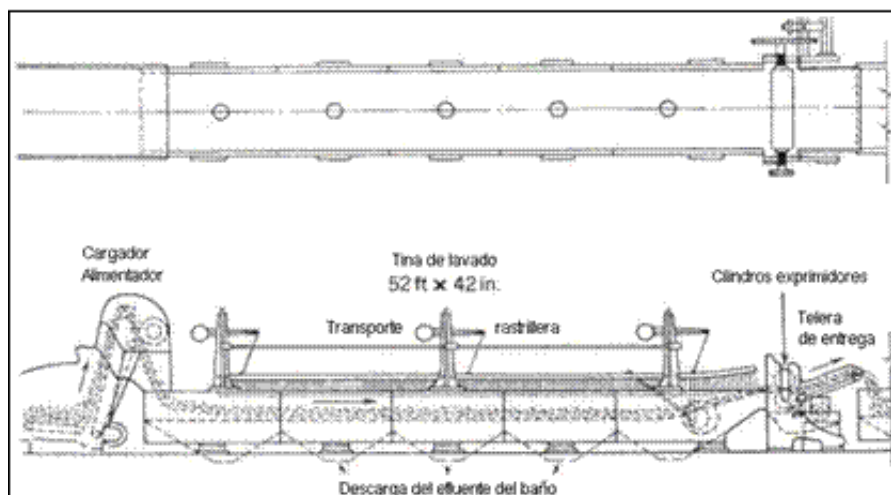
Las condiciones de lavado de fibra de alpaca son menos drásticas que los de la lana, esto debido a su menor contenido de impurezas. En el cuadro 9 se muestra un ejemplo de las condiciones de lavado de la fibra de alpaca. La primera tina se encuentra a una temperatura de 45°C a un pH de 9,5 con una concentración de detergente de 0,4%. En la segunda tina se tiene agua más carbonato y detergente de sodio en dosis de 0,5% y 0,2 % respectivamente, a una temperatura de 50°C. La tercera tina tiene agua a la misma concentración de carbonato y detergente a una temperatura de 45°C. En la cuarta y quinta tina se realiza el enjuague a las temperaturas de 35°C y 24°C respectivamente.

Cuadro 9. Receta del Baño de Lavado para la fibra de alpaca y llama

Condiciones	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Temperatura (°C)	45	50	45	35	24
pH	9,5	9	8,5	8,5	7,5
Carbonato (%)	0,5	0,5	0,5	-	-
Detergente (%)	0,4	0,2	0,2	-	-

Fuente: Antunez *et al.* (1996).

Figura 13. Tinas de lavado con sistema de transporte a rastrillera.



Fuente: Von Bergen (1969).

1.2.2.6. Secado

La operación de secado comprende la evaporación del agua mediante aire caliente, la lana ingresa al secador con un alto porcentaje de agua 45% y a la salida se la obtiene con un promedio de 13% de humedad, las temperaturas de secado oscilan entre los 85 y 90°C, a temperaturas mas altas se dañaría la resistencia del material lavado, y ocasionaría el amarillamiento.

Conviene que la materia lavada no supere el 14% de humedad con el fin de que no se adhiera a la guarnición de la carda, disminuyendo la acción disgregadora de la guarnición, que empeora la calidad de la cinta saliente de la carda (Naik, 1995).

A la salida del secador se verifica si se ha logrado el porcentaje de humedad remanente deseado (Bravo *et al.*, 1977). Sin embargo, debido a la lenta velocidad de alimentación de la fibra de alpaca para el lavado, a veces es difícil controlar la recuperación de la humedad de la fibra de alpaca lavada (Wang *et al.*, 2003).

Un exceso de humedad puede causar oxidación en las máquinas y también durante el cardado puede ocasionar un exceso de neps. Cuando se almacena lana lavada, un exceso de humedad puede asimismo causar un ataque por bacterias (Naik, 1995).

1.2.3 Proceso posterior al lavado

Los procesos industriales posteriores al lavado son el ensimaje, cardado, peinado, hilado de la fibra, tejido y confección textil. Mediante el proceso de lavado de la fibra grasienta clasificada, se le extrae la suciedad propia del animal y se le libra de otras impurezas. El producto resultante es la fibra lavada en floca.

En el cardado y peinado, se eliminan los pelos cortos y restos pequeños, uniformizándose las mechas. En uno o en ambos procesos, según las especificaciones que debe tener la fibra, establecidas por el cliente a la empresa textil, ésta puede ser teñida y/o mezclada con otras fibras naturales o sintéticas (De Los Ríos, 2006).

1.2.3.1 Ensimaje

A la salida del lavadero generalmente se le aplica a la fibra, los auxiliares químicos requeridos por los siguientes procesos (ensimaje) antes de ser transportada neumáticamente a los tachos de estacionamiento y/o mezcla, como paso previo al cardado. La materia suele permanecer en ellos, como mínimo, un par de días para que el “regain” (porcentaje de agua sobre el peso seco de la fibra) se homogenice.

El ensimaje consiste en devolver a la lana parte de la grasa que haya sido eliminado en el lavado con el fin de lubricarla y facilitar su procesamiento (Naik, 1995).

La lana una vez lavada, queda con un tacto rudo y áspero, y como para hilar es necesario un continuo y prolongado deslizamiento de las fibras entre sí, es lógico que necesitará un lubricante que facilitará enormemente esta operación. Por esto, después del lavado se efectúa el ensimado que es común a todos los tipos de lana, y luego se inicia la hilatura, que es distinta según se quieran obtener hilos peinados, semipeinados o cardados (Naik, 1995).

La cantidad de emulsión ensimante que necesita la lana depende de la calidad de la misma. Cuando más gruesa sea la lana, mayor es la cantidad de emulsión que necesita (Naik, 1995).

El aceite puede ser una mezcla de derivados de ácidos grasos naturales y polioxietilenos (aniónicos y productos iónicos compatibles con tensoactivos aniónicos y no), con alto poder de lubricación fibra/fibra y fibra/metal que se pueden eliminar fácilmente con agua fría (Carissoni *et al.*, 2002).

Para ser rociado sobre la lana (2 a 3% del peso del material a ser lubricada), El dispositivo de engrase incluye una serie de boquillas, dispuestos uno junto al otro a lo largo de toda la anchura de trabajo, cada boquilla rocía un chorro de emulsión sobre la lana seca que es proporcional al espesor de la capa de fibras, según lo indicado por el marcador (Carissoni *et al.*, 2002).

Con el uso de aceites minerales la ganancia en el largo de fibra y disminución en el porcentaje de noils de peinado aumenta a medida que disminuye la viscosidad del ensimaje, el coeficiente de fricción entre fibra y guarniciones de metal disminuye, mientras que la fricción entre las fibras no se ve mayormente afectada (Adot, 2010).

Los ensimajes utilizados para el proceso de hilatura son los siguientes:

A. Cohesionantes

Utilizados para evitar las roturas de las fibras y desperdicios. Debe poseer un poder lubricante suficiente para poder otorgar a la fibra una adherencia óptima para lograr un peinado regular, propiedades antiestáticas para que no surjan problemas con su disolución en agua, suficiente grado de emulsibilidad o solubilidad. Para que no surjan problemas en tintorería es necesario que sean de fácil eliminación La lana tiene una mayor capacidad de cohesión y necesita una calidad de cohesionante diferente a la de la fibra de alpaca (Palomino, 2007).

B. Antiestáticos

Evitan la formación de carga eléctrica durante el proceso textil, lo cual ocasiona principalmente la fijación de suciedad sobre las fibras, atracción sobre las partes metálicas. Esto se realiza mediante una capa monomolecular que recubre las fibras, la cual principalmente imposibilita transferencia de cargas por contacto en la superficie y disminuye el coeficiente de fricción. Los antiestáticos de carácter no iónico, no son tan eficaces como los aniónicos o catiónicos (Palomino, 2007).

La fibra ya ensimada se deposita en boxes o cuartos en los que la fibra reposa para que el ensimaje se distribuya en toda la fibra (Olivera, 2008).

1.2.3.2 Cardado

El cardado tiene como fin:

- i)* Separar las fibras para que se puedan desplazar individualmente y no en conjunto;
- ii)* Desenredar los enredos, aglomeraciones y fieltros de fibras (con la correspondiente rotura de fibra);
- iii)* Estirar y paralelizar las fibras lo mas posible;
- iv)* Eliminar las impurezas vegetales (restos de semillas, pequeñas hojas, etc.);
- v)* Mezclar y homogenizar la fibra, en particular cuando se trata de mezcla de partidas o tipos de lana;
- vi)* Entregar las fibras lo mas paralelas posible en forma de mecha (sliver) en el caso de la hilatura peinada, o de cintas finas (woolen roving) en el caso de la hilatura cardada.

La carda que es de tipo cilíndrico, va precedida de un avantrén que esta destinado a la separación de cadillo, paja y otras impurezas. A continuación se inicia el proceso de cardado propiamente dicho, en el cual las cardas abren y pulen las fibras formando un velo, que es reunido en forma de una cinta a la salida de la

carda. Como resultado de este proceso, se obtiene un producto denominado cinta (sliver) y un subproducto conocido como bajo carda.

La merma promedio de la fibra durante el cardado varía entre 4 a 7%.

1.2.3.3 Peinado

Después de los pasajes por la carda, las cintas entran a tres gills intersectings (máquinas para hacer el estirado y doblado de las cintas de lana) de preparación donde se lleva a cabo una mejor ordenación del paralelizado. Luego de estos tres pasajes, el material entra a la peinadora. Durante el peinado las fibras se paralelizan completamente, se alinean en relación al eje de la cinta.

Posteriormente a la peinadora, siguen otros dos pasajes por gills intersectings acabadores, estos tienen por función el de seguir paralelizando las fibras y darle un estiraje para reducir el peso de la cinta por longitud (gramaje). Industrialmente, la mecha de lana peinada se presenta arrollada en forma de bobina cilíndrica, con plegado cruzado, para que permita su transporte, embalaje y un perfecto desplegado en las siguientes operaciones de su ciclo industrial de transformación.

Debido al exigente proceso del peinado, la longitud de las fibras es uno de los factores más importantes. Este sistema no puede procesar fibras de longitudes muy cortas o muy largas. El promedio de longitud de mecha debe fluctuar entre 60 y 175 mm (Aliaga, 2000; citado por Inofuente, 2004).

1.2.4 Efecto del lavado sobre la eficiencia del proceso posterior

La remoción de todas las impurezas, tanto naturales, adicionales, y aplicadas es de capital importancia en la manufactura de la fibra, puesto que su presencia obstaculizaría enormemente las operaciones subsiguientes de cardado, hilado y teñido. Por lo tanto, la fibra debe entrar en la fabricación completamente libre de materias extrañas, a fin de que el fabricante pueda sacar el máximo provecho de ella. Por eso es necesario que se identifiquen y evalúen las diferentes variables que influyen en el proceso de lavado de la fibra (Link, 1948).

La contaminación residual tiene grandes implicancias en el proceso posterior al lavado. Una diferencia de tan sólo 0,2% de ceniza o grasa residual de lana podría tener efectos en el proceso de transformación, como la reducción del efecto de ensimajes (por ejemplo, lubricantes), el aumento del uso de las líneas de procesamiento, y de desgaste de los rodillos (Wang *et al.*, 2003).

1.2.4.1 Efecto de la grasa residual

Manipular una lana que contenga un alto contenido en grasa presenta dificultades, son frecuentes las obstrucciones en los órganos operadores, originándose un trabajo defectuoso, pues las fibras pierden poder de estiramiento (Codina, 1973). Además, una lana lavada que contenga exceso de grasa, es más propensa a retener mayores impurezas de distinta índole, por tener en la materia un medio apropiado para su retención (Codina, 1973).

1.2.4.2 Efecto del pH

El álcali residual de la lana lavada actúa negativamente sobre la fibra en las etapas de almacenamiento, hilatura, retorcido, tratamiento con vapor y agua caliente, tintura y fijado. También sucede que las lanas presentan mas facilidad al desarrollo de mohos y bacterias cuando se encuentran en condiciones alcalinas (Gacén, 1989).

La cantidad de borra y polvo que se separa de los gills intersectings es mayor cuanto más alcalino es el pH del extracto acuoso. La aplicación que se ha dado a este fenómeno se basa en que un tratamiento alcalino convencional no ocasiona problemas mayores en los tercios raíz y medio de la fibra, pero si en el tercio punta por estar mas expuesto a la acción de la intemperie. Los esfuerzos mecánicos propios del proceso pueden producir la rotura de las puntas de las fibras, con la consiguiente formación de polvo (Gacén, 1989).

La alcalinidad residual de la lana puede conducir a diversos problemas en el proceso de tintura (Gacén, 1989):

- Los ocasionados por una neutralización insuficiente antes de que la temperatura del baño de tintura alcance los 50°C (ataque al enlace disulfuro).
- Los que se presentan cuando se debe teñir en medio ácido una partida demasiado alcalina capaz de modificar sustancialmente el pH del baño (tintura defectuosa y posible ataque al enlace disulfuro).
- Los que resultan de la tintura de una partida formada por lotes de diferentes pHs (tinturas irregulares o picadas).

1.2.4.3 Efecto del Afieltramiento

El enredo o el afieltramiento ocasionan la ruptura de la fibra durante el proceso de cardado, gilling y peinado. El control del afieltramiento de la lana durante el lavado es importante, siempre que se dé una adecuada remoción de la suciedad y de la grasa (Wang *et al.*, 2003).

Hay que tener cuidado en no afieltrar la fibra en el lavado industrial. Aumentaría la rotura de fibras en las cardas, el desperdicio y los neps en la cinta peinada.

Es importante que el porcentaje de roturas al medio sea menor al 45%, en especial cuando la lana tiene niveles bajos de resistencia, para que no disminuya la longitud final de fibras en el peinado y condicione su grado de hilabilidad (Elvira, 2004).

1.2.5. Daño de la fibra durante el proceso de lavado

La fibra de alpaca y la lana son fibras relativamente débiles, comparadas a otras fibras. El lavado puede potencialmente dañar de la fibra y causar la pérdida de resistencia.

Debido a que el porcentaje de detergente en el lavado de la fibra de alpaca es más bajo que para el lavado de lanas, obtenemos que el pH alpaca < pH lana. En otras palabras, durante el lavado la fibra de alpaca resulta menos dañada que la lana. (Wang *et al.*, 2003).

Los defectos que pueden producirse son de origen mecánico y de origen químico.

1.2.5.1 De origen mecánico

El daño mecánico será bastante mínimo puesto que las acciones de piezas móviles en el lavado tienden a ser relativamente moderadas.

En resumen los problemas presentados por daño mecánico son:

- Pérdida de resistencia, debido al mal estado de rodillos exprimidores o a presión excesiva de los mismos.
- Elevado afieltramiento debido a la excesiva velocidad de los mecanismos de agitación.
- Las fibras necesitan moverse y es inevitable que las fibras estén en contacto durante el lavado. Una vez quebrada la estructura de la fibra en las tinas, las escamas pueden tener una configuración opuesta. El efecto direccional de la fricción es una característica común de todas las fibras animales, es decir, el coeficiente de la fricción contra las escamas es mayor que el coeficiente de fricción con las escamas. La lana también absorbe el agua, el cuál tiene la tendencia a levantar las escamas de la fibra, y a aumentar la flexibilidad de las fibras. Debido a este efecto direccional de la fricción, las fibras se pueden enredar fácilmente cuando se agitan mecánicamente. Aunque la agitación en el lavado de la lana es relativamente moderada, es suficiente para causar un grado de afieltrado durante el lavado (Wang *et al.*, 2003). El afieltramiento viene influenciado por las condiciones mecánicas, debido a la agitación vigorosa causada por las elevadas velocidades de los rastrillos.

1.2.5.2 De origen químico

Desde que la lana es una fibra proteínica, sufre una pérdida de resistencia a la tracción cuando está mojada. Debido a la naturaleza de las cadenas de proteínas de la lana los enlaces de hidrógeno se disocian en medios acuosos causando pérdida de resistencia. Los enlaces disulfuro también puede reducirse en ciertas condiciones, causando una pérdida de resistencia en húmedo. Esta pérdida de

resistencia es generalmente reversible. La lana también pueden ser más susceptible al daño químico en un medio acuoso, ya que las cadenas de proteínas pueden ser ionizados y atraer a pequeñas moléculas cargadas tales como ácidos y álcalis. Condiciones alcalinas ($\text{pH} > 7$) son mucho más dañinos que las condiciones ácidas. (Wang *et al.*, 2003).

En resumen los problemas presentados por daño químicos son:

- Residuos de grasa por utilizar poco detergente.
- Manchas de hierro, de color amarillo-pardo, debidas al contacto con partes metálicas de la máquina que puedan estar oxidadas.
- Alteración de la fibra, por trabajar con baños excesivamente alcalinos a temperatura elevada. La degradación térmica de la fibra ocurrirá con la exposición prolongada incluso a las condiciones relativamente suaves tales como éstos experimentados durante el enjuague. Esta degradación sería manifestada como pérdida de fuerza y amarillamiento. Las condiciones y los controles apropiados en un proceso de lavado deben asegurar que el daño de la fibra durante el proceso esté reducido al mínimo.

1.2.6 Lavado con detergentes

1.2.6.1 Mecanismo de operación de los detergentes

El proceso de detergencia envuelve el uso de una solución acuosa de un tensoactivo para eliminar sustancias extrañas como grasas, aceite y tierra. La remoción depende de la interacción de tres componentes: fibra, sustancia extraña y la solución detergente, por lo que un detergente deberá poseer propiedades humectantes (Costa, 1990).

Una vez que la sustancia extraña ha sido removida, las partículas deben ser mantenidas en solución para evitar su redeposición sobre el material. Si la partícula extraña era líquida o ha sido licuada por efecto de la temperatura usada en la remoción necesita ser emulsionada; mientras si la partícula era sólida

necesita ser dispersada, por lo que se podría decir que un detergente requiere poseer propiedades emulsionantes y dispersantes (Costa, 1990).

1.2.6.2 Fenomenología del proceso detergente

El efecto detergente se produce a través de tres tipos de acciones:

- A. Las sales solubles que contienen la lana sucia, suint, actúan como vigorizantes de la solución detergente, conjuntamente con el carbonato sódico. Al mismo tiempo, estos álcalis débiles reaccionan con la lana.
- B. Algunas de estas sales, principalmente el carbonato potásico y carbonato sódico adicionado, forman jabones con los ácidos grasos libres existentes en la grasa de la lana. Estos jabones, dado que se forman en la interfase grasa – solución detergente, son muy efectivos en la separación de la fibra de grasa e impurezas que la acompañan. Al mismo tiempo, el detergente adicionado también efectúa una acción similar. La grasa se desprende de la fibra en forma de esferas de mayor o menor dimensión.
- C. Una vez en la solución detergente, la grasa se emulsifica en dicho medio, formando una emulsión tipo aceite agua. Esta emulsión debe de ser estable para evitar la redeposición sobre la fibra, lo cual daría origen a una lana mal lavada.

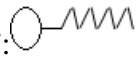
Como se puede apreciar el lavado de la lana con soluciones débilmente alcalinas de detergente es un fenómeno típicamente tensoactivo, que se produce en la interfase fibra-grasa-solución detergente. Durante el proceso de lavado también se eliminan, en parte las impurezas terreas y vegetales que acompañan a la lana sucia. El resto de estas impurezas suelen eliminarse en el cardado y peinado posteriores (Cegarra, 1997).

1.2.6.3 Tipos de detergentes

Los detergentes más empleados pertenecen a dos grupos:

- No iónicos: tales como los alquil-fenoles, aril-alquil-poliglicólicos o alquil-poliglicólicos.
- Iónicos: tales como alquil sulfatos ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$) o los alquil-aril sulfonatos.

Detergentes no iónicos:

La polaridad de la molécula no está localizada y el surfactante no se ioniza en la solución acuosa. Los surfactantes son llamados no iónicos y se representan esquemáticamente con una “cabeza polar” y una “cola no polar”: , la cabeza consiste de un número de grupos repetitivos, tales como oxietilenos $-\text{CH}_2\text{OCH}_2-$, menos frecuentemente oxipropilenos $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OCH}_2-$. La solubilidad del surfactante aumenta con el número de tales grupos (Datyner, 1983).

Los detergentes no-iónicos son los menos sensibles a los cambios de pH. Generalmente la formulación para su uso demanda una solución neutra. Se debe esperar, por lo tanto, un mayor consumo de detergente que en una solución alcalina. En la práctica, son utilizados con un pH 9 o más elevado todavía.

La lana lavada en solución neutra, independientemente de su pH original, va a entrar al secadero con un pH cercano a 7,0 y, por lo tanto, va a tener, respecto las lanas lavadas en un medio alcalino, ventajas en lo que hace a color y menor posibilidad de ser dañadas por el álcali. Los detergentes no-iónicos pueden ser enjuagados de manera fácil y rápida, de todas maneras hay que tener en cuenta que son un muy eficiente agente antiestático en la lana. (Anon, 1952; citado por Adot, 2010).

Generalmente los surfactantes no iónicos son los mejores detergentes, prefiriéndose en razón de sus propiedades dispersantes, y a que no son

significativamente afectados por el agua dura y la temperatura (Wang *et al.*, 2003).

La estabilidad de los productos no iónicos hacia los electrolitos y dureza del agua, es generalmente superior que las del tipo iónico de similar grado de solubilidad en agua. Es más, las sales de calcio aumentan frecuentemente su solubilidad debido a la formación de complejos (Costa, 1990).

Estos son actualmente los más empleados prefiriéndose en razón a su mejor biodegradabilidad. Los compuestos no iónicos son poco sensibles a la dureza del agua y pueden ser empleados en medio alcalino, neutro y ácido, se prefiere el medio débilmente alcalino por razones económicas ya que consume menos detergente que los otros. La concentración depende del tipo de lana a lavar, de la maquina y del número de unidades de lavado (Cegarra, 1997).

La mayoría de lavado es ahora con surfactantes no-iónicos del tipo etoxilato nonilfenil, que contienen de 9 a 10 oxietilenos. Los surfactantes no iónicos son adsorbidos muy poco por la lana y por lo tanto su concentración en el baño puede mantenerse casi constante, las pequeñas concentraciones iniciales y sucesivas adiciones son suficientes para efectuar una adecuada limpieza de la fibra, por lo que el lavado es más económico (Datyner, 1983).

1.2.7 Parámetros que afectan la eficiencia del proceso de lavado

1.2.7.1 Concentración de detergente

La evidencia disponible sugiere que el consumo de detergente es el menos variable de todos los parámetros del lavado. Para cada tipo de lana se requerirá una cierta cantidad de detergente para un adecuado lavado, y esta cantidad no parece estar afectada por los procedimientos de lavado dentro de un normal rango de variación. El número de tinas, el flujo de agua a contracorriente y el patrón de distribución de detergente entre las diferentes tinas no parece tener un efecto detectable en el consumo de detergente (Wood, 1985).

El porcentaje de detergente a utilizar depende del tipo de lana a lavar (su porcentaje de grasa). La cantidad de detergente empleado se puede determinar examinando su comportamiento en la solución. La acción detergente se da mediante una disminución de la tensión superficial entre el líquido de lavado y la grasa de la fibra, esta reducción se manifiesta hasta una concentración determinada, después de la cual se hace apenas perceptible. Sobrepasar esta concentración mínima no trae ninguna ventaja, no obstante se emplea el doble de concentración, con el fin de evitar la redeposición de las impurezas sobre la fibra, cuando el baño está contaminado de ellas. Es importante no dejar que la concentración de detergente disminuya por debajo de estos mínimos en ninguno de los baños, ya que esto afectaría la capacidad de lavado (Cegarra, 1997).

La cantidad correcta de surfactante que se utilizará se determina dependiendo del nivel de absorción necesario, así como la estabilidad de la emulsión y la dispersión de partículas (Carissoni *et al.*, 2002). La acción emulsificante también está estrechamente ligada con el fenómeno de tensión interfacial, de modo que al disminuir esta se aumenta la primera. Las emulsiones deben ser estables para evitar la redeposición de las impurezas (Cegarra, 1997).

Aunque el patrón de distribución de detergente entre las tinas no tiene efecto en la eficiencia del detergente, este es en efecto determinado por la formación de espuma, y en la práctica es posible una pequeña variación (Wood, 1985).

El detergente es redistribuido entre las tinas bajo dos mecanismos, primero, el detergente es llevado a la solución de lavado, segundo, el detergente es llevado otra vez a la máquina por el flujo a contracorriente. Como resultado de estos dos mecanismos, todas las tinas reciben una proporción de detergente independiente de donde se realizan las adiciones. Bajo condiciones normales de operación, el flujo neto de operación regresa (A medida que la lana sale de la tina, los escurridores eliminan el exceso de baño en un receptáculo conectado al baño precedente. De esta manera, se tiene una transferencia gradual de baño desde la última a la primera tina; el flujo esta en dirección opuesta a la dirección en la cual viaja la lana) (Wood, 1985).

La dosificación total de detergente es aproximadamente el 0,75% del peso total de lana grasienta, mientras que para la alpaca, es cerca de la mitad de la dosis (0,4%) usada para el lavado de lana (Wang, *et al.*, 2003).

1.2.7.2 pH

Los surfactantes no iónicos lavan bien en soluciones neutras pero son más eficientes a pH 9 – 10, por lo que se añade carbonato de sodio. La calidad del lavado es igualmente bueno en ausencia de carbonato, pero se tiene que incrementar la concentración de surfactante, por ejemplo un 0,8% de un lavado neutro contra un 0,5% de uno alcalino (Datyner, 1983). El suint y los ácidos grasos libres existentes en las grasas reaccionan con el carbonato de sodio formando jabones en la interfase grasa – solución detergente, por lo que sí se añade carbonato el consumo de detergente disminuye. Sin embargo, cuando por razones económicas se puede consumir mayor cantidad de detergente, se puede efectuar el lavado en medio neutro, para lo cual se omite el uso de carbonato de sodio (Cegarra, 1997).

En la práctica, la adición de carbonato de sodio incrementa la tasa de remoción de grasa y potencia la eliminación de la suciedad vía efectos de barrera eléctrica. Por ejemplo, la adsorción de iones inorgánicos del baño por parte del substrato (lana y contaminantes) incrementa el potencial eléctrico provocando una mutua repulsión. Por lo tanto, en baños muy pequeños, con muy poco tiempo de residencia, el uso de soda cáustica puede resultar beneficioso. De todas maneras, se requiere tener un cuidado preciso con el pH del baño, hay que mantenerlo por debajo de 9.5, previniendo de esta manera el amarillamiento y deterioro de la lana durante el secado (Bateup, 1986). En la segunda tina la concentración puede ser ligeramente superior al 1% ya que una delgada capa de cera aún protege las fibras de lana (Carissoni *et al.*, 2002).

Cuando se utiliza jabón para lavar, su efectividad se ve aumentada con la adición de álcali. Las razones son las siguientes:

- i) Supresión de la hidrólisis del jabón, lo que aumenta la cantidad de jabón efectivamente presente para la formación del film;
- ii) El álcali actúa como una sal y, por lo tanto, induce al jabón de la solución a entrar en la interfase, generando una concentración de moléculas de jabón que solo estarían presente de ser mayor su concentración en el baño (puede remplazarse por sales como el cloruro y sulfato de sodio);
- iii) Reacción con el suint formando jabones naturales
- iv) Absorción del álcali por parte de la lana (la lana es una sustancia amphotérica capaz de combinarse tanto con ácidos como con álcalis. Si la lana con su pH usual de 6,5-7,5 es ingresada al primer baño con un pH de 9-10, cantidades apreciables de álcali van a ser absorbidas por las fibras hasta ponerse en equilibrio con el licor, si la lana sucia es introducida en una solución de jabón a la que no se ha agregado álcali, la fibra toma de la solución su necesidad de álcali, dejando atrás jabones ácidos. Consecuentemente, estos no van a poder cumplir con los propósitos del lavado y, bajo ciertas condiciones, pueden depositarse en la fibra) (Anon, 1952; citado por Adot, 2010).

El carbonato también asiste subsecuentemente en la disipación de estática de la lana lavada (Datyner, 1983).

Por otra parte, de las condiciones en que se efectúe el enjuague depende de que el ataque alcalino de la fibra se detenga o pueda proseguir al someterla a tratamientos térmicos secos o húmedos. Un buen enjuague permite también que algunos procesos tecnológicos (tintura, fijado) puedan aplicarse en las condiciones previstas en cuanto al pH del tratamiento (Gacén, 1989).

1.2.7.3 Temperatura

El perfil de temperatura en las tinas de lavado es muy importante. A mayores temperaturas se tiene una mayor eficiencia detergente y la emulsificación se da más rápidamente, pero las altas temperaturas incrementan el afieltramiento y pueden provocar daños a la fibra, especialmente en condiciones alcalinas.(AWI, 2009)

La grasa ovina se ablanda y derrite a una temperatura de aproximadamente 40° C, la expansión del complejo suciedad aparenta ser rápida a una temperatura normal de lavado de 55-60 °C, los 55 °C no son usualmente excedidos debido a la susceptibilidad de la lana a ser dañada por el álcali a temperaturas elevadas (de usarse álcali) (Stewart, 1985)

La temperatura de los diferentes baños varía según la función a cumplir. En los diferentes baños la temperatura varía considerablemente:

- En la primera tina, la lana se separa de las partículas de la tierra y el estiércol, la eficiencia de esta primera etapa depende de la temperatura de solución, que se mantiene aproximadamente en 35°C, para evitar una variación de temperatura excesiva que ocurre cuando la lana es transferida a la segunda tina, que podría dar lugar al enredo o afieltramiento de la fibra (Carissoni *et al.*, 2002).
- En la segunda y en la tercera tina, la lana es lavada utilizando tensoactivos y carbonato de sodio. Estas etapas deben realizarse a una temperatura que se licua (o casi licua) la grasa permitiendo su emulsificación; una temperatura de aproximadamente 60°C favorece una rápida formación de pequeñas esferas de grasa, en torno al cual se adhieren las moléculas de surfactante. Una temperatura excesivamente baja no permite un lavado a fondo, mientras que una temperatura excesivamente alta puede generar afieltramiento de la lana y/o la formación de enredos irreversibles de las fibras (Carissoni *et al.*, 2002). Para el lavado de fibra de alpaca la temperatura máxima es de 55°C, a mayor temperatura se originan problemas de afieltramiento, y mientras más fina la fibra se trabaja a menos temperatura.
- En la cuarta y quinta tina, la temperatura disminuye, respectivamente, a 55 °C y 45 °C para evitar el afieltramiento de fibra. Las fibras completamente lavadas ya no están protegidas y se pueden afieltrar a altas temperaturas de baño (Carissoni *et al.*, 2002). En los baños de enjuague la temperatura se ajusta al siguiente criterio: una temperatura de 40-50°C es más eficiente que una temperatura de 20-30°C. La eliminación de sales solubles es más eficiente. Aumenta también la eficiencia de exprimido, reduciéndose, por lo tanto, el

requerimiento energético durante el secado” (Bateup, 1986). Cuanto mayor sea la temperatura del agua en la última tina, el secado posterior es más rápido y de costo más eficiente. Se ha comprobado que la temperatura del agua afecta a la eliminación de una mayor cantidad de agua durante la compresión, mientras más caliente el agua, mayor es la cantidad de agua eliminada por los rodillos exprimidores. Probablemente esto se debe a la reducción de la viscosidad del agua a raíz de un incremento en la temperatura. (Carissoni *et al.*, 2002)

Una temperatura demasiado elevada implica la posibilidad de dañar la lana, sumado a un gasto energético innecesario, mientras que una temperatura demasiado baja significa una pobre eficiencia de lavado, así como una menor eficiencia de exprimido. Se generan confusiones cuando se trata de relacionar estas temperaturas con los puntos de enturbiamiento (cloud points) de los nonil fenol etoxilados de 8,5 y 9 moles, que son, respectivamente, de 32°C y 55°C. Generalmente, se acepta que los contaminantes relativamente no-polares, como la “grasa”, se tornan solubles más rápidamente en soluciones de surfactantes con temperaturas justo por debajo del punto de enturbiamiento. El punto de enturbiamiento es la temperatura a la que se nubla una solución surfactante. Se cree que se corresponde con un gran aumento del número de micelas agregadas. En la solución de lavado, la presencia de pequeñas cantidades de “grasa” ovina aumenta el punto de enturbiamiento muy por arriba de 100°C. La adición de un electrolítico reduce el punto de enturbiamiento dependiendo de los niveles de “grasa” y electrolítico (Bateup, 1986).

1.2.7.4 Flujo Volumétrico

La optimización de grandes cantidades de agua necesaria para lavar la lana sucia, es obtenido mediante la aplicación del principio de que el baño puede llevar a cabo una acción detergente, hasta que el grado de suciedad contenido en la solución de lavado sea menor que el grado de suciedad contenido en el material a ser lavado. (Carissoni *et al.*, 2002)

El arrastre de la lana sucia se lleva a cabo en 4 o 5 tinas sucesivas de lavado, donde, gracias a este método, la circulación correcta de la solución de lavado se mantiene, el consumo de agua puede ser optimizado en relación con el rendimiento lana lavada/lana sucia (el rango de consumo de agua va de 6 a 8 litros de agua por kg de lana sucia con rendimientos superiores a 70%, de 12 a 15 L/kg para los rendimientos por debajo del 50%) (Carissoni *et al.*, 2002).

Las pequeñas partículas asociadas con la grasa oxidada se adhieren o se redepositan sobre la fibra después de que la grasa y el suint han sido en gran parte removidas. Estos imparten un color gris a la lana, y son removidos en la tina de enjuague. Aunque solo constituyen una pequeña fracción de porcentaje sobre el peso de lana lavada, se considera importante debido a su efecto en el color. Se cree que se puede lograr remover estas impurezas usando grandes cantidades de agua (Wood, 1985).

1.2.7.5 Tiempo de Inmersión

El tiempo de inmersión es importante, ya que de ser corto se toleran altas temperaturas. Para cada tipo de fibra se debe establecer el tiempo requerido para que el complejo suciedad adquiera su máximo volumen. Los cilindros exprimidores alcanzan su máxima eficiencia en la eliminación del complejo suciedad cuando este alcanza su máximo volumen. El largo del baño de lavado se calcula multiplicando la velocidad tangencial de los rodillos exprimidores (cm/s) por el tiempo necesario (s) para que el complejo suciedad alcance su volumen máximo. Las fibras especiales no han recibido el mismo nivel de atención científica que la lana. Es mucho lo que falta investigar sobre su lavado (Adot, 2010).

El tiempo de inmersión depende del contenido de impurezas de la fibra, como mínimo la lana se ha de lavar en 12 minutos a través de las 5 tinas (Cegarra, 1997).

La degradación térmica de la fibra de lana se producirá con la exposición prolongada, incluso a condiciones relativamente leves tales como las

experimentadas durante el lavado. Esta degradación se manifiesta como pérdida de resistencia y amarillamiento (Wang *et al.*, 2003)

Es importante también la velocidad de transporte del material, pues de ella depende el tiempo que la lana permanece en cada baño, y de este tiempo las concentraciones de los mismos.

1.2.7.6 Acción Mecánica

La acción mecánica es necesaria para facilitar la eliminación de contaminantes. Sin embargo, la acción mecánica misma conduce al afieltramiento de la fibra. El método de alimentación de la lana a cada tina, el flujo de lana entre las tinas el mecanismo de transporte en las tinas, el cual consta de rodillos de compresión y transportadores entre las tinas antes del secado, todos tienen el potencial de afieltrar la lana (AWI, 2009).

La agitación de la lana en agua caliente, no sólo dará como resultado el daño de fibras, sino que también el afieltramiento de fibra, el cual es irreversible. Por lo tanto, la acción mecánica en el lavado de lana debe ser suave. Esto puede lograrse disminuyendo la cantidad de energía mecánica impartida a la lana durante el lavado. Debido a esta acción mecánica suave, se mantienen altos niveles de suciedad residual, esto puede ser compensado por la acción química. (Wang *et al.*, 2003)

La acción mecánica aparte de ayudar a que los glóbulos de grasa y aceite, y las partículas de suciedad sean eliminados de la superficie de la fibra, produce un íntimo contacto entre la solución y las fibras, y mantiene la concentración de los detergentes y de la suciedad homogénea. La agitación también reduce el ancho de la capa de suciedad unida a la superficie de la fibra, permitiendo un mayor acceso a la solución de los contaminantes a ser removidos, acelerando la acción detergente. (Datyner, 1983).

1.2.7.7 Eficiencia de los rodillos exprimidores

Los rodillos exprimidores tienen la función de remover tanta agua como es posible antes de que la fibra ingrese a la siguiente tina o al secado. Además ayudan a romper el lodo, la arcilla y la suciedad facilitando la remoción de suciedad de la tina de lavado. La acción de presión no tiene efecto en el afieltrado (Wood, 1985).

La presión de los cilindros exprimidores es igualmente importante, en la actualidad, se tiende a exprimir con una fuerza total de, aproximadamente, 10 toneladas en cilindros de exprimido de dos metros de ancho (Stewart, 1985). El tipo de recubrimiento de los cilindros exprimidores le puede dar una mayor eficiencia de exprimido: el recubrimiento del cilindro con 'top' de lana es más eficiente a altas temperaturas (60° C), mientras que a bajas temperaturas, el recubrimiento con cuerda es más eficiente (Stewart, 1985). El recubrimiento con "top" de lana es eficiente en un inicio, pero se deteriora rápidamente y hay que renovarlo constantemente para conservar su capacidad de exprimido. Tengamos en cuenta que cuando deja el último baño para entrar al secadero, la lana puede tener un "regain" del 50-100% dependiendo de la eficiencia de los cilindros exprimidores (Stewart, 1985).

La acción de exprimido es muy importante para la remoción de contaminantes. Por lo tanto, los rodillos deben mantenerse en buen estado (AWI, 2009).

La uniformidad del material a procesar es particularmente importante para garantizar las mejores condiciones posibles para los rodillos exprimidores (Carissoni, 2002).

1.2.7.8 Tiempo de Purga

La recirculación de la solución de lavado no es suficiente para mantener los baños limpios durante el lavado, pues las impurezas en el fondo de las tinas deben

evacuarse cada 4 – 5 horas, para evitar que la capa de lodo aumente y que pueda sentir el influjo del líquido y enturbie la solución. Por lo que los lodos de la primera tina son removidas mediante un tornillo de Arquímedes, que arrastra el fango hasta hacerlo caer en un receptáculo de impurezas. Esto se realiza para evitar la sedimentación de las impurezas en el fondo de la tina (Cacen, 1989).

Durante el lavado se debe tener especial cuidado con la evacuación de los sólidos de la solución de lavado. Cada baño debe contar con una válvula de evacuación programable que habilite la eliminación periódica de los sólidos precipitados (pocos segundos de apertura con una frecuencia elevada). Como una ayuda al lavado, es necesario eliminar de forma continua la “grasa” y la tierra del primer baño, su aumento a niveles excesivos puede provocar el deslizamiento de la lana en los cilindros exprimidores. Un nivel elevado de tierra hace que el baño sucio pase al siguiente baño (Stewart, 1985).

Generalmente las empresas realizan un lavado de maquina total después de cada turno, cada 8 horas, y un lavado parcial, remoción de agua de las primeras tinas de lavado, cada 4 a 6 horas.

1.2.8 Efecto combinado de los principales parámetros en el proceso de lavado

1.2.8.1 Efecto del pH y detergente

El pH tiene un efecto sobre el potencial superficial de algunas fibras. Las fibras proteínicas son cargadas positivamente a un bajo pH debido a la adsorción de iones hidrógeno y cargadas negativamente a un alto pH (por encima de la región isoelectrica) debido a la desorción de iones hidrógeno. Esta carga afecta la adsorción de surfactantes iónicos y afecta su detergencia, por lo que a un bajo pH el efecto es adverso, el surfactante iónico es adsorbido con su parte hidrofobica orientada fuera de la solución, por lo que atraerá suciedad grasienta hacia él. Los surfactantes no iónicos no son afectados en esta forma y pueden ser usados a $\text{pH} < 6$ (Datyner, 1983).

Cuando por razones económicas es posible el consumir mayor cantidad de detergente, se puede efectuar el lavado en medio neutro para lo cual se omite el uso del carbonato sódico y por consiguiente no se puede aprovechar el valor detergente de los jabones formados entre éste y la suintina de la lana; ello explica, el superior consumo de detergente (30%) requerido por este sistema con relación al alcalino. La lana lavada de esta forma y con un pH de 7,5 posee ventajas sobre la lana lavada en medio alcalino, tales como color más blanco, poca alteración y menor posibilidad de ser perjudicada en los tratamientos posteriores.

Las sales orgánicas como la soda cáustica y el carbonato de sodio reducen los enlaces de hidratación de los detergentes no iónicos, ocasionando una baja en la solubilidad en agua y en el punto de turbidez. De todas estas sales, la soda cáustica es la que tiene mayor influencia sobre la solubilidad. La baja en solubilidad se debe principalmente a una precipitación fuera de solución y no a una pobre estabilidad a los álcalis (Costa, 1990).

1.2.8.2 Efecto de la temperatura y el detergente

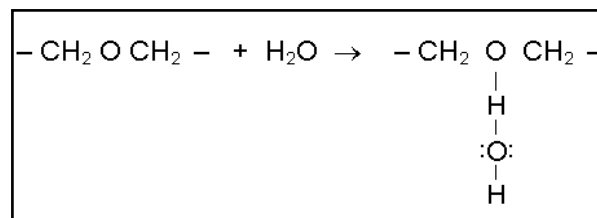
La adición de agua es insuficiente para eliminar la suciedad, debido principalmente a la insuficiente humectación y a las altas tensiones superficiales involucradas. Sin embargo, la adición de agua caliente por encima del punto de fusión de las grasas permite el acceso a los surfactantes (Wang *et al.*, 2003).

La velocidad de adsorción y desorción de los surfactantes por las fibras e impurezas se incrementa con la temperatura (mientras que el equilibrio de adsorción disminuye) y se puede esperar que el proceso de detergencia (humectación, formación de una emulsión, dispersión) sea más rápido. Sin embargo, la estabilidad de la emulsión disminuye con un incremento de la temperatura y las emulsiones corren riesgos particularmente durante el enjuague, cuando son sometidas a un shock térmico por medio de un repentino contacto con el agua, ya sea muy caliente o muy frío. El enjuague debería ser gradualmente. El efecto de la temperatura varía dependiendo del rol jugado por las moléculas surfactantes o micelas. A una mayor temperatura la concentración crítica micelar

(CMC) de los compuestos iónicos aumenta, y de los no iónicos disminuye (Datyner, 1983).

La parte solubilizante de los detergente no iónicos está constituida por una unidad de polioxietileno o polipropileno. El átomo de oxígeno en el enlace éter es capaz de formar un enlace de hidrógeno débil con el agua (Figura 14) (Costa, 1990).

Figura14. Hidratación de una unidad de polioxietileno.



A las primeras moléculas de agua (hidratación primaria) que interaccionan con el oxígeno etérico, se adicionan otras 20 a 30 moléculas mas por cada oxígeno, dando lugar a lo que se conoce como “témpanos” (hidratación secundaria). A medida que la cadena oxitetilénica se agranda, la solubilidad del compuesto en agua se incrementa (Costa, 1990).

El proceso de hidratación es reversible, al calentarlo se produce una deshidratación que conforme aumenta la temperatura puede llegar hasta la forma de hidratación primaria. A esta temperatura se le conoce como temperatura o punto de enturbiamiento. La separación de dos fases como resultado de la pérdida de H₂O de hidratación secundaria, por vibración térmica del polieter, al alcanzar su máxima turbidez, se le conoce como punto de enturbiamiento (Costa, 1990).

Al enfriarse la solución el enturbiamiento desaparece y se torna transparente. Este punto de enturbiamiento varía en los diversos medios químicos como pH, electrolitos y presencia de otro tensoactivo de carácter iónico y solvente (Costa, 1990).

La mayoría de productos no iónicos poseen su óptima eficiencia a una temperatura ligeramente inferior a su temperatura de enturbiamiento (Costa, 1990).

A mayores temperaturas se tiene una mejor eficiencia del detergente, arriba de los 80°C, pero en la práctica las temperaturas están limitadas a rangos estrechos. Los lavados con jabón tienen un límite superior de 55°C debido al daño causado por el álcali, para lavados con detergentes no iónicos la pérdida de eficiencia decrece rápidamente a temperaturas menores a 60°C, y la pérdida de calor tiende a convertirse en un problema a temperaturas superiores a 65°C, por lo tanto en la práctica los lavados con jabón operan en un rango de 45-65°C, y los lavados con detergentes no iónicos en el rango de 55-65°C (Wood, 1985).

1.2.8.3 Efecto del pH y temperatura

La necesidad de dispersar la grasa obliga a que el lavado se realice a temperaturas superiores a las de su fusión, lo que significa un ataque al enlace disulfuro. Esta alteración puede mantenerse dentro de unos límites razonables cuando la concentración de carbonato sódico es adecuada y la temperatura no pasa de 50°C. En estas condiciones el contenido de lantionina no excede del 0,3%, valor considerado por Zahn como máximo tolerable (Gacen, 1989).

Una temperatura adecuada activa las reacciones producidas en cada una de las tinajas durante el lavado. Una temperatura muy elevada, asociada a un álcali puede ser muy perjudicial para la lana (disminuye la resistencia de la fibra, altera y disminuye el factor de blancura y el brillo natural) (Gacen, 1989).

1.2.9 Maquinaria y Sistemas de Lavado

La unidad de lavado clásica se ha denominado “Leviatán” debido a los tenedores que emplea para transportar la materia. Esta máquina ha experimentado determinadas modificaciones en el transcurso del tiempo, siendo la máquina que más se adapta al lavado de todo tipo de lanas. Mas recientemente han aparecido

otras unidades de lavado, denominadas “Mini-Flow”, “Low Flow”, a fin de reducir el consumo de agua, siendo solamente adecuadas para determinados tipos de lana (Cegarra, 1997).

1.2.9.1 Sistema Tradicional de Lavado

Hay muchos tipos de máquinas de lavado que se diferencian tanto en la construcción como en el método empleado para la propulsión de lana. Todos los tipos tienen de 3 a 5 tinas (Link; 1948). La lana es transportada dentro de un mismo tanque por movimientos de horquillas y antes de traspasar al siguiente tanque, pasa a través de cilindros compresores. El tiempo de tratamiento en cada tanque varía de 4 a 9 minutos dependiendo de la calidad de la lana (Naik, 1995).

El largo de cada tina varía según la función a cumplir en el proceso de lavado, dependiendo, por lo tanto, del tiempo que la fibra debe permanecer en el baño de lavado antes de entrar a los cilindros exprimidores para pasar a la próxima tina o, en el caso de la última tina, el secadero. El largo es, consecuentemente, una función del tiempo requerido por la función del baño, la velocidad del sistema de transporte de los baños y los cilindros exprimidores. La velocidad del sistema de transporte y los cilindros exprimidores (velocidad tangencial) es la misma, de manera de mantener la napa de materia avanzando uniformemente sin que se generen espacios vacíos (Adot, 2010).

Los órganos fundamentales del leviatán son:

- La barca de sección rectangular con un doble fondo cubierto de un emparrillado. En la parte superior se encuentra la lana y las impurezas van cayendo en el fondo de sección triangular (Cegarra, 1997). Las tinas tienen un plato perforado en la parte inferior, el cual permite la remoción de la suciedad de la fibra y evita que las fibras pasen. (Wood, 1985).
- Un recipiente situado debajo de los cilindros exprimidores que recoge la solución escurrida, más sucia que la existente en la unidad correspondiente, y la envía a la unidad anterior (Cegarra, 1997).

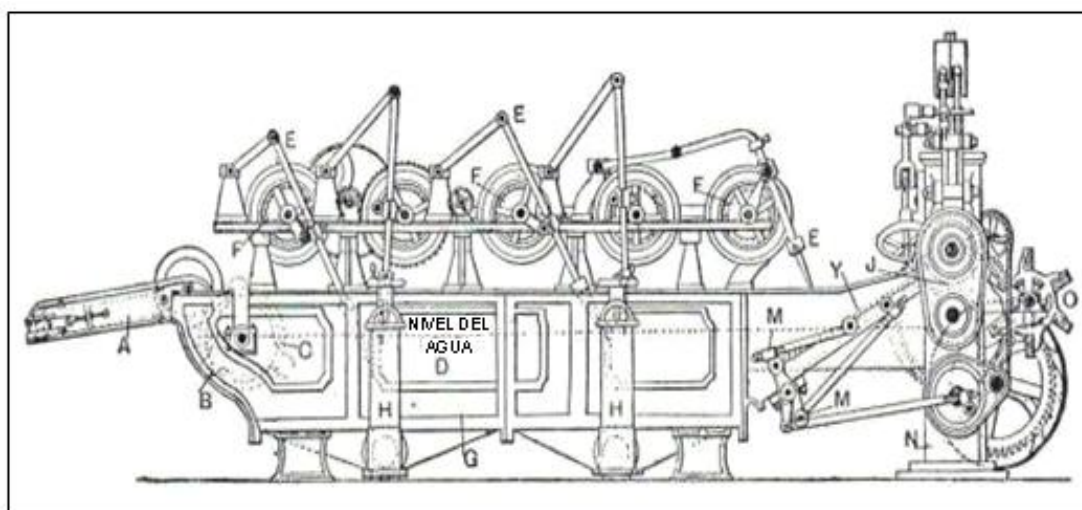
- Un cilindro con paletas situado a la entrada del leviatán, que mediante su giro, hunde la lana en la solución, asegurando su completa inmersión (Cegarra, 1997).
- Unos agitadores en forma de tenedores que ayudan a transportar la lana en su recorrido por la barca, colaborando a su apertura y a la eliminación de las impurezas, reciben un movimiento especial por medio de manivelas. En algunas versiones, estos tenedores son substituidos por órganos en forma de rastrillos, con idéntica función (Cegarra, 1997).
- Un extractor de lana, en forma de rastrillo que entrega la lana a los cilindros exprimidores. Este dispositivo tiene un movimiento en el sentido de la salida de la lana, arrastrándola cuando está sumergida; al llegar al final del recorrido asciende y vuelve a empezar el ciclo (Cegarra, 1997).
- Un par de cilindros exprimidores que entregan la materia a la siguiente unidad de lavado, la solución escurrida se recoge en una artesa y es enviada a la barca anterior (Cegarra, 1997).

En los baños de los lavaderos convencionales se observan dos diferentes tipos de sistema de transporte de fibra a lo largo del lavado: *i*) el de horquillas (Figura 15); y *ii*) el de rastrillera (Figuras 16 y 17). El de horquillas tiende a enfieltrar la fibra, en particular las más finas, al levantarlas fuera del baño al tiempo que las transporta, permitiendo que se retuerzan. El de rastrillera trata a la fibra más suavemente, por lo que se minimiza el enfieltrado. Hay otro sistema de transporte mucho más complejo y costoso, el Tipo Fleissner, para el movimiento de la lana en el baño se usan cilindros perforados dotados de succión. Se puede afirmar que esta tecnología no afieltra la materia por mas fina que sea.

En la Figura 15, podemos observar que el baño de lavado con sistema de transporte a horquillas consta de las siguientes partes: (A) telera de alimentación, (B) baño, (C) cilindro de inmersión (hunde la lana en la solución de lavado), (D) nivel del licor, (E) horquillas transportadoras de lana, (F) accionamiento de las horquillas por ruedas de leva, (G) piso falso perforado (habilita la caída y extracción de la tierra), (H) válvulas de salida (permite el retiro periódico de los barros de lavado), (Y) la última horquilla coloca la lana en la telera elevadora que

la conduce a los cilindros exprimidores, (J) cilindros exprimidores, (K), (L), (M) y (N) mecanismo accionamiento telera elevadora, y (O) descarga la fibra en una telera de alimentación que la conduce al próximo baño o al cargador del secadero (Radcliffe, 1953).

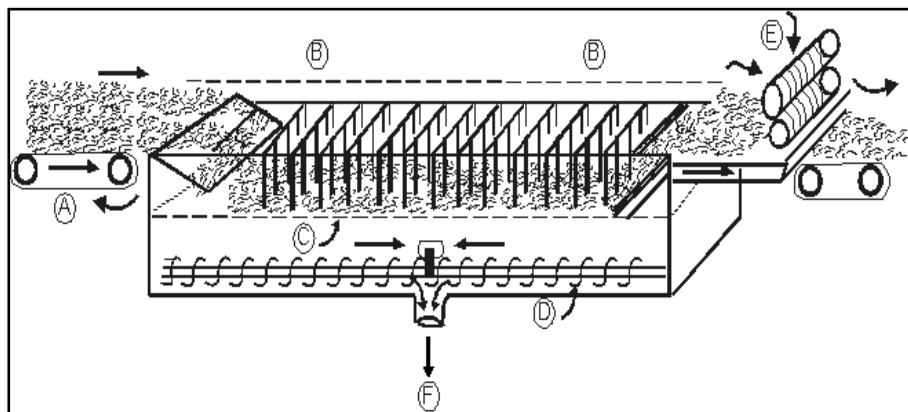
Figura 15. Baño de lavado con sistema de transporte a horquillas



La maquinaria usada para el lavado de fibra de alpaca es la misma que la usada para el lavado de lana, pero con ligeras adaptaciones como cilindros sumergidores especiales, que permitan humectar la fibra tan pronto como es alimentada, dado que la fibra de alpaca es más impermeable que la lana.

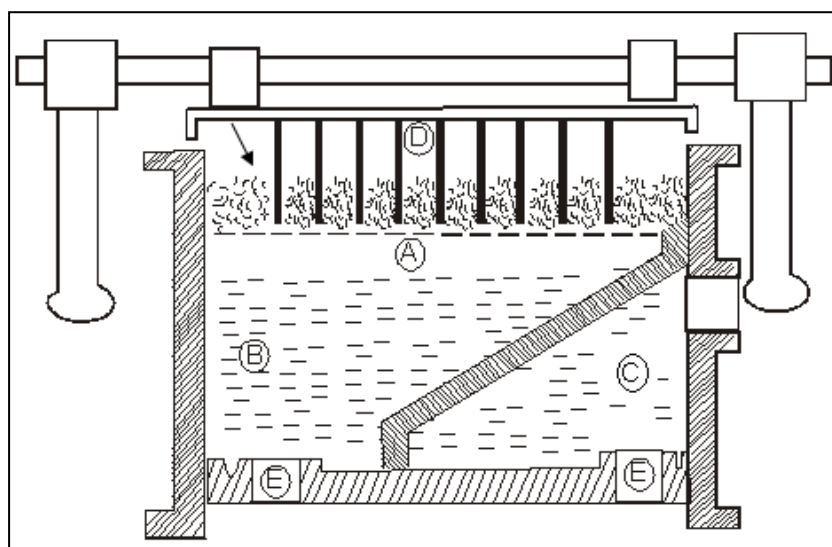
En la Figura 16, se muestra un esquema de la Primera Tina de Lavado con Sistema Único de Rastrillos, que esta constituido de las siguientes partes: (A) faja transportadora de tramo corto para la alimentación de la fibra a la 1era Tina, (B) sistema de rastrillo único para el avance de la Lana, (C) falso fondo perforado para la caída de lodos de lavado, (D) sistema de transporte de los lodos mediante dispositivos de “Gusanos Helicoidales”, (E) rodillos exprimidores, a la salida de las tinas, para la fibra lavada, y (F) dispositivo de drenaje de los lodos, situado a la mitad de la tina.

Figura16. Esquema de la Primera Tina de Lavado con Sistema Único de Rastrillos



En la Figura 17 podemos observar una vista transversal de una Tina de Lavado – Leviatán, donde se presentan las siguientes partes: (A) el falso fondo (perforado a 40 cm por debajo del nivel superior del baño), (B) volumen principal del baño en la primera tina, (C) tina o compartimento de sedimentación de los baños de exprimido (a la salida de las tinas), (D) sistema único de rastrillos (para el avance de la fibra sobre el falso fondo), y (E) Drenaje de la Tina Principal y de la Tina de Sedimentación con transportador de gusano.

Figura17. Vista Transversal de una Tina de Lavado – Leviatán



1.2.9.2 Lavado con cilindros de succión Fleissner

La unidad de lavado está formada por dos cilindros perforados, una tina de lavado rectangular en su parte superior y troncocónica en la inferior, un par de cilindros extractores-exprimidores que entregan la materia a una telera que la suministra a la unidad de lavado siguiente (Figura 18 y 19). Una bomba de tipo axial promueve la circulación de la solución de una forma suave y uniforme a través del material. El flujo de la solución de lavado es distribuido uniformemente mediante difusores a lo largo y ancho de la unidad, atraviesa la floca de lana sucia, en contacto con la parte inferior de los dos cilindros, por la succión promovida por la bomba axial, eliminando sus impurezas al mismo tiempo, crea un flujo en el mismo sentido de la marcha de la napa de floca, que conjuntamente con la rotación de los cilindros, produce el avance de la materia a lo largo de la unidad de lavado. Las impurezas se van depositando en el fondo de la tina de lavado troncocónica, siendo evacuadas regularmente. El conjunto de lavado puede estar compuesto de 4 o 6 unidades, según el tipo de lana a tratar y la producción requerida.

Figura 18. Unidad de lavado Fleissner – vista longitudinal.

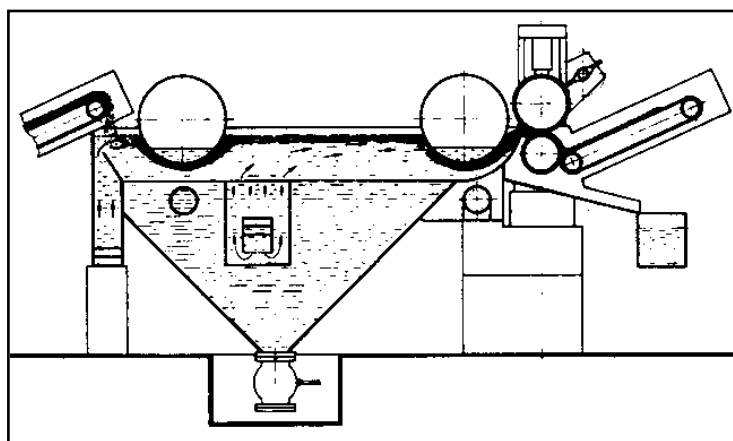
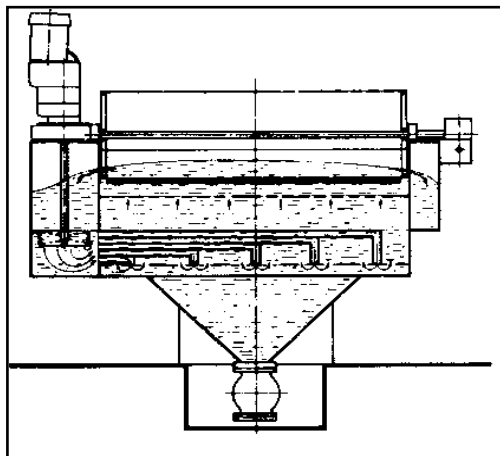


Figura 19. Unidad de lavado Fleissner – vista transversal.



1.2.9.3 Nuevas tecnologías de lavado

Las nuevas tecnologías de lavado de la lana basadas en la emulsificación persiguen dos objetivos:

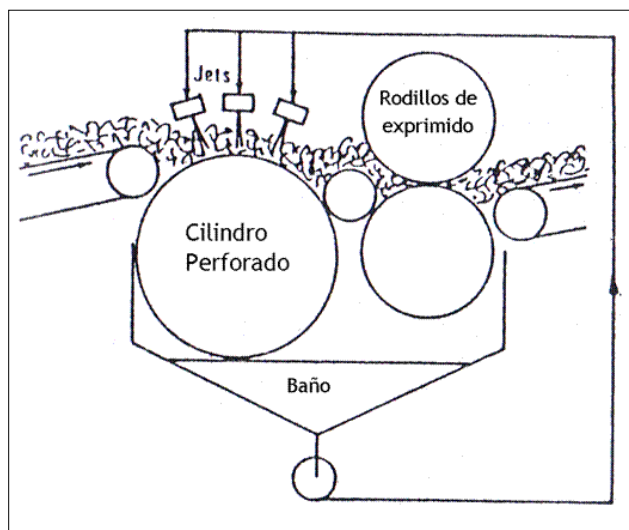
- Reducir la contaminación de las aguas residuales de lavado.
- Disminuir el consumo de agua, productos químicos y energía.

Los nuevos sistemas de lavado se conocen como Jet Scouring y Lo Flo desarrollado por la CSIRO y Mini Bowl desarrollado por WRONZ (Cegarra, 1997).

Jet- Scouring

La lana es llevada en una faja transportadora o en cilindros perforados bajo jets a baja presión o sprays de solución de lavado (Figura 20). Debido a que la velocidad del jet es lenta, existe poco movimiento de la lana y por lo tanto menos afieltramiento. Sin embargo, es posible un severo afieltramiento si son usadas altas velocidades del jet, por lo que el jet scouring no es un necesariamente un procedimiento de bajo afieltramiento (Wood, 1985).

Figura 20. Tina del Jet- Scouring



Lo Flo

El sistema “Lo Flo” consiste en substituir la primera barca de un lavadero convencional por una unidad “Lo Flo” de tres compartimentos de poca capacidad (Figura 21). Con ello se consigue un rápido aumento de la concentración de impurezas, las cuales cuando alcanzan una concentración crítica se desestabilizan, facilitando la separación de las materias contaminantes de la lana. En cada compartimento, la lana se somete a la acción del agua de lavado mediante unos pulverizadores, se escurre entre cilindros y pasa al compartimento siguiente. En los dos primeros compartimentos se añade carbonato sódico, en el tercero detergente. A continuación existen tres barcas convencionales, las dos primeras con detergente y la última con agua limpia (Cegarra, 1997).

Todo el conjunto opera a contracorriente. Las aguas de escurrido se recogen y calientan a 95°C, pasando a un decantador centrífugo, a la salida de la cual se obtienen unos lodos de bajo contenido en agua. El líquido pasa posteriormente a una centrífuga en donde se separa la grasa. El agua sobrante se enfría a la temperatura de trabajo, reciclándose al lavadero (Figura 22). El sistema “Lo Flo” está diseñado principalmente para el lavado de lanas australianas. Se obtiene una

mayor recuperación de la grasa que con el sistema tradicional, una eliminación del 95% de las impurezas de lana sucia y un costo inferior en la eliminación de las impurezas del vertido (Cegarra, 1997).

Figura 21. Esquema de unidad “Lo Flo”

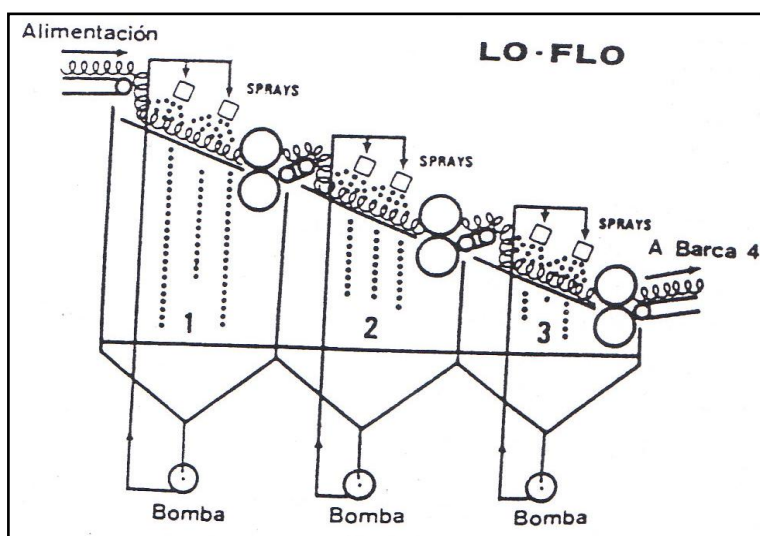
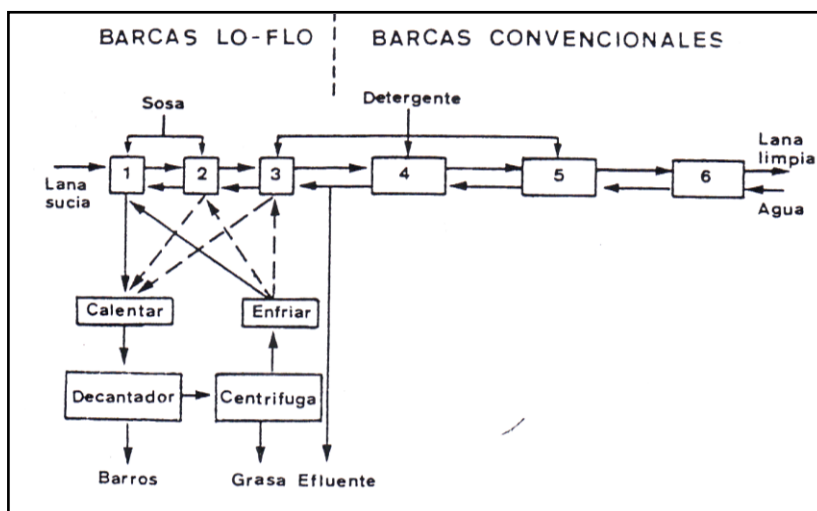


Figura 22. Esquema de circulación de efluentes - unidad “Lo Flo”

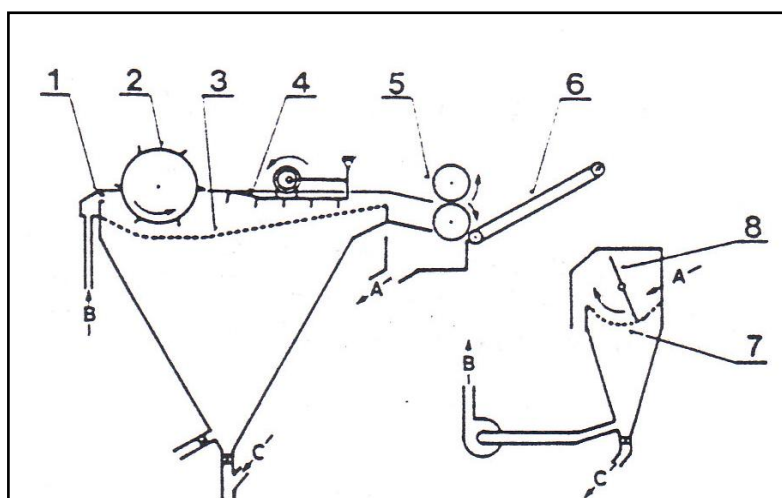


Mini Bowls

Los resultados obtenidos por los australianos con el sistema “Lo Flo”, llevaron a los industriales de Nueva Zelanda a diseñar un nuevo sistema de lavado para las lanas cruzadas de este país, basadas en la utilización de barcas de lavado más pequeñas “Mini Bowls”, ya que se había demostrado que para este tipo de lanas, no se requería el uso de largos tiempos de inmersión. WRONZ efectuó el desarrollo tecnológico del sistema, así como el dispositivo para la recuperación del efluente y la grasa (Cegarra, 1997).

En la figura 23 se puede apreciar el esquema de una barca “Mini Bowl”, el cual presenta los siguientes componentes: (1) caja inyectora de solución de lavado, (2) cilindro transportador e inmersor de la lana, (3) fondo enrejillado de la barca, (4) cabezal extractor de la lana de la “Mini Bowls”, (5) rodillos escurridores, (6) telera transportadora a la barca siguiente, (7) fondo enrejillado del depósito lateral, y (8) paleta limpiadora de floca de lana. Cada unidad “Mini Bowl” tiene una capacidad para 2.250 L, aproximadamente y va provista de una tapadera que permite ahorro de energía (Cegarra, 1997).

Figura 23. Esquema del “Mini Bowl” de WRONZ



A-B Circulación de la solución en la barca, provista de un regulador de temperatura.
 C Descarga al tanque de sólidos, individualizada para cada “Mini Bowl”.

Este sistema también se utiliza para el lavado de otras lanas de fina calidad. El consumo de agua, para lanas cruzadas tipo Nueva Zelanda, suele ser de unos 12 L / Kg de lana limpia. (Cegarra, 1997).

1.2.9.4 Sistemas de secado

La operación de secado comprende la evaporación del agua mediante aire caliente, la fibra ingresa al secador con un alto porcentaje de agua (60 a 65%), a la salida se la obtiene con un promedio de 16 a 18% de humedad.

Los túneles de secado, para el secado de fibra de alpaca deben ser más largos que los utilizados para la fibra de lana, para que no afecte el color y al tacto (Revista de la Industria Textil, 1987).

La tasa de humedad requerida depende del proceso a seguir. Un exceso de humedad puede causar oxidación en las maquinas y también durante el cardado puede ocasionar un exceso de neps. Cuando se almacena la lana lavada, un exceso de humedad puede causar un ataque por bacterias. Por todo esto, es necesario que antes de procesar la lana lavada, se elimine el exceso de humedad (Naik, 1992).

Hay que tener en cuenta que la capacidad que tiene del aire absorber la humedad no es directamente proporcional a la temperatura, sino que aumenta a una velocidad mucho más rápida. Los secadores de aire generalmente operan a 82°C. Los secadores modernos son mucho más eficientes y están provistos de una unidad de calentamiento, de esta manera se puede aumentar la temperatura de aire cuando llega a su punto de saturación (Naik, 1992).

El secadero puede ser de dos tipos: (1) de telera sin fin o (2) de tambores secadores perforados tipo Fleissner. En el primero, una telera metálica transporta la materia húmeda salida de los cilindros exprimidores del último baño (porcentaje de humedad de 50 a 60%) a lo largo de una cámara de secado calefaccionado con vapor o quemadores de gas directos. En el tipo Fleissner, unos cilindros perforados dotados de succión transportan la fibra por dentro de la cámara de secado (la lana, por obra de la succión, queda adherida a la superficie

externa de los cilindros perforados). En este caso el calor es generado dentro de los cilindros perforados con quemadores de gas.

El tipo de secadero a seleccionar tiene que ver con el nivel de eficiencia energética alcanzable (Stewart, 1985). En el cuadro 10 se ilustra la eficiencia energética de los diferentes tipos de secadero.

Cuadro 10. Eficiencia energética para diferentes tipos de secadero

Tipo de secadero	Carga de evaporación alcanzada	Potencia eléctrica/unidad de humedad evaporada (kJ/kg)
Telera (secadero tradicional)	10-15 kg/m ² /h	250
Tambores perforados (tipo Fleischner)	20-30 kg/m ² /h	400

Fuente: Stewart (1985).

En la búsqueda de eficiencia de secado, hay que tener en cuenta que: “Barker ha demostrado que una humedad absoluta de alrededor de 0,16 kg/kg de aire seco, es optima para la eficiencia del secadero y, por lo tanto, los sistemas de control se ajustan para reciclar el aire caliente que no llega a ese valor (vía un sistema de recuperación de calor), eliminándolo por la chimenea recién cuando es alcanzado” (Stewart, 1985). Respecto de la posibilidad de secar por radio-frecuencia se debe tener en cuenta que: “La energía eléctrica en forma de radiación electromagnética, interactúa con el agua del material para generar calor. Las frecuencias utilizadas en los secaderos textiles se ubican en las bandas de 13,56 y 27,12 mega Hertz (MHz). Si se expone la lana a esta radiación, el calor generado convierte el agua en vapor, el que es removido haciendo pasar aire por la masa de fibra. Una vez que el agua ha sido eliminada no se genera más calor, la radiación no interactúa con la lana seca, de manera de no consumir energía eléctrica adicional. El proceso se autorregula y su atractivo yace en el hecho que el calentamiento ocurre solo cuando es requerido, es decir, cuando hay agua presente. Ningún sector de la fibra puede calentarse por encima de la temperatura de evaporación (100° C). La desventaja es el alto costo del generador y su pobre eficiencia. Solamente el 50%

de la energía eléctrica es convertida en radio de frecuencia utilizable. La mayor atracción del proceso reside en su publicitada habilidad para producir materiales secos a un nivel de “regain” preciso (Stewart, 1985).

Como mantener una elevada temperatura con los restos alcalinos que conserva la lana es peligroso, debe procurarse trabajar con temperaturas lo más bajas posibles aumentando al máximo el volumen de aire y el tiempo de permanencia en la cámara.

Secadero de telera sin fin

Estos son los secadores más utilizados, el agua se evapora por medio de la circulación de aire caliente por succión o compresión, que es forzada perpendicularmente a través de una capa de fibras dispuestas en una cinta transportadora horizontal (Carissoni *et al.*, 2002)

La lana se conduce por una o varias cintas sin fin, a través de una cámara térmicamente aislada del exterior y en cuyo interior, mediante ventiladores, se fuerza una corriente de aire caliente (Figura 24 y 25). La principal ventaja de este tipo de secadero radica en el hecho de la inmovilidad con que se transporta la materia a través de él, la cual una vez seca, debido a no haber sufrido mecánicamente acordonamiento alguno, presenta una gran esponjosidad. Sin embargo, a causa de la inmovilidad con la que se ha tratado a la fibra, no se obtiene de ella ningún purgado de los residuos sólidos que la acompañan.

El suministro de aire del secador, se toma desde el exterior a través de la introducción de materiales y puertas de entrega.

Figura 24. Vista Lateral de dos Secadores de Telera Sin Fin.

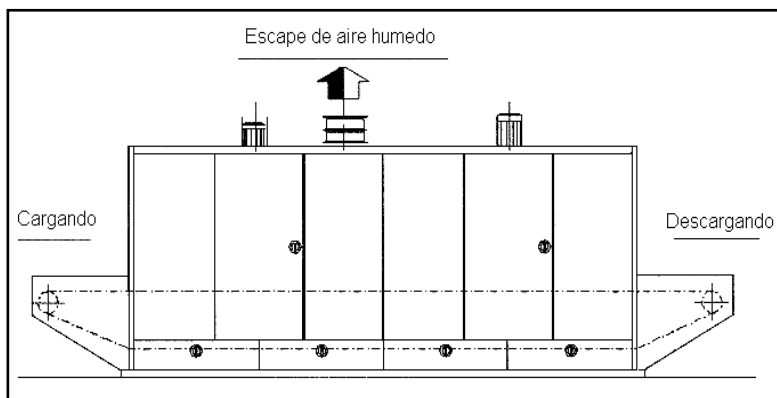
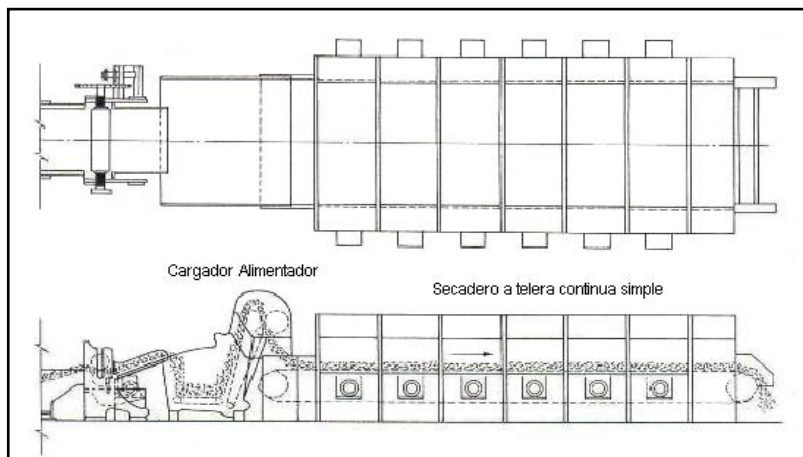


Figura 25. Secadero continuo o de telera sin fin (Von Bergen, 1969).



Secadero Fleissner

Consiste en una serie de cilindros perforados que están constituidos por un armazón metálico inoxidable perforado, en cuya superficie exterior va depositándose la materia a secar (Figura 26 y 27). La lana queda adherida al tambor por medio de una succión de aire caliente que se establece hacia el interior del cilindro. A la entrada del secadero hay un sistema cargador que distribuye la lana sobre el primer cilindro. Luego va pasando de un cilindro a otro hasta el último.

A consecuencia de esta disposición, y del sentido de circulación del aire, la napa de lana se adapta a la superficie perforada del cilindro por donde se efectúa el paso de aire caliente, promoviéndose de esta forma la eliminación de la humedad y el avance de la materia por la rotación del cilindro perforado. Esta disposición asegura una disminución del consumo energético en relación con los otros secadores en donde el aire circula paralelo a la napa de materia.

Figura 26. Vista Longitudinal de una Secadora Fleissner

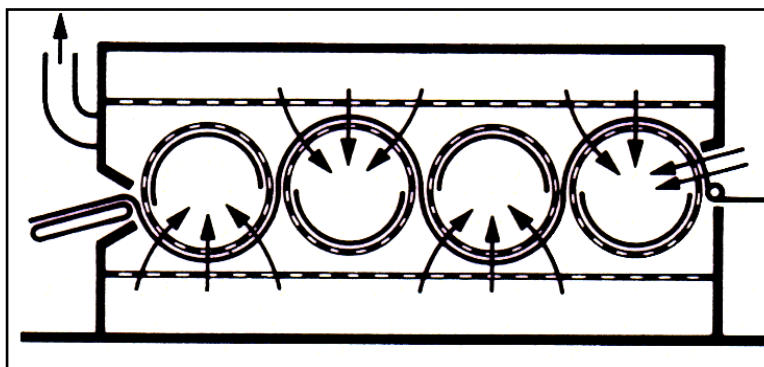
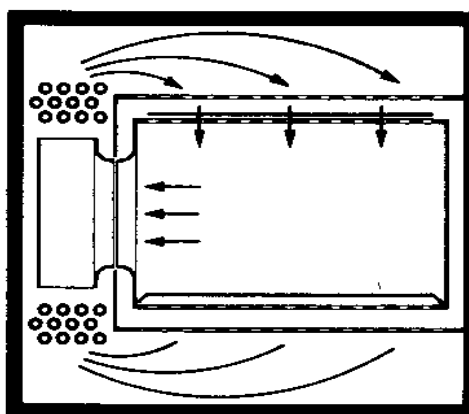


Figura 27. Vista transversal de una Secadora Fleissner



1.2.10 Control de calidad

Existen diferentes tipos de control industrial que se efectúan sobre la lana lavada.

1.2.10.1 Grasa residual

Es uno de los principales índices que permiten evaluar la eficiencia del lavado. Su principio consiste en efectuar la extracción en un Soxhlet con un disolvente, las materias solubles que aun quedan en la lana después de lavada, además de la grasa propiamente dicha (Cegarra, 1997).

El contenido de grasa en fibra lavada de alpaca oscila entre 0,96 y 2,02 % (Villarroel, 1970; citado por Marín, 2007).

Los valores de experiencia acumulados para el lavado de lana en solución acuosa indican que el porcentaje de grasa para una correcta manipulación en las operaciones posteriores debe estar situado entre 0,4 y 0,8 %, expresado sobre peso en seco absoluto de la lana lavada (Cegarra, 1997).

Cuanto más grasa residual queda en una lana después de lavada, es menos comercial (Codina, 1973). El porcentaje de grasa de las fibras especiales rara vez supera el 2%. Este contenido de grasa podría no justificar el centrifugado del efluente (Adot, 2010).

1.2.10.2 Contenido de ceniza

Es parte del contenido de materia mineral, existente en una pequeña cantidad de materia mineral que parece estar como constituyente esencial de la fibra misma. Esta es dejada como ceniza cuando la fibra lavada es incinerada (Carpio, 1978).

Las impurezas solubles en agua (cenizas) de la fibra de alpaca lavada presentan valores que se encuentran en un rango de 0,6 y 1,2 % y un promedio de 1,0 %, en alpacas Huacaya de un año de edad (Villarroel, 1959).

1.2.10.3 Materia Vegetal

Representa toda la materia vegetal incluyendo núcleos duros, semillas, hojas y pastos que pueden estar presentes en la lana lavada, esta es expresada como un porcentaje de la muestra de fibra (De Gea, 2006).

La materia vegetal en fibra lavada en diferentes lotes es un promedio que va de 0,60 a 2,01 % y un promedio general de 1,19 % (Villarroel, 1970; citado por Marín, 2007).

1.2.10.4 Humedad

El contenido de humedad de la lana lavada es muy importante y depende fundamentalmente de las condiciones de secado existentes en el secador. Se puede producir una alteración en la lana si la temperatura de secado es elevada; por otra parte, es necesario el lograr el máximo de ahorro energético. Todo ello implica un adecuado control durante el secado, mediante dispositivos que permitan determinar y regular la humedad de la lana a la salida del secador (Cegarra, 1997). La cantidad residual de agua contenida en el material de la salida de la secadora es generalmente de 12 a 15% del peso de la lana. Cuanto mayor es el contenido de materia vegetal, mayor debe ser la cantidad de agua contenida en la fibra. A mayor contenido de humedad, la fibra presenta una mayor suavidad, lo que asegura una mayor flexibilidad de las fibras durante el proceso de cardado, facilitando así la eliminación de materia vegetal (Carissoni, 2002).

1.2.10.5 Color

Con la buena intención de alcanzar la máxima blancura y menores contenidos de grasa, a veces se fuerzan las condiciones de lavado sin conseguir el resultado apetecido, ya que la fracción de grasa oxidada y reticulada por la acción de las radiaciones ultravioletas es muy difícil de separar. Además puede suceder que

tampoco se mejore la blancura de la fibra y que si se aumente el ataque químico experimentado por la lana (Gacen, 1989).

1.2.10.6 Detergente Residual

Si se realiza una extracción en Soxhlet con alcohol etílico se determina los productos detergentes residuales que contiene la lana (Cegarra, 1997)

1.2.10.7 pH del extracto acuoso

El pH del extracto acuoso de la lana, da una idea de la cantidad de ácido o álcali retenido por la fibra. En el caso del lavado de lana, debido a la adición de carbonato sódico, este pH se sitúa en el lado alcalino entre 8 y 10,8; está en relación con la cantidad de álcali retenido por la lana. La temperatura del lavado también influye (Cegarra, 1997).

El pH máximo admisible ha sido fijado en 10, esto para evitar la degradación química de la lana, el amarillamiento e influencias desfavorables en tratamientos posteriores (Cegarra, 1997).

El pH del extracto de agua puede tener importancia en la determinación de las condiciones de lavado a emplear. Hay un método estándar para su determinación, 2 g de lana son agitados en 100 ml de agua destilada durante una hora y se mide el pH del extracto (Stewart, 1985).

1.2.10.8 Porcentaje de sólidos

Respecto la concentración de sólidos en los baños sabemos que en el primer baño de lavado se han registrado concentraciones de sólidos del 15 al 18%, sin que la calidad del lavado de lana se vea afectado (Stewart, 1985), y que cuando el contenido de grasa del baño de lavado se acerca al 4 y 5 % se presenta un serio peligro de redeposición de la grasa en la lana.

Durante el lavado se debe tener especial cuidado con la evacuación de los sólidos del licor de lavado. Cada baño debe contar con una válvula de evacuación programable que habilite la eliminación periódica de los sólidos precipitados (pocos segundos de apertura con una frecuencia elevada). Como una ayuda al lavado, es necesario eliminar de forma continua la grasa y la tierra del primer baño, su aumento a niveles excesivos puede provocar el deslizamiento de la lana en los cilindros exprimidores. Un nivel elevado de tierra hace que el baño de lavado sucio pase al siguiente baño (Stewart, 1985).

1.2.10.9 Estándares del Proceso de Lavado

- Calidad del proceso del lavado observando visualmente el color de la fibra, continuidad o acumulación de fibra.
- Dosificación de detergentes (mililitros por minuto) considerando el tipo y la cantidad de lana a lavar. Se tiene que dar una constante dilución y una periódica renovación para evitar el punto de saturación.
- Temperatura de las tinas, teniendo en cuenta la óptima dilución del detergente para el lavado de la fibra. La temperatura depende de la naturaleza de la grasa de la fibra. A menor porcentaje de grasa menor temperatura.
- pH de las tinas de lavado. El pH adecuado para el lavado de lana esta entre 9 y 10,5 y para la fibra de alpaca entre 7,5 y 9,5.
- Presión de prensas de escurrimiento.
- Temperatura del secador, considerando la calidad, cantidad y tipo de lana a secar (100 a 120 °C).
- Nivel de grasa de la lana lavada (0,2 a 0,4%).
- Humedad a la salida de las tinas de lavado (60 a 65%) y del secador (10 a 14 %). A este porcentaje de humedad el material mantiene su lubricación natural.

1.3 Aspecto ecológico de lavado

El grado de contaminación de las fibras especiales en relación a las lanas es mínimo, lo que facilita enormemente su lavado. El porcentaje de grasa en estas materias rara vez supera el 2%. Este contenido de grasa podría no justificar el centrifugado del efluente (Adot, 2010).

El aspecto ecológico en el lavado de fibra de alpaca considera una reducción en el consumo de agua y la toma de medidas para prevenir y reducir la contaminación.

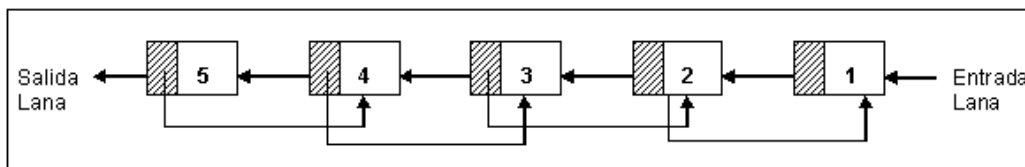
1.3.1 Reducción del consumo de agua

En relación a las recomendaciones más importantes para reducir el consumo de agua por kilogramo de lana lavada, se destacan los siguientes:

- A. Instalación de una cinta pesadora entre el cargador y la primera tina.
- B. Instalación de válvulas neumáticas en las tinas para el control de purgas.
- C. Control del nivel de impurezas en la solución de lavado para efectuar una purga racional.
- D. Instalación de un contador para conocer el consumo de agua y actuar en consecuencia.
- E. Recirculación racional de las soluciones de lavado de las dos primeras tinas y de las tinas de enjuague.
- F. Reutilización de las aguas tratadas.

En el lavado por el sistema tradicional y con el objeto de disminuir el consumo de agua, detergente y energía térmica, se efectúa un trasiego de baños a contracorriente (Figura 28).

Figura 28. Esquema de Circulación de los Baños de Lavado en los Leviatanes



En la Figura 28 se grafica el esquema de circulación de los baños de lavado, la zona rayada representa a los cilindros exprimidores, los cuales envían la solución escurrida a la tina anterior, más sucia, hasta llegar a la primera barca en la cual el líquido escurrido va hacia el desagüe para su posterior tratamiento. Cuando la solución de la primera barca está muy contaminada se procede a su desagüe y se pasa a ésta la solución de la segunda barca, procediéndose a pasar a ésta de la tercera y así sucesivamente. Como ello llevaba a una interrupción de la producción, se han instalado dispositivos de descarga, generalmente válvulas, situados en el fondo de las tolvas de las barcas 1 y 2, que con arreglo a una secuencia determinada, según el tipo de lana a tratar, efectúan descargas parciales, las cuales son compensadas con alimentación de nueva solución de lavado (Cegarra, 1997).

1.3.2 Medidas recomendadas para prevenir y controlar la contaminación

La lana sucia contiene una cantidad significativa de impurezas incluyendo grasas, suint (sustancias solubles en agua), materia mineral, vegetal y suciedad orgánica. La mayoría de estas impurezas son removidas durante el proceso de lavado.

El lavado se realiza con soluciones que contienen detergentes y carbonato sódico, como compuesto para alcalinizar la solución. Un elevado porcentaje de impurezas naturales de la lana se eliminan en este proceso; en consecuencia es de esperar efluentes que contendrán fuertes concentraciones de carbonato sódico, detergentes, grasas en emulsiones y sales minerales, por tanto serán más alcalinas

(pH entre 10 y 11,5), elevado DBO, elevada concentración de sólidos totales y en suspensión (Ávila, 2006).

Algunas de las medidas recomendadas para prevenir y controlar la contaminación consisten en:

- Diseñar sistemas de lavado que extraigan de forma continúa los sólidos pesados sedimentables, aumentar la recuperación de la grasa de lana (para la venta), recuperar calor a partir del efluente final de las instalaciones y controlar el uso del agua.
- Utilizar detergentes o agentes surfactantes biodegradables que no generen metabolitos tóxicos. (por ejemplo, alquilfenoles etoxilados (APEO) se sustituirá por etoxilatos de alcohol)
- Optimizar la extracción mecánica del agua antes del proceso de secado.
- Adoptar técnicas de lavado con disolventes que emitan reducidas cantidades de compuestos orgánicos volátiles (COV) para extraer los aceites insolubles en agua.

Durante el lavado con agua de la lana, el contar con circuitos de extracción de suciedad y recuperación de la grasa resultan en un reducido consumo de agua (2-4 L/kg de lana sucia) y una disminución de la carga orgánica en el efluente. (Grupo del Banco Mundial, 2007)

El control de la temperatura del agua y el control de humedad automático en el secador mediante sensores, suele derivar en una reducción de energía (Grupo del Banco Mundial, 2007).

El costo del tratamiento del efluente se ve afectado por el proceso de lavado. Si la recuperación de grasas es alta, habrá menos grasa en el efluente final; la suciedad removida en el proceso de apertura reduce la carga del efluente, la reducción en el consumo de agua da un menor volumen de efluente a tratar, el mantener el agua de enjuague y de contraflujo separado simplifica el proceso de tratamiento. (Wood, 1985).

1.3.3 Características de los efluentes del lavado de lana

Los efluentes están constituidos principalmente por componentes orgánicos solubles y emulsionados, materiales sólidos relativamente inertes, tensoactivos no iónicos y pesticidas incorporados en la materia prima (Cuadro 11) (Christoe, 1999).

Cuadro 11. Composición del Efluente

Grasa de lana	Suint	Suciedad	Detergente
0,4 – 1,0 %	0,4 – 0,6 %	0,4 – 1,2 %	0,04 -0,06 %

La grasa de lana es difícilmente biodegradable, y constituye el principal material emulsionado en el lavado. Los sólidos inertes representan una alta proporción de los contaminantes y están constituidos principalmente por micropartículas de materiales arcillosos. La suarda, compuesta por sólidos orgánicos solubles y materiales poliméricos coloidales (proteínicos), es un componente importante, biodegradable. La suciedad está compuesta por materiales húmicos (moléculas muy grandes y complejas extraídas de la materia orgánica), y principalmente por micropartículas de materiales arcillosos relativamente inertes, capaces de formar suspensiones altamente estables (Castro *et al.*, 1998).

Los efluentes pueden ser divididos en tres categorías: Pesados, ligeros de enjuague y residuos sólidos (Christoe, 1999).

El efluente pesado contiene altas concentraciones de sólidos solubles en agua (suint), solventes solubles (grasa) y suciedades en emulsión estable. El efluente de enjuague contiene primariamente bajos niveles de suciedad, pero contiene cerca de dos tercios de volumen de agua (6 a 7 L/kg de lana sucia). Los residuos sólidos incluyen el material removido en las operaciones de apertura, ellos contienen suciedad, fibras cortas y materia vegetal (Christoe, 1999).

Cualquiera sea el sistema de tratamiento de efluentes, la descarga representa un problema de contaminación. Una máquina de lavado que procesa 1000 kg/hr de

lana sucia en tres turnos, debería descargar unos 220 m³/día. Los efluentes del lavado de lana son difíciles de purificar debido a su consistencia y a su composición compleja. Algunas de las impurezas están disueltas, algunas emulsificadas y otras suspendidas (Wood, 1985).

Según el Decreto Supremo Peruano N° 28-60 SA-PL del Reglamento de Desagües Industriales, los efluentes grasos deberán tener una concentración mínima de 0,1 g/L, el pH debe estar comprendido entre 5 a 8,5, la demanda biológica de oxígeno no debe sobrepasar 1000 ppm, los sólidos sedimentables no tendrán concentración mayor a 8,5 ml/hr.

1.3.4 Tratamiento de los efluentes del lavado de lana

Los tratamientos tienden a remover estas impurezas y a menudo incluyen dos pasos, uno de remoción de partículas emulsificadas y suspendidas, y uno subsiguiente de disolución de las impurezas (Wood, 1985).

Los tratamientos de los efluentes pueden ser divididos en:

- Biológicos (aeróbicos y anaeróbicos).
- Químicos (coagulación, floculación, precipitación).
- Físicos (membranas, evaporación, incineración).
- Combinación de los métodos mencionados.

El mayor problema de todos estos métodos ha sido la eliminación de lodos, debido a que la cantidad generada, y los potenciales problemas asociados con los contaminantes presentes en los lodos (Christoe, 1999).

1.3.5 Ahorro de Energía

Dado que los costos de energía representan del 15 al 20 % del total del costo de lavado, y que el uso de energía se da en un 80 a 90% en el calentamiento. Se recomienda el uso de tapaderas para evitar que el agua de las soluciones de lavado se evapore y se pierda.

El secador usa la mitad o un poco mas del total de la energía y representa un gran potencial de ahorro de energía. La reducción de energía en el secado puede ser hecha mediante la instalación de intercambiadores de calor entre el aire que ingresa y sale del secador, y operando la ultima tina de enjuague a una temperatura óptima.

Otra causa de pérdida de calor es cuando la solución caliente es descargada. El costo de intercambio de calor para recuperar el calor por intercambio con el agua fría que ingresa es recuperado en un año. Una reducción en el consumo de agua reduce la cantidad de calor consumido para calentar la solución en las tinas de lavado.

Si se toman todas estas medidas y a la vez se evitan fugas de vapor, se puede ahorrar energía en un 30%, dando una reducción del costo total en el orden de 4-5% (Wood, 1985).

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 De las muestras de fibra

2.1.1 Fibra de alpaca grasienta para el estudio de sus principales características para su proceso de lavado

Para analizar el contenido de impurezas en el presente trabajo, se utilizaron muestras representativas de fibra grasienta de alpaca Huacaya de diferentes calidades (Baby, Fleece, Huarizo y Grueso), obtenidas en las Regiones de Cerro de Pasco y Arequipa.

Las muestras de fibra fueron analizadas en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz” del Programa de Investigación y Proyección Social en Ovinos y Camélidos Americanos (POCA), de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

2.1.2 Fibra de alpaca para el estudio de las condiciones del lavado en planta

Las pruebas fueron realizadas en la planta de lavado de una planta de lavado – peinado de fibra de alpaca y lana de la ciudad de Arequipa, las diferentes calidades de fibra de alpaca que trabajan en esta planta, son: Royal, Baby, Fleece, Médium Fleece, Inferiores, y Suri (Cuadro 12).

Cuadro 12. Clasificación de calidades de fibra de alpaca

Clasificación	Finura (Micrones)
Alpaca Baby	20,5 a 22,5
Alpaca Fleece	22,6 a 24,5
Alpaca Médium Fleece	24,6 a 26,5
Alpaca Inferiores Huarizo	26.6 a 29
Alpaca Inferiores Grueso	Mas de 29.1
Alpaca Suri	25 a 27

Fuente: Planta de Lavado

El estudio se realizó en la Línea de lavado de fibra de alpaca, la cual consta de un sistema de apertura, un lavadero de cinco tinajas, y un sistema de secado.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de control de calidad de la planta de lavado.

2.2 Materiales, Equipos e Insumos

2.2.1 De los materiales, equipos e insumos de laboratorio para el análisis las principales características de la fibra de alpaca grasienta para su proceso de lavado

Materiales

- Papel Filtro
- Embudo
- Jarra de 1 L
- Bolsas de polietileno
- Crisoles
- Bagueta

Equipos

- Balanza Analítica
- Equipo de Extracción de Grasas Soxhlet
- Estufa, con una exactitud de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. con indicadores lumínicos de funcionamiento e interruptor de corte de funcionamiento
- Campana Extractora de Humedad (Figura 29).
- Sírolan láser scan
- Mufla
- Cocina
- Recipiente de acero

Figura 29. Campana Extractora de Humedad



Insumos

•Éter de petróleo

La determinación de extracto etéreo en la fibra es uno de los indicadores de su contenido de impurezas, existen diferentes disolventes orgánicos con los que se pueden realizar la extracción. El éter de petróleo es el extractor con el que se obtienen los datos analíticos de mayor precisión y de mayor factibilidad económica.

Descripción

A temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro y volátil con un olor característico.

•Hidróxido de Sodio

Soluciones de hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente, disuelven la fibra de lana y casi no atacan la materia vegetal, por lo que se utilizan para la determinación de su contenido en la fibra.

Descripción

El Hidróxido de Sodio es un sólido cristalino, blanco, sin olor, que absorbe rápidamente dióxido de carbono y humedad del aire (delicuescente). El Hidróxido de Sodio es una base fuerte, se disuelve con facilidad en agua generando gran cantidad de calor y disociándose por completo en sus iones.

•Agua Destilada

Usada en la disolución del hidróxido de sodio para la determinación del contenido de materia vegetal.

2.2.2 De los materiales, equipos e insumos en la planta de lavado y laboratorio de control de calidad para el estudio de las condiciones del lavado en planta**2.2.2.1 En la planta de lavado****Materiales**

- Bolsas de polietileno para la muestra
- Formatos de control de pruebas
- Termómetro
- Papel Indicador de pH
- Jarra de 1L
- Cronómetro

Equipos

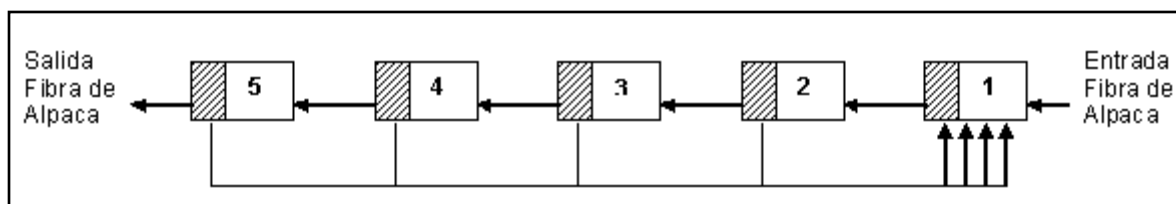
Sistema de apertura

El sistema de apertura consta de una cargadora que es alimentada con los fardos, una abridora marca Platt Saco Lowell, un sistema de succión que lleva a las fibras y las hace chocar contra un disco Morlen, y un cargador a las tinas de lavado.

Lavadero de Lana de 5 tinas

Lavadora con sistema de transporte a horquillas, sistema contraflujo de las tina 2, tina 3, tina 4 y tina 5 a la tina 1 (Fig. 30)

Figura 30. Esquema de Circulación de los Baños de Lavado en planta



Sistema de Secado

El sistema de secado cuenta con una cargadora a la salida de la quinta de lavado que alimenta la secadora, la cual consta de tres cámaras de secado a diferentes temperaturas (Ver cuadro 13) que secan la fibra mediante una corriente de aire caliente, obteniéndose un material lavado de aproximadamente 14% de humedad.

Cuadro 13. Temperaturas de las cámaras de secado

Camara 1	Camara 2	Camara 3
125°C	125°C	100°C

Insumos

- **Detergente Bp Nid 1000**

Los detergentes no iónicos son los mejores detergentes para el lavado de fibra de alpaca, principalmente por sus propiedades dispersantes y al hecho de que no son afectados significativamente por el agua dura y la temperatura.

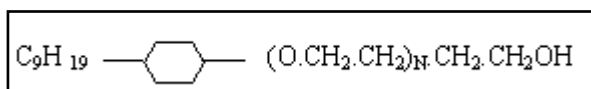
Descripción

Detergente no iónico. Líquido Incoloro Viscoso. Viscosidad aproximadamente 300 centistokes a 20°C.

Composición

Condensado de nonilfenol y oxido de etileno con 9 moles de oxido de etileno

Fórmula General:



Reacción: 1% de solución acuosa pH: 6,5 – 7,5

Punto de Turbidez: 1% de solución acuosa 50°C.

- **Carbonato de Sodio**

El pH adecuado para el lavado para la fibra de alpaca es de 7,5 - 9,5, para llegar a este pH se agrega carbonato de sodio a la solución de lavado. Además de regular el pH el álcali activa el poder de penetración de los detergentes y disminuye la tensión superficial.

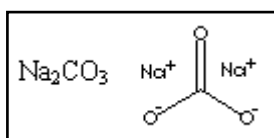
Descripción

Polvo blanco inodoro, soluble en agua (absorbe humedad del aire). Forma solución fuertemente alcalina en solución.

Composición

Cloruro de sodio con amoniac y dióxido de carbono.

Fórmula:



- **Agua**

El agua es el medio acuoso donde el detergente realiza su acción emulsificadora, así como permite la eliminación de la suciedad y el posterior enjuague de la fibra ya lavada.

1.2.2.2 En el laboratorio de control de calidad

Materiales

- Papel Filtro.
- Matraz.
- Embudo.
- Recipientes.
- Cardina.

Equipos

- Balanza Analítica, con pantalla de máxima legitimidad calibración externa, adaptador a red 24 V/batería de 1.5 V, y con una precisión de 0,1 g.
- Equipo de Extracción Rápida de Grasas, marca Wira. (Figura 31).
- Estufa, con una exactitud de +/- 0.1°C. con indicadores lumínicos de funcionamiento e interruptor de corte de funcionamiento (Figura 32).
- Cocina

Figura 31. Aparato de Extracción de Grasas



Figura 32. Estufa

Insumos

- **Diclorometano**, es un compuesto químico utilizado en la extracción de grasas. A temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro y volátil con un olor característico. Punto de ebullición: 40°C. Fórmula CH_2Cl_2
- **Alcohol Isopropílico**, es un alcohol incoloro, inflamable, muy miscible con el agua y de rápida evaporación. Es utilizado para desengrasar los platos de metal utilizados en la extracción de grasas. Punto de ebullición: 82.5 °C, densidad 0.7863g/cm³. Fórmula $\text{H}_3\text{C}-\text{HCOH}-\text{CH}_3$.

2.3 Métodos y Procedimientos

2.3.1 En el estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienda para su proceso de lavado

El análisis de humedad, contenido de grasas, contenido de cenizas, materia vegetal y pH de la fibra de alpaca es necesario para establecer las condiciones óptimas de lavado. El análisis del diámetro se realiza de manera complementaria para demostrar que se están analizando las calidades de fibra mencionadas.

2.3.1.1 En el muestreo

El muestreo se realizó al azar entre fardos de alpaca de diferentes calidades de la zona de Cuzco, tomándose una muestra de 50 g de fibra aproximadamente por fardo, y luego fueron colocados en bolsas de polietileno debidamente rotuladas en forma individual, con datos que incluyeron la calidad y procedencia, para posteriormente ser llevados al Laboratorio de Fibras Textiles, Piel y Cueros del POCA.

2.3.1.2 En el laboratorio de fibras

2.3.1.2 1. Diámetro de fibra

Para la medición del diámetro se usó el equipo sírolan láser scan (Figura 33), aplicando la norma técnica IWTO (International Wool Textile Organisation) 12-98, de acuerdo a ésta norma, se utilizó fibras cortadas en medidas de dos milímetros y posteriormente se introdujeron al equipo Sírolan Láser Scan, donde se obtuvieron resultados de diámetro. Esta evaluación fue hecha en el laboratorio “Alberto Pumayalla Díaz” del Programa de Investigación y Proyección Social en Ovinos y Camélidos Americanos (POCA), de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Figura 33. Sirolan láser scan



2.3.1.2.2 Contenido de grasa o extracto etéreo

Para determinar la cantidad de grasa residual que permanece en la fibra grasienta, se usó las recomendaciones de la ASTM (American Society of Testing Materials) D1574 – 87^a, que consiste en utilizar un espécimen de 3 a 4 g que es tomado de la muestra de fibra grasienta. La grasa es extraída de espécimen mediante éter de petróleo caliente, luego la grasa y el éter son sifonados hacia un balón limpio de peso conocido (Fig.34). La grasa se acumula en el balón como resultado del proceso de destilación. Se requieren 20 sifonadas (ciclos o vueltas) para remover toda la grasa residual de la fibra. Después de la destilación cierta cantidad de humedad permanece en el balón. Los balones son puestos en una estufa para su secado y luego por diferencia de peso del balón, se determinó el porcentaje el contenido de grasa en términos porcentuales.

Figura 34. Aparato Soxhlet

2.3.1.2.2 Porcentaje de humedad

Para determinar el contenido de humedad se usó el método estándar de determinación de humedad por secado en estufa según norma ASTM D1576 – 12, el cual consiste en tomar muestras de aproximadamente 40 gr. y someterlas a un proceso de secado en horno a la temperatura de 105 ± 2 °C hasta que la variación de masa entre masas sucesivas sea menor de 0,01% de su peso, las submuestras tomadas de la secadora se pesan antes y después de ser llevadas a la estufa.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}}$$

2.3.1.2.3 Contenido de ceniza

Se usó las recomendaciones de la ASTM (American Society of Testing Materials) D1113 – 90^a (Reapproved en 1995), que consistió en utilizar un espécimen de 10 g de la muestra de fibra grasienta. El espécimen se colocó en un crisol y luego fue quemado en una mufla a 800 °C (Fig.35). El crisol tardó dos horas en pasar a través de la mufla, durante todo éste tiempo toda la materia seca se quemó, dejando solo la materia mineral como ceniza. El contenido del crisol fue pesado y expresado como un porcentaje del peso del espécimen.

Figura 35. Mufla

2.3.1.2.4 Contenido de materia vegetal

Se usó las recomendaciones de la ASTM (American Society of Testing Materials) D1113 – 90^a (Reapproved en 1995), que consistió en sumergir 40 g de fibra en una solución de agua destilada (2 litros) y hidróxido de sodio al 10 % en ebullición y se agitó durante 3 minutos. Pasado este tiempo la fibra fue completamente disuelto, pero la materia vegetal fue relativamente desafectada. La solución fue volcada a través de un tamiz para retener la materia vegetal. Luego de enjuagar la materia vegetal es secada en una estufa a 115°C por 3 horas. Una vez obtenido el peso seco de materia vegetal, por diferencias de peso se determinó el porcentaje de materia vegetal.

2.3.1.2.5 pH de extracto acuoso

Se usó un método Standard para su determinación, según las recomendaciones de la IWTO-2-66(E)/ ASTM (D2165)33: 2 gramos de lana son agitados en 100 ml de agua destilada durante una hora y se mide el pH del extracto.

2.3.2 En el estudio de la influencia de las condiciones del lavado en planta sobre el porcentaje de grasas y apariencia de la fibra de alpaca lavada

2.3.2.1 En el muestreo

Antes de llevar a cabo las pruebas de control de calidad de determinación del porcentaje de grasas, y apariencia, es necesario obtener muestras de lo más representativo del lote de materia prima a lavar y de la fibra lavada.

2.3.2.1.1 Porcentaje de grasas y apariencia

Por cada prueba de lavado realizada a diferentes condiciones se tomó una muestra de 10 gramos de fibra grasienta y lavada. Para la determinación del porcentaje de grasas por duplicado se utilizaron 4 gramos. El resto fue utilizado para la determinación de la apariencia.

Para la determinación del porcentaje de grasas en cada tina, A la salida de los cilindros exprimidores se tomaron submuestras de la parte central, izquierda, y derecha, juntadose en una muestra de aproximadamente 10 gramos.

2.3.2.2 En el estudio de las condiciones de lavado en planta

Las tinas de lavado tienen las siguientes funciones: la primera tina es de remojo, la segunda, tercera son de lavado profundo, la cuarta tina de lavado de refuerzo y la última tina es de enjuague.

Se trabajó con una producción horaria de 200 a 250 Kg/hr, a un flujo volumétrico de agua de $0,02 \text{ m}^3 / \text{Kg}$. Para evaluar la influencia de las condiciones de lavado: temperatura, pH y concentración de detergente, sobre el contenido de grasas y apariencia de la fibra lavada, el lavado fue sometido a diferentes condiciones de temperatura, pH y concentración de detergente. Los cambios efectuados se hicieron en la 2da ,3era y 4ta tina, donde es realizado el lavado.

Las condiciones experimentales en la primera y en la última tina fueron constantes para cada calidad, y se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Condiciones de la Primera y Última Tina

CALIDADES	TINAS			
	1		5	
	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)	pH
BL	40	7	35	7
MFS	45	7	35	7
Inferiores	45	7	35	7
Suri	50	7	40	7

En la primera tina el detergente actúa como agente humectante. No es necesario añadir detergente en la primera tina, dado que existe detergente residual proveniente de las tinas de lavado posteriores mediante el sistema contraflujo.

Si la fibra sucia de alpaca con pH de 5,5 a 6,5 es introducida en una solución de lavado a la que no se ha agregado álcali, la fibra toma de la solución su necesidad de álcali hasta ponerse en equilibrio con la solución de lavado, perdiendo el carbonato su poder de ayuda al detergente, por lo que se realizaron adiciones de carbonato a la segunda y tercera tina.

La temperatura de las tinas de lavado debe ser mayor a 40°C, que es la temperatura mínima en la que las soluciones de lavado son efectivas para remover las grasas. La temperatura de la tina de enjuague es de 35°C para mejorar la eficiencia de secado.

La función de la segunda, tercera y cuarta tina es la de remover las grasas y suciedad de la fibra gracias a la acción de los surfactantes, auxiliares, agitación, y mecanismos de agitación para prevenir que las impurezas se redepositen.

Los niveles de las variables del proceso estudiadas se basaron en las condiciones establecidas en planta. El detergente diluido al 0,02% fue distribuido a diferentes concentraciones (ml/ seg.) en la segunda, tercera y cuarta tina. El carbonato

diluido a 0,075 g/ml fue distribuido en la segunda y tercera tina a diferentes concentraciones (ml/seg.) para obtener pHs desde 7,5 hasta 8,5.

Cuadro 15. Condiciones de la Segunda y Tercera Tina

Variables	Valores							
X ₁ = Temperatura (°C)	43	44	45	46	47	48	49	50
X ₂ = pH	7	7,5	8	8,5	-	-	-	-
X ₃ = Concentración de Detergente (ml/ 30 seg.)	200	250	300	350	400	450	500	600

Cuadro 16. Condiciones de la Cuarta Tina

Variables	Valores									
X ₁ = Temperatura (°C)	40	41	42	44	45	46	47	48	49	50
X ₂ = pH	7	8	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₃ = Concentración de Detergente (ml/30 seg.)	0	75	100	150	175	200	250	300	350	400

2.3.2.2.1 Temperatura (°C)

La medición de la temperatura se realizó mediante sensores de temperatura colocados en las tinas de lavado. Para las pruebas de lavado a diferentes temperaturas se hicieron cambios en el panel de control de temperatura.

2.3.2.2.2 pH

La medición del pH se realizó mediante papeles indicadores de pH. Se realizó introduciendo el papel indicador en la parte central de la tina de lavado. Para las pruebas de lavado a diferentes pHs se hicieron regulaciones en la válvula de dosificación de carbonato.

2.3.2.2.3 Concentración de Detergente

La medición de la concentración de detergente ml / seg. Se realizó midiendo el volumen de detergente en los dosificadores de las tinas de lavado en un determinado tiempo. Para las pruebas de lavado a diferentes concentraciones de detergente se hicieron regulaciones en la válvula de dosificación de detergente.

2.3.3.3 En el laboratorio de control de calidad

Los parámetros de calidad de la fibra lavada evaluados fueron: porcentaje de grasas y apariencia.

2.3.3.3.1 Contenido de grasas

Para determinar la cantidad de grasa de fibra sucia y de grasa residual que permanece en la fibra lavada, se usó un equipo extractor de grasa, el procedimiento de extracción de grasa consiste en utilizar un espécimen de 2 gr. de muestra de fibra, y cargarlo en el aparato de extracción. Se vierte lentamente sobre el espécimen 10 ml de disolvente diclorometano. Se conecta el equipo, se coloca un platillo sobre un calefactor, y se extrae la grasa del espécimen. La grasa se acumula en el platillo como resultado del proceso de extracción. Después de la extracción se pesa el platillo con la grasa ya depositada y se calcula el porcentaje de grasas.

2.3.3.3.2 Apariencia de la fibra lavada

El grado de apariencia se midió mediante la medición del color, que se analizó mediante inspección visual, comparando bajo una misma luz las muestras de fibra lavada con un patrón de fibra blanca y de color.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de las principales características de la fibra de alpaca grasienta

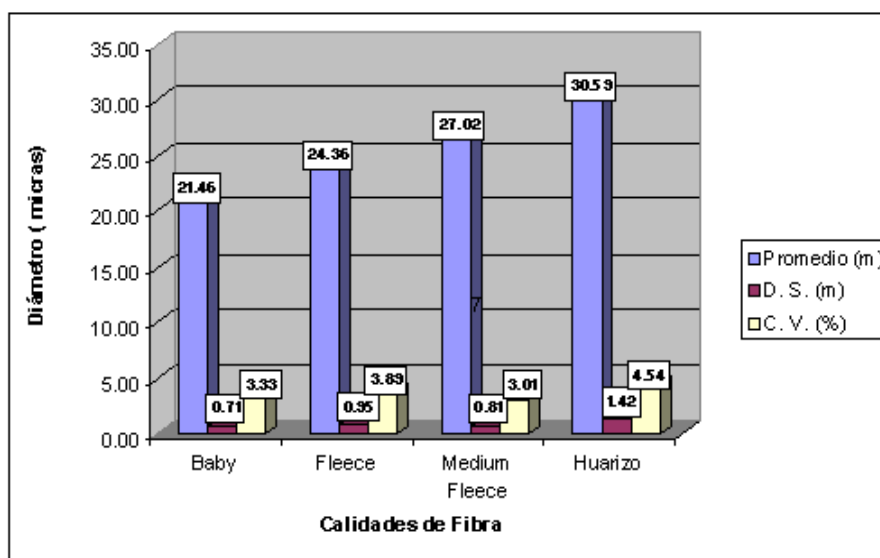
3.1.1 Diámetro de Fibra

En el Cuadro 17 y Figura 36, se muestran valores promedio de diámetro de fibra en alpacas las calidades de Baby, Fleece, Huarizo y Grueso. El diámetro de fibra promedio encontrado en Baby fue de $21,46 \pm 0,71 \mu$, con un coeficiente de variabilidad de 3,33%; en Fleece fue de $24,36 \pm 0,95\mu$, con un coeficiente de variabilidad de 3,89%; en Médium Fleece fue de $27,02 \pm 0,81\mu$, con un coeficiente de variabilidad de 3,01%; y en Huarizo fue de $35,3 \pm 1,42 \mu$, con un coeficiente de variabilidad de 4,54%.

Cuadro 17. Valores promedio del diámetro de fibra de alpaca

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	Baby	Fleece	Médium Fleece	Huarizo
Promedio (μ)	21,46	24,36	27,02	30,59
D. S. (μ)	0,71	0,95	0,81	1,42
C. V. (%)	3,33	3,89	3,01	4,54

Figura 36. Diámetro de diferentes calidades de fibra de alpaca



Al comparar los resultados encontrados en las diferentes calidades de fibra (Baby, Fleece, Huarizo y Grueso), a los valores de la norma NTP 231.301 – 2004, podemos ver que las calidades Baby (21,46 μ), Fleece (24,36 μ), Médium Fleece (27,2 μ), Huarizo (29,1 μ), se encuentran dentro del rango establecido por esta norma, Baby (< 23,1 μ), Fleece (23,1 a 26,5 μ), Médium Fleece (26.6 a 29 μ), Huarizo (29,1 a 31.5 μ) (Cuadro 18), demostrando así que el estudio se realizó con las calidades establecidas en la norma técnica peruana.

Cuadro 18. Cuadro comparativos de finuras entre los valores encontrados y según Norma Técnica Peruana (NTP).

Calidades	Finura (Micrones)	
	Según NTP	Valores Encontrados
Alpaca Baby (BL)	< 23,1	21,46
Alpaca Fleece (FS)	23,1 a 26,5	24,36
Alpaca Médium Fleece (MFS)	26,6 a 29	27,02
Alpaca Huarizo (HZ)	29,1 a 31,5	30,59
Alpaca Gruesa (AG)	> 31,5	-

3.1.2 Porcentaje de Humedad

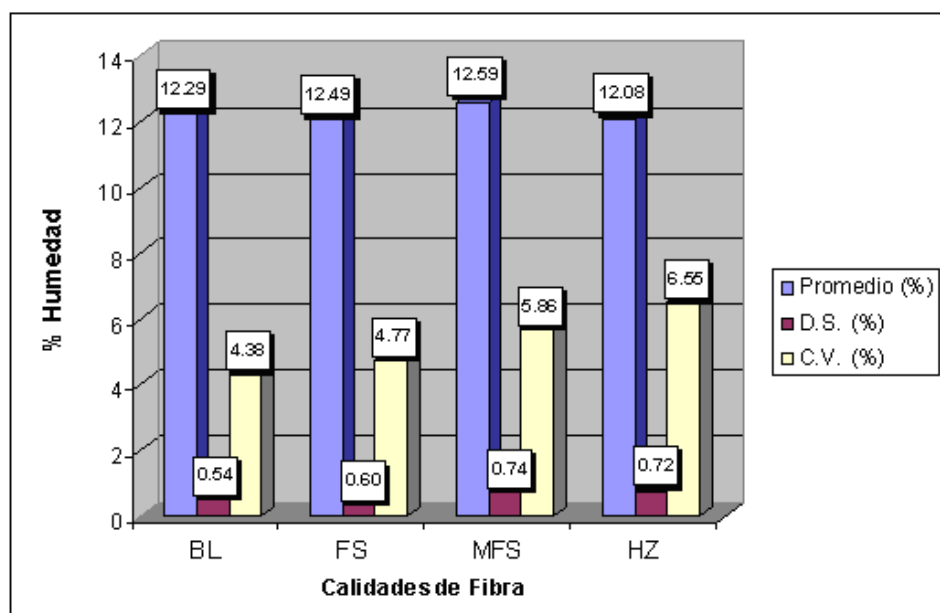
En el Cuadro 19 y Figura 37, se presentan valores promedio de humedad en fibra grasienta de alpaca en las calidades de Baby (BL), Fleece (FS), Médium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ). La humedad promedio en fibra sucia de alpaca de calidad BL fue de $12,29 \pm 0,54$ %, con un coeficiente de variabilidad de 4,38 %; en FS fue de $12,49 \pm 0,60$ %, con un coeficiente de variabilidad de 4,77 %; en MFS fue de $12,59 \pm 0,74$ %, con un coeficiente de variabilidad de 5,86 %; y en HZ fue de $12,08 \pm 0,72$ %, con un coeficiente de variabilidad de 6,55 %. Comparando estos resultados se encontraron porcentajes de humedad similares para las diferentes calidades, esto puede ser atribuido a que el porcentaje de humedad solo depende

de las condiciones ambientales. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Wang (2003), quien afirma que la cantidad de agua contenida en la fibra de alpaca es generalmente de 12 %. Sin embargo, difieren ligeramente con lo afirmado por Villarroel (1991), que reporta un 14% de contenido de humedad para la fibra de alpaca.

Cuadro 19. Valores promedio del porcentaje de humedad en fibra de alpaca sucia.

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	BL	FS	MFS	HZ
Promedio (%)	12,29	12,49	12,59	12,08
D.S. (%)	0,54	0,60	0,74	0,72
C.V. (%)	4,38	4,77	5,86	6,55

Figura 37. Porcentaje de Humedad en fibra de alpaca sucia



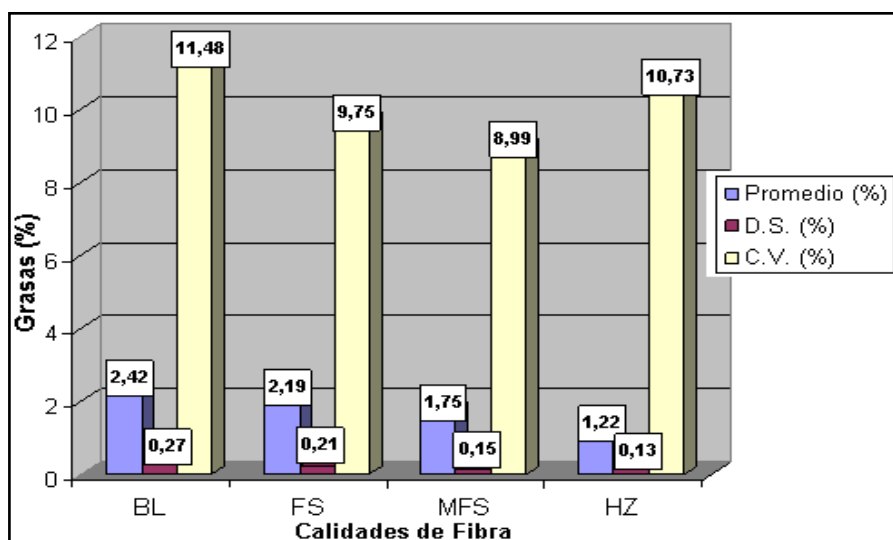
3.1.3 Contenido de grasas

En el Cuadro 20 y Figura 38, se presentan valores promedio del contenido de grasa de fibra sucia en las calidades de Baby (BL), Fleece (FS), Médium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ). El porcentaje promedio del contenido de grasa en fibra sucia de alpaca de calidad BL fue de $2,42 \pm 0,27$ %, con un coeficiente de variabilidad de 11,48 %, en calidad FS fue de $2,190 \pm 0,21$ % con un coeficiente de variabilidad de 9,75 %, en calidad MFS se obtuvieron valores de $1,75 \pm 0,15$ % con un coeficiente de variabilidad de 8,99 %, y en calidad HZ fue de $1,22 \pm 0,13$ % con un coeficiente de variabilidad de 10,73 %.

Cuadro 20. Valores promedio del contenido de grasa en fibra de alpaca sucia

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	BL	FS	MFS	HZ
Promedio (%)	2,42	2,19	1,75	1,22
D.S. (%)	0,27	0,21	0,15	0,13
C.V. (%)	11,48	9,75	8,99	10,73

Figura 38. Contenido de grasa en fibra de alpaca sucia



En relación al contenido de grasas, se pueden observar que las fibras con mayor finura presentan un mayor contenido de grasa, esto puede atribuirse a que las fibras más finas al tener una mayor densidad de fibras, tendrán una mayor dotación folicular provistos de glándulas sebáceas, y por lo tanto será mayor la producción de grasa (De Gea, 2004).

Estos resultados difieren de lo reportado por Osorio (1986) quien encontró promedios de $2,25 \pm 0,80\%$ para el primer año de edad (BL) y $2,13 \pm 0,82\%$ para el sexto año de edad (HZ). Los resultados obtenidos en este trabajo, están dentro del rango reportado por Leyva (1979), quien indica que el contenido de grasa para la fibra sucia de alpacas Huacaya varía entre 1,2 y 2,5 %.

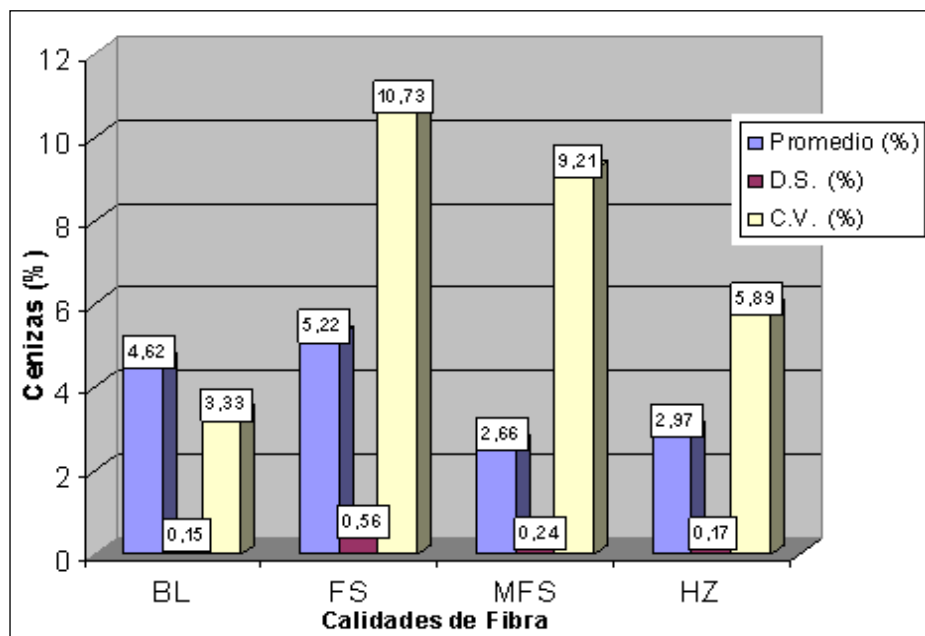
3.1.4 Contenido de cenizas

En el Cuadro 21 y Figura 39, se consignan valores promedio del contenido de ceniza en fibra sucia en las calidades de Baby (BL), Fleece (FS), Médium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ). El contenido de ceniza en fibra de alpaca sucia de calidad BL fue de $4,62 \pm 0,15\%$ con un coeficiente de variabilidad de 3,33 %, en FS fue de $5,22 \pm 0,56\%$ con un coeficiente de variabilidad de 10,73 %, en MFS se obtuvieron valores de $2,66 \pm 0,24\%$ con un coeficiente de variabilidad de 9,21%, y en HZ fue de $2,97 \pm 0,17\%$ con un coeficiente de variabilidad de 5,89%. Comparando estos resultados se encontró que las fibras de calidad Baby y Fleece son las que presentan mayor contenido de cenizas.

Cuadro 21. Valores promedio del contenido de cenizas en fibra de alpaca sucia.

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	BL	FS	MFS	HZ
Promedio (%)	4,62	5,22	2,66	2,97
D.S. (%)	0,15	0,56	0,24	0,17
C.V. (%)	3,33	10,73	9,21	5,89

Figura 39. Contenido de cenizas en fibra de alpaca sucia.



En relación al contenido de cenizas se encontraron diferencias entre diferentes calidades, apreciándose que las calidades inferiores, Huarizo y Grueso presentan un menor contenido de cenizas. Este hecho puede atribuirse a la falta de suint (conjunto de secreciones de las glándulas sudoríparas) en las fibras gruesas, la falta de suint evita que el material exógeno (rastros de polvo) se adhieran al vellón.

3.1.5 Contenido de materia vegetal

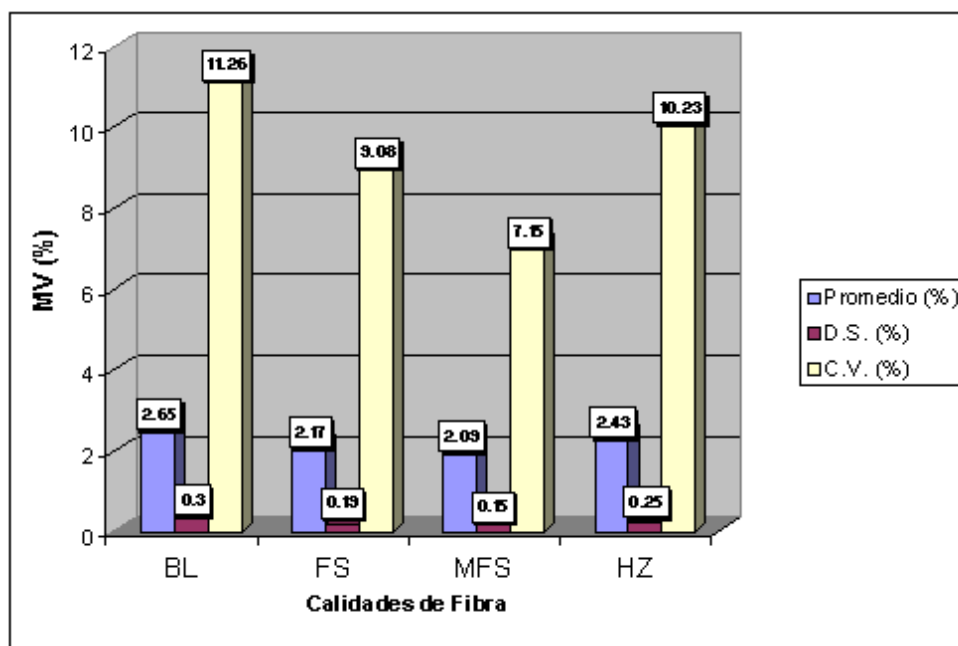
En el Cuadro 22 y Figura 40, se consignan valores promedio del contenido de materia vegetal de fibra de alpaca en las calidades de Baby (BL), Fleece (FS), Médium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ). El porcentaje promedio de materia vegetal en fibra de alpaca sucia de calidad BL fue de $2,65 \pm 0,30$ % con un coeficiente de variabilidad de 11,26 %, en calidad FS fue de $2,17 \pm 0,19$ % con un coeficiente de variabilidad de 9,08 %, en calidad MFS se obtuvieron valores de

2,09 \pm 0,15% con un coeficiente de variabilidad de 7,15%, y en calidad HZ fue de 2,43 \pm 0,25% con un coeficiente de variabilidad de 10,23 %. Comparando los resultados de los valores porcentuales promedio de materia vegetal se encontraron que fueron estadísticamente similares para todas las calidades.

Cuadro 22. Valores promedio del contenido de materia vegetal en fibra de alpaca sucia

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	BL	FS	MFS	HZ
Promedio (%)	2,65	2,17	2,09	2,43
D.S. (%)	0,30	0,19	0,15	0,25
C.V. (%)	11,26	9,08	7,15	10,23

Figura 40. Contenido de materia vegetal en fibra de alpaca sucia



Los valores promedio de contenido de materia vegetal en fibra lavada fueron similares para las diferentes calidades de fibra de alpacas. . Estos resultados pueden atribuirse a que el contenido de materia vegetal está principalmente influenciado por las condiciones de pastoreo, donde el vellón puede ser fácilmente contaminado con materia vegetal como semillas, frutos, restos de hojas, etc.

Estos resultados difieren a los encontrados por Leyva (1979) quien reportó valores que van de 3,3 al 10 % con un promedio de 7 % para fibra de alpaca Huacaya, que concuerdan con los reportados por Wang (2003), quien indica que el contenido de suciedad y materia vegetal en fibra de alpaca Huacaya, varía entre 3 y 10%.

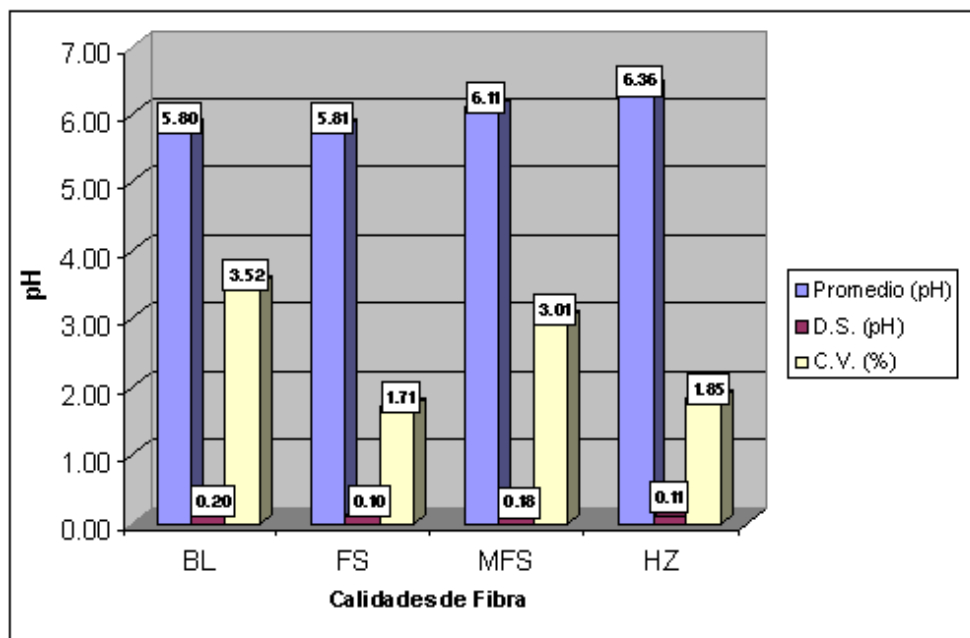
3.1.6 pH

En el Cuadro 23 y Figura 41 se muestran valores promedio de pHs de fibra de alpaca sucia en las calidades de Baby (BL), Fleece (FS), Médium Fleece (MFS) y Huarizo (HZ). El pH promedio en fibra de alpaca sucia de calidad Baby fue de $5,80 \pm 0,20$ con un coeficiente de variabilidad de 3,52 %, en calidad Fleece fue de $5,81 \pm 0,10$ con un coeficiente de variabilidad de 1,71 %, en calidad Médium Fleece se obtuvieron valores de $6,11 \pm 0,18$ con un coeficiente de variabilidad de 3,01 %, y en calidad Huarizo fue de $6,36 \pm 0,11$ con un coeficiente de variabilidad de 1,85 %. Comparando los valores promedio de pH se encontró que el pH disminuye a mayor finura.

Cuadro 23. Valores promedio del contenido de pH en fibra de alpaca sucia

Medidas Estimadas	Calidades de Fibra			
	BL	FS	MFS	HZ
Promedio	5,80	5,81	6,11	6,36
D.S.	0,20	0,10	0,18	0,11
C.V. (%)	3,52	1,71	3,01	1,85

Figura 41. pH en fibra de alpaca sucia



El pH de la fibra de alpaca se encuentra entre 5,80 y 6,36. En relación al efecto de la calidad de fibra sobre el pH, los resultados muestran que las calidades menos finas (MFS y HZ) son las que presentan un mayor pH. Dado que el pH de la fibra es determinado por el pH del suint, se puede decir que las alpacas de mayor edad (calidades inferiores) presentan un suint de pH más alcalino.

3.2 Estudio de la influencia de las condiciones del lavado sobre el porcentaje de grasas y apariencia de la fibra de alpaca lavada

3.2.1 Estudio de las condiciones de lavado de la fibra de alpaca de calidad Baby (BL)

3.2.1.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis del contenido de grasas

Cuadro 24. Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Baby

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
400	400	250	200	150	8,5	8,5	7	40	42	42	40	0,30	++

Tal como se muestra en el Cuadro 25, la calidad Baby es la que presenta mayor contenido de grasas en fibra sucia, de 2 a 2,5 %, la cual es eliminada en las cuatro primeras tinajas de lavado, principalmente en la primera tina en un 1%.

Cuadro 25. Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinajas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Baby, bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 24.

Material	Inicial	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Baby	2,5	1,5	1,0	0,6	0,40	0,30

3.2.1.2 pH

Un lavado en medio alcalino a pH 8 en la segunda tina disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,04% y mejora la apariencia de la fibra lavada (Ver Cuadro 26). Esto concuerda con lo dicho por Datyner (1983) quien menciona que los surfactantes no iónicos lavan bien en soluciones neutras pero son más eficientes a pH alcalino, esto debido a que según Bateup (1986) la adición de carbonato de sodio incrementa la tasa de remoción de grasa y potencia la eliminación de la suciedad vía efectos de barrera eléctrica.

Según se muestra en el cuadro 26, no tiene un mayor efecto trabajar a pHs mayores de 8, el porcentaje de grasas y la apariencia de la fibra lavada se mantiene igual, esto puede deberse al bajo contenido inicial de grasas de la fibra de alpaca que hace innecesario trabajar a pHs muy alcalinos.

Cuadro 26. Efecto de diferentes pH de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
400	400	200	0	0	7	7	7	40	45	45	40	0,32	++
400	400	200	250	0	8	7	7	40	45	45	40	0,28	+++
400	400	200	300	0	8,5	7,5	7	40	45	45	40	0,28	+++

3.2.1.3 Concentración de Detergente

Una dosificación de detergente mayor de 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente, causa amarillamiento y afeiltramamiento de la fibra lavada, mientras que una dosificación menor incrementa el porcentaje de grasas y no mejora la apariencia de la fibra (Ver Cuadro 27). Esto debido a que las fibras finas (Baby) para una masa de unidad dada, tienen más contacto fibra / fibra, y al estar las fibras mojadas se levantan las escamas, ocasionando un mayor afeiltramamiento. El afeiltramamiento también se manifiesta cuando la cantidad de detergente adicionada es elevada debido a la excesiva espuma formada.

Tal como se consigna en el Cuadro 27, el no realizar la dosificación de detergente en la cuarta tina aumenta el contenido de grasas y no mejora la apariencia de la fibra lavada.

Cuadro 27. Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia	Afeiltr.
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4			
400	400	200	250	0	8	7	7	40	45	45	40	0,28	+++	Un poco
450	450	150	250	0	8	7	7	40	45	45	40	0,19	+	Si
500	500	0	150	0	8	7	7	40	45	45	40	0,38	++	Si
350	350	200	200	0	8	7	7	40	45	45	40	0,31	++	No

3.2.1.4 Temperatura

Según se presenta en el Cuadro 28, el lavar a una temperatura de 47°C con respecto al lavado a una temperatura de 45°C no disminuye el contenido de grasas la apariencia desmejora y el afeiltramamiento se incrementa levemente.

Cuadro 28. Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Baby

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia	Afeiltramamiento
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4			
400	400	200	250	0	8	7	7	40	47	47	47	0,28	++	Un poco
400	400	200	250	0	8	7	7	40	45	45	45	0,28	+++	No

3.2.2 Estudio de las condiciones de la fibra de alpaca de calidad Médium Fleece (MFS)

3.2.2.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis del contenido de grasas inicial, durante el proceso y final.

Cuadro 29. Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Médium Fleece

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
400	500	250	200	0	8	7	7	48	46	45	44	0,30	++

La calidad Médium Fleece presenta un contenido de grasas en la fibra sucia de 1,3%, la cual es eliminada principalmente en la segunda tina de lavado en un 0,4% (Ver Cuadro 30).

Cuadro 30. Contenido de grasas (% peso de fibra sucia) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Médium Fleece bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 29.

Material	Inicial	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Médium Fleece	1,3	1,0	0,6	0,5	0,40	0,30

3.2.2.2 pH

Según como se consigna en el cuadro 31, un lavado en medio alcalino a pH 8 con respecto a un lavado en medio neutro en la segunda tina de lavado disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,11% y mejora la apariencia de la fibra lavada.

No tiene un mayor efecto trabajar a pH mayores de 8, el porcentaje de grasas disminuye ligeramente y la apariencia de la fibra lavada se mantiene igual (Ver Cuadro 31).

Cuadro 31. Efecto de diferentes pHs de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Médium Fleece

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
400	400	200	250	0	8,5	7,5	7	45	47	47	45	0,26	+++
400	400	200	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,24	+++
400	400	200	100	0	7,5	7	7	45	47	47	45	0,30	++
400	400	200	0	0	7	7	7	45	47	47	45	0,35	++

3.2.2.3 Concentración de Detergente

Según se muestra en el Cuadro 32, el trabajar a dosificaciones mayores de 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente disminuye ligeramente el contenido de grasas y no mejora la apariencia de la fibra

lavada, mientras que lavar a menores dosificaciones incrementa el porcentaje de grasas y desmejora la apariencia.

Cuadro 32. Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Médium Fleece

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
400	400	200	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,24	+++
500	500	200	200	0	8	7	7	45	47	47	47	0,22	+++
300	300	200	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,29	++

Al lavar sin dosificación en la cuarta tina el contenido de grasas y la apariencia disminuye ligeramente (Ver Cuadro 33).

Cuadro 33. Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en la cuarta tina sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Médium Fleece

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
400	400	200	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,25	+++
600	600	0	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,24	++

3.2.2.4 Temperatura

Según se muestra en el Cuadro 34, el lavar a una temperatura de 45°C aumenta el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,08% con respecto al lavado a 47°C, la apariencia mejora.

El lavar a temperaturas mayores de 49°C no tiene mayor efecto en el contenido de grasas ni en la apariencia de la fibra lavada (Ver Cuadro 34).

Cuadro 34. Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Fleece

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
400	400	200	200	0	8	7	7	46	49	49	47	0,25	++
400	400	200	200	0	8	7	7	46	47	47	46	0,26	++
400	400	200	200	0	8	7	7	45	45	45	46	0,34	+

3.2.3 Estudio de las condiciones de la fibra de alpaca de calidades Inferiores (Huarizo y Grueso)

3.2.3.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis del contenido de grasas inicial, durante el proceso y final.

Cuadro 35. Condiciones de lavado establecidas en planta para las calidades inferiores.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
350	300	150	200	150	8	7,5	7	45	48	48	45	0,20	+

Según se presenta en el cuadro 36 las calidades Inferiores presentan un contenido de grasas entre 1 y 1,2% en fibra sucia, la cual es eliminada principalmente en la primera y segunda tina de lavado en un 0,7%.

Cuadro 36. Contenido de grasas (% peso de fibra) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidades inferiores bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 35.

Material	Inicial	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Inferiores	1,2	0,90	0,50	0,40	0,30	0,20

3.2.3.2 pH

Tal como se consigna en el cuadro 37, un lavado en medio alcalino a pH 8 con respecto a un lavado en medio neutro en la segunda tina de lavado disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,09% y no mejora la apariencia de la fibra lavada. El trabajar a pHs mayores de 8 disminuye ligeramente el porcentaje de grasas y no mejora la apariencia de la fibra lavada. (Ver Cuadro 37).

Cuadro 37. Efecto de diferentes pH de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
300	300	150	0	0	7	7	7	45	48	48	45	0,29	+
300	300	150	150	0	8	7,5	7	45	48	48	45	0,20	++
300	300	150	200	0	8,5	7,5	7	45	48	48	45	0,19	++

3.2.3.3 Concentración de Detergente

Según se reporta en el cuadro 38, el trabajar a dosificaciones mayores de 300/300/150 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente disminuye el contenido de grasas en un 0,05% y no mejora la apariencia de la fibra lavada.

Cuadro 38. Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
300	300	150	150	0	8	7	7	45	48	48	45	0,20	++
250	250	200	150	0	8	7	7	45	48	48	45	0,25	+
350	350	200	150	0	8	7	7	45	48	48	45	0,20	+
400	400	200	0	0	8	7	7	45	48	48	45	0,17	++

Sin embargo al trabajar a dosificaciones menores de 300/300/150 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente se observa una ligera variación en el contenido de grasas, pero si una disminución de la apariencia de la fibra lavada (Ver Cuadro 39).

Cuadro 39. Efecto de menores dosificaciones de detergente en las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
300	300	150	150	0	8	7,5	7	45	48	48	45	0,20	++
250	250	200	200	0	8	7	7	45	48	48	45	0,26	+

Al lavar sin dosificación en la cuarta tina el contenido de grasas en la fibra lavada se incrementa en un 0,10% y la apariencia disminuye ligeramente (Ver Cuadro 40).

Cuadro 40. Efecto de la no dosificación de detergente en la cuarta tina de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
300	300	150	150	0	8	7,5	7	45	48	48	45	0,20	++
300	400	0	200	0	8	7	7	45	48	48	46	0,30	+

3.2.3.4 Temperatura

Tal como se reporta en el Cuadro 41, el lavar a una temperatura de 50°C con respecto al lavado a 48°C disminuye ligeramente el contenido de grasas de la fibra lavada, la apariencia no mejora y no se observa afieltramiento.

Cuadro 41. Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidades inferiores

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
300	300	150	125	0	8	7,5	7	45	48	48	45	0,20	++
300	300	150	125	0	8	7,5	7	46	50	50	46	0,19	++

3.2.4 Estudio de las condiciones de la fibra de alpaca de calidad Suri

3.2.4.1 Estudio de la situación actual del proceso de lavado mediante el análisis del contenido de grasas inicial, durante el proceso y final.

Cuadro 42. Condiciones de lavado establecidas en planta para la calidad Suri

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
500	500	250	250	150	8,5	7,5	7	50	50	50	50	0,20	+

Tal como se reporta en el Cuadro 43 la calidad Suri presenta un contenido de grasas en fibra sucia de 1,6%, la cual es eliminada principalmente en la segunda y tercera tina de lavado en un 1%.

Cuadro 43. Contenido de grasas (% peso de fibra sucia) en las diferentes tinas de lavado de la fibra de alpaca de calidad Suri bajo las condiciones de lavado mostradas en el Cuadro 42.

Material	Inicial	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Suri	1,6	1,4	0,90	0,40	0,20	0,20

3.2.4.2 pH

Según se muestra en el Cuadro 44, un lavado en medio alcalino a pH 8 con respecto a un lavado en medio neutro en la segunda tina de lavado disminuye ligeramente el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,02% y no mejora la apariencia de la fibra lavada.

El lavado a pH 8,5 con respecto a pH 8 en la segunda tina de lavado disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,09% y desmejora la apariencia de la fibra lavada.

Cuadro 44. Efecto de diferentes pH de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
500	500	200	200	0	7	7	7	50	50	50	50	0,34	++
500	500	200	0	0	8	8	7	50	50	50	50	0,32	++
500	500	200	200	0	8,5	8	7	50	50	50	50	0,26	++

3.2.4.3 Concentración de Detergente

El trabajar a dosificaciones menores de 500/500/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente aumenta el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,05% y desmejora la apariencia de la fibra lavada, mientras que a dosificaciones mayores el porcentaje de grasas varía ligeramente y no mejora la apariencia (Ver Cuadro 46).

Cuadro 45 Efecto de diferentes dosificaciones de detergente en las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri.

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
500	500	200	0	0	8,5	8	7	50	50	50	50	0,26	++
400	400	200	200	0	8,5	7	7	50	50	50	50	0,31	+
600	600	200	200	0	8,5	7	7	50	50	50	50	0,28	++

3.2.3.4 Temperatura

Tal como se reporta en el Cuadro 41, el lavar a una temperatura de 50°C con respecto al lavado a 48°C disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada en un 0,11%, la apariencia no mejora.

Cuadro 46. Efecto de diferentes temperaturas de las tinas de lavado (T) sobre el % de grasas y apariencia de la fibra de alpaca de calidad Suri

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)		pH			Temperatura (°C)				% Grasas	Apariencia
T 2	T 3	T 4	T 2	T 3	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4		
500	500	200	0	0	8,5	8	7	50	50	50	50	0,26	++
500	500	200	200	0	8,5	7	7	50	48	48	48	0,37	++

3.3 Análisis Económico del Costo de Receta

3.3.1 Cuadro de costos de receta - fibra lavada

En el cuadro 46 se muestra el cálculo del costo de receta de la fibra lavada de la calidad Suri, un cálculo similar es realizado para todas las calidades. El costo de carbonato de sodio es de \$ 0,5/ kg de fibra lavada, y el costo de detergente no ionico de \$ 5,2/ kg de fibra lavada, considerando que la dosificación de estos

productos se da en diluciones de carbonato de sodio de 75 kg/ 1000L y de detergente no iónico de 20L / 1000L.

Cuadro 47. Cuadro de costos de receta - fibra lavada

Receta de Lavado

Detergente (ml/30 seg.)			Carbonato (ml/30 seg.)	
T 2	T3	T4	T2	T3
500	500	200	200	0

Material	Producto Químico	Dosificación Diluciones L/hr	Consumo Kilo / hr	Precio \$/kilo	\$/ kilo
Lana lavada 250 kilo / hr	Carbonato de Sodio	24	1,8	0,5	0,0036
	Detergente no iónico	144	3,05	5,2	0,0635

Costo por kilo lavado (Solo Productos Químicos)	0,0671
--	---------------

Nota:

Diluciones de los Productos Químicos en 1000 L

Carbonato de Sodio	75 Kg
Detergente no iónico	20 L

Densidad detergente no iónico	1,050 a 1,060 Kg/L
--------------------------------------	--------------------

3.3.2 Comparativo de costos recetas actuales y recomendadas

En el cuadro 47 se muestra un comparativo del costo de receta utilizado en planta (receta actual) con respecto a la receta recomendada, para las diferentes calidades trabajadas en planta, observando una ligera disminución del costo de receta.

Cuadro 48. Comparativo de Costos Recetas Actuales y Recomendadas

Calidad		Detergente			Carbonato		Costos de Receta Dólares por kilo lavado
		Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 2	Tina 3	
Baby	Receta Actual	400	400	250	200	150	0,0619
	Receta Recomendada	400	400	200	250	0	0,0574
Medium Fleece	Receta Actual	400	500	250	200	0	0,0645
	Receta Recomendada	400	400	200	200	0	0,0565
Inferiores	Receta Actual	350	300	150	200	150	0,0486
	Receta Recomendada	300	300	150	150	0	0,0424
Suri	Receta Actual	500	500	250	250	150	0,0733
	Receta Recomendada	500	500	200	200	0	0,0671

IV. CONCLUSIONES

Con respecto al estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasieta para su proceso de lavado se concluye:

- No existen diferencias en el contenido de humedad entre diferentes calidades de fibra de alpaca, este solo depende de las condiciones ambientales. El contenido de humedad en fibra de alpaca a condiciones normales es generalmente de 12 %. Por lo que las condiciones de secado deben de ser similares para todas las calidades.
- El contenido de grasas en fibras de alpaca se encuentra entre 1,22 y 2,42 % (porcentaje sobre el peso de fibra sucia), y se va incrementando a medida que aumenta la finura de la fibra. Como la dosificación de detergentes y carbonato depende del contenido de grasas, este debe de incrementarse a medida que aumenta la finura de la fibra.
- El contenido de cenizas de la fibra de alpaca varía entre 2,97 y 4,62 % (porcentaje de peso de fibra sucia), siendo menor en las calidades inferiores, Huarizo y Grueso, que necesitarían de una menor dosificación de detergentes, y un menor tiempo de inmersión en las tinas.
- El contenido de materia vegetal de la fibra de alpaca es independiente de la calidad de fibra y se encuentra entre 2,09 y 2,65 %. Sin embargo, tiene un efecto indirecto en el proceso de lavado, debido a que la presencia de abundante materia vegetal puede mantener unidas a las fibras, lo que dificulta la penetración de las soluciones detergentes en la lana y por lo tanto, la eliminación de impurezas.
- El pH de la fibra de alpaca varia entre un 5,80 y 6,36, y se va incrementando a medida que disminuye la finura de la fibra, por lo que las fibras mas finas necesitarían de una menor dosificación de carbonato, ya que presentan un mayor pH inicial.

Con respecto a la influencia de las condiciones de lavado de la fibra de alpaca sobre el porcentaje de grasas y apariencia de la fibra lavada se concluye:

- La calidad Baby presenta un mayor contenido de grasas inicial con respecto a las otras calidades, pero necesita condiciones suaves de lavado por el problema de afieltramiento de la fibra.
- La calidad Suri a pesar de no tener un elevado contenido de grasas inicial necesita condiciones de lavado más drásticas, esto puede deberse a que sus impurezas son difíciles de eliminar, quedándose dentro de la fibra.
- Un lavado en medio alcalino a pH 8 con respecto a un lavado en un medio neutro en la segunda tina disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada entre un 0,04% y 0,11% y mejora la apariencia de la fibra lavada.
- A excepción de la calidad Suri, no tiene un mayor efecto trabajar a pH mayores de 8, el porcentaje de grasas y la apariencia de la fibra lavada se mantienen igual.
- Con la misma dosificación de detergentes 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina para diferentes calidades de fibra Baby, Médium Fleece, Inferiores (Huarizo y Grueso) y Suri se obtienen diferentes contenidos de grasa en fibra lavada 0,28%, 0,24% , 0,17% y 0,31% respectivamente, cumpliéndose que a mayor finura se obtiene un mayor contenido de grasas de la fibra lavada, esto debido al diferente porcentaje de grasas en fibra grasienta 2,5%; 1,3% , 1,2 % y 1,6 % respectivamente.
- Una mayor dosificación de detergentes de 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina para la calidad Baby disminuye el porcentaje de grasas en un 0,09% pero desmejora la apariencia de la fibra. Una mayor dosificación de detergentes de 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina para la calidad Médium Fleece disminuye el porcentaje de grasas en un 0,02% y no mejora la apariencia de la fibra. Una dosificación menor de 300/300/150 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina para las calidades Inferiores (Huarizo y Grueso) aumenta en un 0,03% el porcentaje de grasas pero desmejora la apariencia de la fibra. Debido a la ligera variación del porcentaje de grasas y a que se desmejora la apariencia de la fibra, es conveniente trabajar a estas dosificaciones de detergente.
- Un lavado sin dosificación de detergente en la cuarta tina para las calidades Baby e Inferiores incrementa en un 0,1% el porcentaje de grasas, mientras que

para las calidades Médium Fleece, una falta de dosificación de detergente en la tercera tina no tiene un mayor efecto en la disminución del porcentaje de grasas.

- El lavar la calidad Baby a una temperatura de 47°C con respecto a 45°C, no disminuye el porcentaje de grasas de la fibra lavada, pero incrementa el afeiltramamiento de la fibra.

- El lavar la calidad Médium Fleece a una temperatura de 48°C con respecto a 45 °C disminuye en un 0,05 % el contenido de grasas de la fibra lavada, y mejora la apariencia de la fibra lavada, sin embargo el trabajar a una mayor temperatura no disminuye ni mejora la apariencia de la fibra.

- El lavar las calidades Inferiores a una temperatura mayor de 48 °C no disminuye el porcentaje de grasas ni mejora la apariencia de la fibra lavada.

- El lavar la calidad Suri a una temperatura de 50°C con respecto a 48 °C, el contenido de grasas disminuye en un 0,11 % de la fibra lavada, y no se mejora la apariencia de la fibra lavada.

- El costo de la receta recomendada es ligeramente menor con respecto a la receta actual en un 7,3%, 12,4%, 12,8% y 8,5% para las calidades Baby, Medium Fleece, Inferiores y Suri respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

Con respecto al contenido de impurezas de la fibra de alpaca grisienta se recomienda:

- Promover la investigación del contenido de impurezas de la fibra de alpaca de diferentes zonas del país, ya que este puede variar dependiendo de la procedencia, con el fin de obtener un estudio más completo de la fibra de alpaca peruana.
- Realizar investigaciones del contenido de impurezas de la fibra de alpaca Suri.
- Realizar investigaciones posteriores incluyendo mayor número de animales (tamaño de muestras), con el propósito de obtener resultados más certeros y confiables.

Con respecto a las condiciones de lavado de la fibra de alpaca se recomienda:

- Contemplar en próximos estudios de investigación, el efecto de las condiciones de lavado sobre otras características físicas de la fibra como pH, materia vegetal, contenido de cenizas, grado de afeiltramamiento, características que afectan el proceso posterior al lavado.
- Realizar investigaciones posteriores incluyendo otras condiciones de lavado: tiempo de inmersión en las tinas de lavado, eficiencia de los rodillos exprimidores, tiempos de purga, acción mecánica (velocidad de agitación de los transportadores de fibra), y flujo volumétrico.
- Para las calidades Baby y Fleece la dosificación de detergentes no debe ser mayor de 400/400/200 (ml/30seg) en la segunda, tercera y cuarta tina respectivamente, una mayor dosificación de detergente causa amarillamiento y afeiltramamiento de la fibra lavada.
- Se recomienda la dosificación de carbonato solo en la segunda tina, una dosificación de la tercera tina incrementa rápidamente el pH de la tina de enjuague, obteniéndose una fibra lavada con pH alcalino, siendo lo recomendable

obtener una fibra con pH neutro para evitar causar un posible debilitamiento de la fibra.

- Para las calidades Baby y Suri se recomienda la dosificación de detergente en la cuarta tina, ya que su adición en esta tina elimina hasta en un 0,20% el contenido de grasas.
- Para las calidades Medium Fleece e Inferiores, se puede obviar la dosificación de detergentes en la cuarta tina, su adición en esta tina eliminaría la misma cantidad de grasas que la tina de enjuague, a pesar de una ligera disminución de la apariencia.
- Se recomienda el uso de un sistema adecuado de inmersión en la primera tina que asegure que todas las fibras se sumerjan.
- Se recomienda el uso de un sistema contraflujo que aproveche las aguas que se encuentren menos cargadas de impurezas para el lavado en las tinas.
- Se recomienda realizar un estudio de la influencia de las condiciones de lavado en el proceso posterior.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOT, OSCAR G. 2010. Introducción a la industrialización de la lana y las fibras especiales Red SUPPRAD - Fundación Hábitat. Red SUPPRAD – Universidad Católica de Córdoba. Córdoba - Argentina

ALIAGA, J. 2006. Producción de Ovinos. Primera edición. Edit. Gutemberg. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.

ANTUNEZ, P; ARESTEGUI, D; MENGONI, S; RIVERA, D. 1996. Estudio de Pre-factibilidad para la Instalación de una Planta de Hilados de Fibra de Alpaca, llama y lana de ovino en la sierra central. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

APOYMAYTA, Z. 1996. Evaluación de las características tecnológicas y productivas de la Fibra de Alpaca Huacaya esquilada a los 12 y 17 meses de edad. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

AWI (AUSTRALIAN WOOL INNOVATION). Wool Scouring. Disponible en HTML. (http://www.wool.com/Topmaking_Scouring.htm). Accesado 02/10/2009.

BAQUERIZO, M. 2000. Evaluación del diámetro, longitud y rendimiento al lavado de fibra de Vicuña en el patronato del parque de las leyendas. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú

BATEUP, B. O. 1986. Optimization of the Aqueous Scouring Process. Wool Scouring and Worsted Carding.

BRAVO, O; FUENTE, A. 1977. Proyecto de Lavadero Industrial de Lana de Ovino en el Callejón de Huaylas. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.

BRENES, E.; MADRIGAL, K.; PÉREZ, F. y VALLADARES, K. 2001. Proyecto andino de competitividad, diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Lima - Perú.

BUSTINZA, A. 2001. La Alpaca. Primera edición. Edit. UNA-Puno. Puno - Perú.

CALLE, R. 1982. Producción y Mejoramiento de la Alpaca. Fondo del Libro. Banco Agrario del Perú. Lima - Perú.

CANAL, CRISTINA. Estudio de las propiedades superficiales y del post-suavizado de tejidos de lana y poliamida tratados con plasma. Departamento de Tecnología de Tensioactivos Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona. Disponible en PDF. (http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0426107123209//01Ccb01de11.pdf.) Accesado 19/12/2005.

CARISSONI, E; DOTTI, S; FLEISS, F; PETACCIA, L; PIERI L. 2002. Cotton and Wool Spinning. Asociación Italiana de Productores de Maquinaria Textil. Diciembre

CASTRO, G; PELÁEZ, H. Lavaderos De Lana: Soluciones Innovadoras para viejos problemas. Instituto de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería. Montevideo-Uruguay. Disponible en PDF. (<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/urgtar007.pdf>). Presentado en el Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS 98), Lima, 1-5 nov.1998.

CEGARRA, J. 1997. Fundamento y Tecnología del blanqueo de materias textiles. Universidad Politécnica de Cataluña - Cap-21.

CHAVES, L. Fibra de alpaca: Oportunidades para su aprovechamiento. Revista Textiles Peruanos, mayo 2008 – Comex Perú. Disponible en PDF.

(<http://www.comexperu.org.pe/archivos%5Crevista%5Cmayo08%5Cportada.pdf>)

CODINA, D, Materias extrañas y contaminadas en la lana. Boletín del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial. 1973. Disponible en PDF. (<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6007/1/Article05.pdf>).

COSTA, M. 1990. Química Textil Volumen II. Las fibras textiles y su tintura. Concytec. Lima.

DAYTNER, A. 1983. Surfactants of Textile Technology. School of Textile Technology. University of New South Wales. Australia.

DUGA, L. Características más importantes de las Fibras provenientes de Camélidos Sudamericanos.

D'ANDREA, N. Ovinos de lana. Instituto San José San Vicente. 2000. Disponible en PDF. (<http://www.monografias.com/trabajos5/ovila/ovila.shtml>) Accesado el 02/05/2007.

DE GEA, G. 2004. El ganado lanar en la Argentina. Primera Edición. edit. Córdoba Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto – Argentina.

DE LOS RÍOS, E. Producción Textil de Fibras de Camélidos Sudamericanos en el Área Altoandina De Bolivia, Ecuador Y Perú. Octubre 2006. Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial Disponible en PDF. (http://prospectivacamelidos.org/upload/docs/TF-AND-TEX-005V1.03.05.10-Diagnostico_Bolivia.pdf). Accesado el 03/05/10.

ELVIRA, MARIO G. Mediciones Objetivas. Su importancia en la Comercialización e Industrialización de la Lana. Laboratorio de Lanas Rawson

INTA Chubut. Disponible en PDF. (http://www.inta.gov.ar/Chubut/info/documentos/lana/Mediciones_objetivas.pdf). Accesado el 01/12/2004.

ESMINGER. 1973. Producción Ovina. Editorial El Ateneo. Argentina

FUERTES, A. 1993; apuntes de clases Ciencia de las Fibras, UNI

GACEN GUILLÉN; JOAQUÍN. Lana Parámetros Químicos. Catedrático de Polímeros Textiles y Fibras Químicas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, 1989.

GRUPO DEL BANCO MUNDIAL. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de textiles. 2007 Disponible en PDF. ([http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_TextilesMfg_Spanish/\\$FILE/0000199659ESes+Textiles+Manufacturing+rev+cc.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_TextilesMfg_Spanish/$FILE/0000199659ESes+Textiles+Manufacturing+rev+cc.pdf)).

HUAYTARA, J. 2007. Evaluación de Parámetros Tecnológicos de la Fibra de Alpaca Huacaya (Lama Pacos) mediante los métodos de LASESCAN Y MICROPROYECCIÓN. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

INOFUENTE, C. 2004. Efecto del sexo en las características tecnológicas y productivas de lana de animales jóvenes Corriedale para su uso en la industria textil. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

LEYVA, C. 1979. Dispersión del Diámetro en Cinco Calidades de Fibra de Alpaca Dentro de la Clasificación Comercial, Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

LINK, P. 1948. Lavadero de lana. Buenos Aires.

LIU, X; XUNGAI, W. A Comparative Study on the Felting Propensity of Animal Fibers. Disponible en PDF. (<http://trj.sagepub.com/cgi/content/abstract/77/12/957>).Accesado el 01/03/2010.

LIRA, M Análisis científico de fibras arqueológicas, CONSERVA, publicación anual del Centro Nacional de Conservación y Restauración. Santiago de Chile 2002. Disponible en PDF. (<http://www.itdg.org.pe/publicaciones/pdf/tecnicasdeesquila.pdf>)

MCKINNON, J Some Chemistry of the Wool Industry Scouring and Yarn Production. Wool Research Organisation of New Zealand (Inc.).Disponible en PDF. (<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/animal/5F.pdf>). Accesado el 13/09/2008.

MARÍN, E. 2007. Efecto del sexo en las características tecnológicas y productivas de la Fibra de Alpaca Tuis, Huacaya para su uso en la industria textil. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

MARLER, J; ANDREWS M. 1985. Medición Objetiva de las Características de la Lana Sucia y su Importancia en el Procesamiento. Lanas, Seminario Científico Técnico, Montevideo Uruguay.

NAIK, A. 1995. Hilatura Técnicas Actuales. Ed. U.P.C. Terrassa.

Normas técnicas Peruanas NTP 231:

Normas Técnicas Peruanas, NTP 231.

NTP 231.109:2005 (Método de ensayo para determinar el contenido de grasa en la cinta de fibra de alpaca)

NTP 231.129:1982 (Método de ensayo para determinar el pH del extracto acuoso)

NTP 231.301:2004 (Fibra de alpaca clasificación y definiciones)

OSORIO, S. 1996. Diámetro, longitud, contenido graso y rendimiento de la Fibra de Alpaca Huacaya en empresas asociativas y comunidades campesinas de Puno. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

PALOMINO, E. 2006. Tintura de la fibra de alpaca y su cinética con colorantes ácidos. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.

Revista de la Industria Textil. N°249, 1987.

RIVA, A. Tratamientos de la Lana en Medio Acuoso: Problemas Generales Y Parámetros A Controlar. Boletín Intexter N° 103. Disponible en PDF. (<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6359/1/Article05b.pdf>)
Accesado el 01/01/1993.

ROSS, D. 1991. Fabricación del Hilado de Lanasy. Boletín de Lanasy de la Universidad de Lincoln. Departamento de Ciencia de Lanasy, Universidad de Lincoln Canterbury, Nueva Zelanda

SACCHERO, D. Utilización de medidas objetivas para determinar calidad en lanasy. Memorias de VII curso de actualización ovina INTA. Bariloche 2005. Disponible en PDF. (http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/69-calidad_lanasy.pdf)

SANTOS, C. Enzymatic Treatment of Wool with Modified Proteases Guimarães, 2005. Textile Engineering Department, University of Minho. Disponible en PDF. (<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3378/1/PhD%20thesis%20Carla3.pdf>)

SOLÍS, R. 2000. Producción de camélidos sudamericanos. Primera edición. Imprenta Ríos S. A. Pasco - Perú.

STEWART, R.G. 1985. Wool Scouring and Allied Technology. Second Edition. Wool Research Organization of New Zealand.

TONGO, E. 2002. Estudio del sistema de valor del negocio textil alpaquero para una mejor orientación al mercado exterior. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

TORRES, J; VÉLEZ, V; ZEGARRA J, DÍAZ Caracterización de la histología de la piel de alpaca. Escuela de Postgrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. Subproyecto de Investigación y Extensión Agrícola PIEA INCAGRO-UCSM, 2007. Disponible en PDF. (http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/00-anatomia/149-Torres-Piel_alpacas.pdf.)

VILCHEZ, S. Nuevos Tratamientos de Lana con Enzimas. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Departamento de Tecnología de Tensoactivos. Barcelona Octubre 2005. Disponible en PDF. (http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX0619106115304//01.SVM_INTRODUCCI%D3N.pdf.)

VON BERGEN, W. 1963. Wool handbook. T.I. 3th. Ed. N.Y., John Wiley. 68 p..

WANG, X, WANG, L y LIU, X .The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Noviembre 2003. Disponible en PDF. (<http://www.rirdc.gov.au/reports/RNF/03-128.pdf>). Accesado el 26/10/2009.

WOOD, G.1985. Handbook of Fiber Science and Technology – Volumen I. Chemical Processing of Fiber and Fabrics.Fundamentals and Preparation. Part A. Edited by Menanchem Lewin, Steven B Sello. Cap 5. Raw Wool Scouring, Wool Grease Recovery and Scouring Wastewater Disposal.

ZOLOTUCHO, H. A. GONZALES OLIVER. Síntesis y Propiedades Físicas de Polímeros Naturales desde Temperatura ambiente hasta 623 K. Congreso Conamet. Simposio Materia Disponible en PDF. (<http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/bariloche/Trabajos/A10/1017.PDF>.2003)

VII. ANEXOS

Anexo A. Análisis de las principales características de la fibra grasienta

Anexo A.1 Resultados del análisis de diámetro de fibra grasienta

Calidad	Nº Prueba	Diámetro Promedio (μ)	Desv. Stand (μ)	Coef. Variac. (%)	$\geq 30.5\mu$	Curvatura Media	Spin_F
BL	1	21,30	5,30	21,60	3,60	55,24	19,50
	2	21,60	5,70	24,20	4,90	57,91	19,40
	3	22,10	4,80	25,80	1,90	60,17	20,60
	4	20,60	5,00	22,90	2,40	51,7	21,40
	5	22,00	4,60	22,60	3,20	57,09	19,70
	6	21,70	5,80	28,10	5,40	56,1	20,90
	7	20,50	4,80	23,80	6,70	54,06	21,80
	8	22,50	5,20	24,30	5,30	57,69	20,30
	9	21,80	5,10	23,80	4,60	51,5	21,20
	10	20,50	4,90	22,30	6,00	58,10	19,20
Promedio		21,46	5,12	23,94	4,40	55,72	20,40
Desviación estándar		0,71	0,39	1,89	1,57	2,90	0,92
Coefficiente de Variabilidad		3,33	7,64	7,88	35,76	5,21	4,52
FS	1	23,70	6,00	23,70	17,90	48,88	23,30
	2	24,60	5,10	21,20	21,40	53,75	24,00
	3	25,30	5,70	23,70	19,10	48,16	25,10
	4	24,10	6,20	22,00	22,00	54,25	23,80
	5	24,90	6,50	19,60	22,60	50,8	24,40
	6	25,30	5,80	21,80	23,30	45,21	24,80
	7	22,70	6,30	23,80	26,50	46,42	22,10
	8	23,10	4,10	21,60	24,50	55,6	22,60
	9	24,50	6,20	19,50	18,70	43,95	24,10
	10	25,40	5,40	23,30	27,10	44,25	25,20
Promedio		24,36	5,73	22,04	22,31	49,13	23,94
Desviación estándar		0,95	0,71	1,74	3,16	4,30	1,03
Coefficiente de Variabilidad		3,89	12,48	7,91	14,18	8,76	4,30
MFS	1	27,30	5,80	22,00	22,00	56,91	26,90
	2	26,70	6,20	23,70	23,70	53,15	26,10
	3	28,10	5,50	21,50	21,50	58,89	27,70
	4	26,50	6,10	24,20	24,20	55,97	26,00
	5	28,60	6,30	25,60	25,60	51,37	28,20
	6	27,00	6,00	23,50	23,50	52,68	26,80
	7	25,90	6,30	25,30	25,30	42,49	25,40
	8	26,40	5,80	22,20	22,20	48,16	25,80
	9	27,10	6,50	21,60	21,60	53,94	26,50
	10	26,60	4,00	23,80	23,80	57,19	26,00
Promedio		27,02	6,06	23,34	23,34	53,08	26,54
Desviación estándar		0,81	0,31	1,47	1,47	4,87	0,88
Coefficiente de Variabilidad		3,01	5,16	6,32	6,32	9,18	3,30
HZ	1	32,6	10,90	32,20	46,50	43,22	37,30
	2	31,5	9,90	33,60	50,90	45,12	36,40
	3	29,6	11,60	36,00	48,60	47,33	38,00
	4	33,2	9,10	38,00	50,50	42,09	36,30
	5	31,3	11,10	34,00	46,70	43,93	37,10
	6	29,4	9,30	34,20	49,10	39,25	33,90
	7	30,2	10,30	36,20	48,70	45,02	35,60
	8	32,7	11,50	36,50	51,00	46,07	34,40
	9	31,8	12,80	38,60	46,80	42,85	32,60
	10	29,6	10,50	31,90	50,50	43,75	30,70
Promedio		31,19	10,88	34,89	48,93	44,24	35,23
Desviación estándar		1,42	1,04	1,95	1,79	1,81	2,31
Coefficiente de Variabilidad		4,54	9,52	5,59	3,65	4,08	6,56

Anexo A.2. Resultados del análisis de porcentaje de humedad de fibra grasienta

Calidad	Nº Muestra	Peso Muestra Húmeda	Peso Muestra Seca	Porcentaje de Humedad
BL	1	48,382	42,379	12,41
	2	42,289	36,880	12,79
	3	47,308	41,308	12,68
	4	45,600	39,987	12,31
	5	42,390	37,060	12,57
	6	42,021	37,028	11,88
	7	47,378	41,099	13,25
	8	46,241	41,005	11,32
	9	43,121	38,035	11,79
	10	44,578	38,904	12,73
	11	43,371	38,034	12,31
	12	46,607	41,021	11,99
	13	45,357	39,905	12,02
	14	45,124	39,365	12,76
	15	41,419	36,673	11,46
FS	1	43,198	37,944	12,16
	2	49,079	43,292	11,79
	3	44,194	38,765	12,28
	4	45,996	40,614	11,70
	5	42,677	37,002	13,30
	6	45,021	39,086	13,18
	7	41,552	35,994	13,38
	8	42,674	37,308	12,57
	9	43,002	37,945	11,76
	10	45,066	39,247	12,91
	11	42,208	37,218	11,82
	12	43,553	38,083	12,56
	13	43,183	37,881	12,28
	14	45,170	39,185	13,25
	15	42,587	37,294	12,43
MFS	1	40,657	35,561	12,53
	2	37,974	33,109	12,81
	3	40,897	35,415	13,40
	4	41,788	36,225	13,31
	5	41,523	36,001	13,30
	6	49,923	43,203	13,46
	7	46,571	41,083	11,78
	8	41,594	36,645	11,90
	9	45,520	39,524	13,17
	10	50,435	44,419	11,93
	11	46,684	41,415	11,29
	12	41,982	37,154	11,50
	13	46,006	40,092	12,85
	14	51,360	44,640	13,08
	15	47,597	41,638	12,52
HZ	1	43,456	38,375	11,69
	2	43,295	38,044	12,13
	3	44,994	39,384	12,47
	4	45,125	39,289	12,93
	5	46,986	41,246	12,22
	6	46,448	40,600	12,59
	7	46,472	40,850	12,10
	8	46,010	40,151	12,73
	9	47,489	42,014	11,53
	10	47,156	41,864	11,22
	11	47,012	41,812	11,06
	12	46,889	40,500	13,63
	13	48,081	42,801	10,98
	14	47,472	41,740	12,07
	15	48,298	42,202	12,62

Anexo A. 3. Resultados del análisis de porcentaje de grasas de fibra grasienta

Calidad	Nº Muestra	Peso Muestra Seca (gr)	Grasa (gr)	Grasas(%)
BL	1	2,8840	0,0730	2,531
	2	2,6920	0,0770	2,860
	3	2,9840	0,0730	2,446
	4	3,0400	0,0800	2,632
	5	2,6050	0,0570	2,188
	6	2,5630	0,0555	2,165
	7	3,0475	0,0721	2,366
	8	3,0159	0,0777	2,575
	9	2,9993	0,0735	2,451
	10	3,0706	0,0806	2,625
	11	2,7948	0,0570	2,040
	12	2,9624	0,0552	1,863
	13	3,0285	0,0700	2,311
	14	3,0613	0,0775	2,532
	15	2,6119	0,0740	2,833
FS	1	3,0270	0,0760	2,511
	2	2,8750	0,0630	2,191
	3	2,7230	0,0630	2,314
	4	2,7978	0,0530	1,894
	5	2,8380	0,0650	2,290
	6	2,7290	0,0530	1,942
	7	3,0212	0,0757	2,506
	8	3,0585	0,0596	1,949
	9	3,0750	0,0622	2,023
	10	2,9546	0,0655	2,217
	11	3,0378	0,0642	2,113
	12	3,0325	0,0718	2,368
	13	3,0594	0,0766	2,504
	14	3,0432	0,0604	1,985
	15	2,9355	0,0631	2,150
MFS	1	3,1870	0,0600	1,883
	2	2,6620	0,0520	1,953
	3	2,7810	0,0410	1,474
	4	2,9080	0,0480	1,651
	5	3,0230	0,0540	1,786
	6	2,8260	0,0500	1,769
	7	3,1512	0,0500	1,587
	8	3,0278	0,0525	1,734
	9	2,8908	0,0557	1,927
	10	2,836	0,0513	1,809
	11	2,9559	0,0437	1,478
	12	3,1032	0,0570	1,837
	13	2,7563	0,0475	1,723
	14	3,1224	0,0522	1,672
	15	3,0666	0,0606	1,976
HZ	1	2,8970	0,0290	1,001
	2	2,7290	0,0360	1,319
	3	3,0760	0,0380	1,235
	4	2,8610	0,0400	1,398
	5	2,7290	0,0310	1,136
	6	2,0870	0,0299	1,433
	7	3,1402	0,0365	1,162
	8	2,9606	0,0386	1,304
	9	3,0878	0,0358	1,159
	10	3,0543	0,0384	1,257
	11	2,8369	0,0402	1,417
	12	3,0960	0,0358	1,156
	13	2,9992	0,0312	1,040
	14	3,2133	0,0361	1,123
	15	3,1258	0,0383	1,225

Anexo A.4. Resultados del análisis de porcentaje de cenizas de fibra grasienta

Calidad	Nº Muestra	Peso Muestra Seca (gr)	Peso Cenizas (gr)	Cenizas (%)
BL	1	2,8460	0,1390	4,884
	2	2,5560	0,1180	4,617
	3	2,9250	0,1340	4,581
	4	2,1400	0,1000	4,673
	5	3,0210	0,1380	4,568
	6	2,5190	0,1100	4,367
	7	2,3070	0,1130	4,898
	8	2,1890	0,1050	4,797
	9	2,0880	0,0950	4,550
	10	2,2810	0,1060	4,647
	11	2,0120	0,0940	4,672
	12	2,6900	0,1210	4,498
	13	3,2790	0,1480	4,514
	14	2,2200	0,1040	4,685
	15	2,6170	0,1154	4,410
FS	1	2,5550	0,1530	5,988
	2	2,6830	0,1250	4,659
	3	3,0640	0,1480	4,830
	4	2,4380	0,1420	5,824
	5	2,6820	0,1210	4,512
	6	2,2210	0,1320	5,943
	7	2,7350	0,1530	5,594
	8	3,4210	0,1850	5,408
	9	3,5830	0,1890	5,275
	10	2,4630	0,1424	5,781
	11	3,5380	0,1913	5,407
	12	3,2150	0,1515	4,712
	13	3,9090	0,1920	4,912
	14	2,5330	0,1340	5,290
	15	2,7460	0,1150	4,188
MFS	1	2,7600	0,0790	2,862
	2	2,7100	0,0795	2,934
	3	2,9400	0,0700	2,381
	4	2,7750	0,0690	2,486
	5	2,7560	0,0780	2,830
	6	2,4860	0,0740	2,977
	7	3,3474	0,0789	2,357
	8	2,8704	0,0784	2,731
	9	3,1152	0,0690	2,215
	10	3,1400	0,0776	2,471
	11	2,0657	0,0593	2,871
	12	2,8633	0,0783	2,735
	13	3,1607	0,0791	2,503
	14	3,3603	0,0993	2,955
	15	2,9033	0,0774	2,666
HZ	1	2,9590	0,0850	2,873
	2	2,8070	0,0840	2,993
	3	3,1180	0,0910	2,919
	4	2,7280	0,0860	3,152
	5	2,5590	0,0730	2,853
	6	2,3620	0,0740	3,133
	7	3,2090	0,0940	2,929
	8	2,8900	0,0909	3,145
	9	3,4710	0,1044	3,008
	10	2,6610	0,0781	2,935
	11	3,0780	0,0852	2,768
	12	2,9060	0,0830	2,856
	13	2,7900	0,0870	3,118
	14	3,2940	0,1080	3,279
	15	2,9990	0,0780	2,601

Anexo A.5. Resultados del análisis de materia vegetal

CALIDAD	N	Peso Seco Fibra Sucia	Materia Vegetal	Porcentaje de Materia Vegetal
BL	1	19,673	0,481	2,445
	2	20,858	0,497	2,383
	3	17,678	0,448	2,534
	4	18,137	0,453	2,498
	5	21,360	0,514	2,406
	6	18,628	0,609	3,269
	7	20,774	0,582	2,802
	8	19,227	0,496	2,580
	9	18,653	0,468	2,509
	10	20,498	0,625	3,049
FS	1	18,158	0,347	1,911
	2	19,492	0,428	2,196
	3	19,274	0,446	2,314
	4	20,459	0,452	2,209
	5	19,841	0,514	2,591
	6	20,436	0,390	1,908
	7	19,193	0,401	2,089
	8	20,893	0,451	2,159
	9	20,858	0,465	2,229
	10	20,342	0,428	2,104
MFS	1	20,392	0,404	1,981
	2	18,680	0,389	2,082
	3	18,416	0,373	2,025
	4	19,939	0,404	2,026
	5	19,257	0,389	2,020
	6	20,038	0,385	1,921
	7	20,062	0,491	2,447
	8	19,964	0,403	2,019
	9	20,901	0,489	2,340
	10	19,912	0,412	2,069
HZ	1	19,274	0,520	2,698
	2	20,130	0,520	2,583
	3	18,623	0,409	2,196
	4	20,800	0,501	2,409
	5	19,440	0,519	2,670
	6	19,336	0,409	2,115
	7	20,361	0,485	2,382
	8	20,017	0,501	2,503
	9	19,186	0,519	2,705
	10	20,215	0,409	2,023

Anexo A.6. Resultados del análisis de pH de fibra grasienta

N° Prueba	pH por calidades			
	BL	FS	MFS	HZ
1	5,49	5,64	6,19	6,43
2	5,63	5,88	6,26	6,29
3	5,96	5,68	5,92	6,30
4	5,96	5,73	6,00	6,41
5	5,97	5,79	6,40	6,40
6	5,57	5,82	5,93	6,13
7	5,63	5,92	6,01	6,31
8	6,03	5,87	6,40	6,45
9	5,99	5,91	5,97	6,57
10	5,82	5,89	6,10	6,34

Anexo B Del estudio de las condiciones de lavado en planta

Anexo B.1 Base de datos de las pruebas de estudio de las condiciones de lavado en planta

MATERIAL	DETERGENTE			CARBONATO		pH			TEMPERATURA				% GRASAS	Apar.
	T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
BABY	400	400	200	250	0	8	7	7	40	45	45	40	0,36	++
	400	400	200	250	0	8	7	7	41	45	45	39	0,31	++
	400	400	200	0	0	7,5	7	7	41	44	45	40	0,35	+
	400	400	200	250	0	8	7,5	7	43	45	45	45	0,28	+++
	400	400	200	250	0	8	7,5	7	43	45	45	45	0,28	++
	400	400	200	250	0	7,5	7	7	43	45	45	45	0,31	+
	400	400	200	250	0	8	7	7	40	47	47	47	0,26	++
	400	400	200	0	0	7	7	7	40	45	45	45	0,32	+
	400	400	200	250	0	8	7	7	40	47	47	43	0,28	++
	400	400	200	250	0	7,5	7	7	43	45	45	43	0,36	++
	400	400	200	300	0	8,5	7,5	7	42	45	45	42	0,3	+
	400	400	200	300	0	8,5	7	7	42	45	45	42	0,26	+
	400	400	250	200	100	8,5	8	7	42	45	44	42	0,41	+
	500	500	0	200	0	8	8	7	42	46	46	44	0,43	+
	400	400	200	300	0	8,5	7,5	7	42	45	45	40	0,28	+++
	350	350	200	300	0	8,5	7,5	7	42	45	45	40	0,33	++
	400	400	200	300	0	8,5	7	7	43	47	47	42	0,28	+
	400	400	200	300	0	8,5	7	7	43	45	45	45	0,25	+
	400	400	200	300	0	8,5	7	7	46	45	45	40	0,32	++
	350	350	200	300	0	8	7	7	46	45	45	40	0,31	++
	350	450	200	300	0	8	7,5	7	43	45	45	40	0,29	+++
	450	450	150	250	0	8,5	7,5	7	44	45	45	41	0,19	+
	450	450	100	300	0	9	8	7	44	47	47	42	0,25	++
	400	400	200	200	0	8	7,5	7	45	45	45	46	0,35	++
	400	400	200	200	0	7,5	7	°	45	45	45	46	0,32	++
	500	500	200	200	0	8,5	7,5	7	45	45	45	45	0,38	++
	400	400	200	0	0	7,5	7	7	45	45	45	47	0,29	++
	700	400	175	0	0	7	7	7	46	45	45	45	0,31	++
	400	400	175	250	0	8	7,5	7	46	45	48	47	0,23	++
	450	450	175	250	0	8	7,5	7	44	44	45	46	0,18	+
	450	450	150	200	0	8	8	7	45	45	45	46	0,23	+++
	350	350	200	200	0	8	7,5	7	45	45	45	47	0,33	+++
	400	400	200	250	0	8,5	7,5	7	46	45	45	44	0,3	++
	450	450	200	150	0	8,5	7,5	7	45	46	46	47	0,18	+
	500	500	0	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,41	+++
	400	400	200	0	0	8	7	7	45	45	45	45	0,28	+++
400	400	200	0	0	7,5	7	7	45	45	45	45	0,30	++	
400	400	150	0	0	7,5	7	7	45	45	45	45	0,32	+	

MATERIAL	DETERGENTE			CARBONATO		Ph			TEMPERATURA				% GRASAS	Apar.
	T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
MEDIUM FLEECE	400	400	200	250	0	8,5	7	7	45	47	47	46	0,24	+++
	400	400	200	250	150	8,5	9	8	45	47	47	46	0,29	++
	400	400	200	200	0	8	7	7	44	47	47	46	0,21	++
	450	400	200	0	0	7	7	7	45	45	45	46	0,26	+++
	400	400	200	0	0	7	7	7	45	45	45	46	0,35	+
	400	400	200	0	0	8	7	7	45	45	45	46	0,41	+++
	400	400	200	0	0	7	7	7	45	45	45	46	0,36	+
	400	400	200	250	0	8,5	7,5	7	42	47	47	47	0,25	++
	450	400	200	250	0	8,5	7	7	45	45	45	46	0,36	+
	400	400	200	250	0	8,5	7	7	45	46	46	43	0,27	+++
	350	400	200	250	0	8,5	7	7	45	47	47	43	0,28	+++
	300	300	200	0	0	7,5	7	7	45	49	49	47	0,28	++
	400	400	200	200	0	8	7	7	45	47	47	46	0,18	+++
	400	400	200	200	0	8	7	7	45	45	45	46	0,33	++
	400	400	200	200	0	7	7	7	45	47	47	46	0,3	+++
	400	400	200	0	0	7	7	7	45	47	47	46	0,32	+++
	600	600	0	0	0	7	7	7	45	47	47	46	0,2	++
	400	400	200	0	0	7	7	7	45	47	47	46	0,4	+
	300	300	200	200	0	8	7	7	45	47	47	46	0,29	+++
	400	400	200	100	0	7,5	7	7	45	47	47	46	0,27	++
	400	400	100	200	0	8	7	7	46	47	47	45	0,29	++
	400	400	200	200	0	8	7	7	47	47	47	45	0,27	+
	400	400	200	100	0	7,5	7	7	46	47	47	45	0,3	++
	400	400	200	200	0	8	7	7	45	47	47	45	0,26	+++
	400	400	200	200	0	8,5	7	7	47	47	47	45	0,28	+++
	500	500	200	300	0	8,5	7	7	47	47	47	45	0,19	+++
	400	400	200	200	0	8	7	7	47	47	47	45	0,22	+++
	400	400	200	200	0	8	7	7	47	47	47	45	0,24	+++
	400	400	200	200	0	8	7	7	46	47	47	45	0,23	+++
	600	600	0	200	0	8,5	7	7	47	47	47	45	0,24	+++
	400	400	200	200	0	8	7	7	47	47	47	45	0,29	++
	400	400	200	0	0	7	7	7	46	47	47	45	0,39	+
	400	400	200	200	0	7,5	7	7	46	45	45	45	0,29	++
	400	400	200	200	0	8,5	8	7	45	45	45	46	0,28	+++
	400	400	200	200	0	8,5	8	7	46	45	45	45	0,25	+++
	400	400	200	100	0	7,5	7	7	45	47	47	46	0,32	+
	400	400	200	200	0	8	7	7	45	49	49	47	0,28	+
	400	400	200	250	0	8,5	7,5	7	45	49	48	45	0,29	++
	0	0	0	250	0	8	7	7	45	47	47	45	0,35	+++
	300	300	200	200	0	7,5	7,5	7	45	49	49	47	0,31	+
	400	400	200	400	0	9	8	7	46	49	49	47	0,28	++
	400	400	200	250	0	8,5	7,5	7	47	45	45	44	0,26	+
	600	600	0	200	0	8	7,5	7	48	47	47	47	0,27	++
	400	400	0	200	0	8	7	7	47	47	47	45	0,26	+++
	500	500	200	200	0	8	7	7	46	47	47	47	0,22	++
	400	400	200	200	0	8	7	7	45	49	49	47	0,21	++
	400	400	200	400	0	9	8	7	45	47	47	46	0,25	+++
	400	400	200	0	0	9	7,5	7	45	45	45	46	0,42	+
	600	600	100	200	0	7,5	7,5	7	45	48	46	47	0,24	+
	600	600	0	150	150	8	8	7	45	47	47	46	0,21	++
600	600	200	150	150	8	8	7	45	47	47	48	0,17	+++	
400	400	200	200	0	8	7	7	45	49	49	48	0,26	+++	
400	400	200	200	0	8	7	7	48	46	45	44	0,23	+++	
400	400	0	200	0	8	7	7	45	46	45	44	0,27	++	
400	400	200	0	75	8	8	7	46	45	45	44	0,29	+++	
400	400	200	0	0	8	8	8	46	49	49	44	0,44	++	
400	400	200	0	0	7,5	7	7	46	49	49	47	0,36	+++	
400	400	200	0	0	7,5	7	7	46	49	49	47	0,3	+++	
400	400	100	0	0	8,5	7	7	45	46	46	45	0,26	++	
400	400	100	0	0	7	7	7	45	47	47	45	0,25	+++	

MATERIAL	DETERGENTE			CARBONATO		Ph			TEMPERATURA				% GRASAS	Apar.
	T 2	T3	T4	T2	T3	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
INFERIORES HUARIZO Y GRUESO	400	400	200	0	0	7	9	7	45	48	48	46	9	+++
	400	400	200	0	0	7	7	7	45	48	48	46	0,15	+++
	350	350	200	150	0	8	7	7	45	48	48	46	0,2	++
	300	300	150	0	0	7	7	7	45	48	48	46	0,28	+++
	300	300	150	0	0	7	7	7	45	48	48	46	0,3	+++
	300	300	150	200	0	8,5	7	7	45	48	48	46	0,19	++
	250	250	200	200	0	8	7	7	45	48	48	46	0,23	+
	300	300	150	150	0	8	8	7	45	48	48	46	0,2	+++
	300	400	0	125	0	8	8	7	45	48	48	46	0,36	+
	300	300	150	125	0	8	8	7	45	48	48	46	0,23	++
	300	300	150	150	0	8	8	7	47	48	47	48	0,19	++
	300	300	150	150	0	8	8	7	46	50	50	46	0,19	++
	300	300	150	0	0	8	8	7	45	48	48	47	0,2	+
	400	400	200	150	0	8	8	8	48	50	50	48	0,17	++
	300	300	200	150	0	8	8	7	48	50	50	48	0,19	++
	300	400	0	0	0	8	8	7	45	48	48	45	0,25	+++
	350	350	150	200	0	8,5	7	7	45	48	48	45	0,22	+
	300	300	150	150	0	7	7	7	45	48	48	45	0,19	++
	250	250	200	150	0	8	7	7	45	48	48	45	0,3	+
	300	400	0	150	0	8	8	7	45	48	48	45	0,26	++
250	250	200	150	0	8	7	7	45	48	48	45	0,25	+	
SURI	400	400	200	250	0	8	7	7	50	50	50	50	1,1	+
	500	500	200	250	150	9	8	8	50	50	50	50	0,23	++
	500	500	200	0	0	8,5	8,5	7	50	50	50	50	0,24	+++
	500	500	200	0	0	8,5	8,5	7	50	50	50	50	0,43	++
	500	500	200	0	0	8	8	7	50	50	50	50	0,32	++
	600	600	200	200	250	8,5	9	8	50	50	50	50	0,29	++
	600	600	200	200	0	8	8,5	7	50	50	50	50	0,26	+
	500	500	200	200	0	8	8		45	45	45	45	0,27	+++
	500	500	200	0	0	8	7	7	45	50	50	45	0,32	++
	500	500	200	0	0	7	7	7	45	50	47	45	0,36	+
	500	500	200	200	0	8,5	7	7	50	48	48	48	0,38	++
	400	400	200	200	0	8,5	7	7	50	50	51	49	0,31	++
	500	500	200	200	0	8,5	7	7	50	48	48	50	0,36	+
	500	500	200	200	0	7	7	7	50	50	50	50	0,32	+++
	450	450	200	0	0	7	7	7	50	50	50	50	0,3	+
	600	600	200	200	0	8,5	7	8	50	50	50	50	0,29	++
	500	500	200	200	0	8,5	7,5	7	50	50	50	50	0,25	++
	500	500	200	200	0	8,5	7,5	7	48	50	50	48	0,28	++
	400	400	200	0	0	8,5	7	7	48	50	50	48	0,3	++
	600	600	200	200	0	8,5	8,5	8	50	50	50	50	0,24	++

Anexo B.2

Cantidad de grasas inicial y después de cada tina de lavado a condiciones establecidas en planta: (% peso de fibra)

MATERIAL	INICIAL	TINA 1	TINA 2	TINA 3	TINA 4	TINA 5
BABY	2,42	1,64	1,02	0,62	0,60	0,35
	2,14	1,51	0,94	0,76	0,43	0,42
	2,52	1,55	0,91	0,75	0,58	0,34
	2,2	1,29	0,87	0,54	0,38	0,36
	2,3	1,31	1,02	0,75	0,53	0,41
FLEECE	1,32	0,95	0,68	0,53	0,45	0,35
	1,30	1,12	0,44	0,36	0,26	0,14
	1,40	1,00	0,85	0,52	0,34	0,25
	1,24	0,91	0,74	0,62	0,57	0,30
	1,28	1,05	0,72	0,55	0,42	0,26
INFERIORES	1,18	0,83	0,40	0,36	0,26	0,19
	1,02	0,80	0,56	0,42	0,36	0,21
	0,98	0,80	0,62	0,30	0,26	0,17
	1,15	0,91	0,52	0,40	0,30	0,20
	1,00	0,82	0,55	0,32	0,25	0,15
SURI	1,56	1,39	0,94	0,40	0,25	0,22
	1,60	1,20	0,90	0,52	0,30	0,25
	1,48	1,30	1,05	0,64	0,42	0,30
	1,50	1,42	0,84	0,55	0,45	0,26
	1,32	1,10	0,73	0,60	0,37	0,31

GLOSARIO DE TERMINOS

AFIELTRAMIENTO: Es una forma de enmarañamiento (apelmazamiento) producida por el persistente movimiento de las fibras individuales.

ALCALI: Compuesto químico que tiene carácter básico. Nombre dado a los hidróxidos de amonio y de los metales alcalinos. Se caracterizan por la presencia del radical hidroxilo (OH^-)

CARBONIZADO: Proceso químico, en el que la lana se somete a la acción de una disolución de ácido sulfúrico y agua (10° Bé), posteriormente centrifugada, secada en horno y lavada para eliminar el exceso de ácido.

CUTÍCULA: Parte exterior de la superficie de la lana formada por una epicutícula y una capa córnea no fibrosa de escamas.

CLOUD POINT: Punto de enturbiamiento, es la temperatura a la que se nubla una solución surfactante, en la cual los sólidos disueltos ya no son completamente solubles, los que precipitan como una segunda fase, dando al líquido una apariencia turbia. En el caso de tensoactivos no iónicos (Ej. tensoactivos con grupos polioxietilenados), la solubilidad disminuye con un aumento de temperatura. Cuando la temperatura pasa del punto de enturbiamiento (cloud point), este tipo de tensoactivos puede perder bastante de su actividad superficial o interfacial, pero su capacidad de solubilización puede verse incrementada en forma significativa.

QUERATINA: La queratina es una proteína que se presenta en forma de microfibrillas. La corteza de la fibra de alpaca, al igual que la lana, está conformada por queratina, sin embargo la estructura de la queratina de la lana es diferente de la que posee la fibra de alpaca.

LANA: Fibra proveniente exclusivamente del vellón de ovino. En la composición química, los pelos (fibra de alpaca, vicuña, guanaco) se diferencian poco de las lanas, pero en su estructura físicas si se diferencian significativamente; mientras que la lana es rizada, los pelos son lisos. El pelo presenta un menor contenido de impurezas que en lana.

FIBRA DE ALPACA: Es el pelo que cubre a la alpaca, (*Lama pacos*), proviene de dos razas, Huacaya y Suri. Estas razas tienen aspectos diferentes y presentan los siguientes colores básicos: blancos, beige, café, grises y negros, los que tienen a su vez diversas tonalidades y combinaciones.

FIBRA GRASIENTA: La fibra grasienta comprende al conjunto de elementos constituidos por la fibra y sus impurezas.

GILLS INTERSECTINGS: Máquinas para hacer el estirado y doblado de las cintas de lana, cumplen la misma misión que los manuales en la hilatura del algodón, es decir, doblar, paralelizar y regularizar las cintas.

HUMEDAD RELATIVA: Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento. %

KEMP: Es una fibra fuertemente medulada, de gran diámetro, de crecimiento discontinuo.

SLIVER: Cinta o mecha, es un cable continuo de fibras libremente reunidas sin torsión. La mecha es entregada por las cardas, manuales, peinadoras y gills.

WOOLEN ROVING: Mecha, Producto entregado por la mechera, En la producción de hilados, es un estado intermedio entre las cintas e hilos.

REGAIN: Humedad que puede contener una fibra, y representa la cantidad de agua que pueden poseer legalmente 100 Kg. de fibra absolutamente seca.

SOXLHET: El extractor Soxhlet o simplemente Soxhlet (en honor a su inventor Franz Von Soxhlet) es un tipo de material de vidrio utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, a través de un disolvente afín.

SUINT: Excreción de las glándulas sudoríparas. Esta formada por sales inorgánicas y orgánicas, así como por algo de úrea y aminoácidos y un gran porcentaje de sales de potasio de ácidos orgánicos como la lisina y tirosina

SURFACTANTE El término surfactante o tensoactivo es una contracción del término "agente de actividad superficial", con el que se designa a aquellas sustancias que son capaces de modificar las propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, etc.) de una superficie o de una interfase, reduciendo la tensión superficial. Con mucha frecuencia se ha utilizado la palabra detergente en lugar de surfactante. Sin embargo, siguiendo su definición de sustancia capaz de lavar, el detergente puede contener además sustancias inorgánicas que favorecen su acción deterdorsiva.

TOP: Una cinta de lana que ha sido peinada para enderezar las fibras y remover la fibra corta; en un fase intermedia en la producción de hilados peinados.

FLUJO DEL PROCESO DE LAVADO

