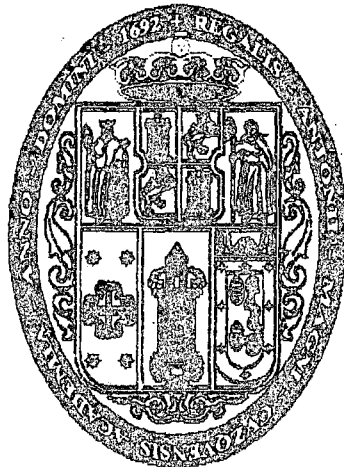


**Universidad Nacional de San Antonio**

**Abad del Cusco**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS FINANCIADA POR LA UNSAAC**

**"TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA SURI (*Vicugna pacos*)  
CON CARMÍN DE COCHINILLA (*Dactylopius coccus*)"**

Tesis presentada por:

Bach. Clodo Paulino, ILLA CCARITA

Bach. Gloria, TAIRO HUAITA

Para optar al Título Profesional de:  
Ingeniero Agroindustrial

Asesores:

Mgt. Francisco, CASA QUISPE

Lic. Walter, CHUNGA LOVON

**SICUANI – CUSCO – PERU**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

### **A DIOS**

*Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### **A UNSAAC**

*Nuestra gratitud a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y en especial a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial que nos dieron la oportunidad de formar parte de ellas. ¡Gracias!*

### **A INCALPACA TPX S.A.**

*En especial al ingeniero gerente de operaciones señor Edward Flores Farje y al ingeniero jefe de tintorería señor Miguel Sánchez, quienes gentilmente nos dieron la oportunidad de hacer nuestras pruebas de teñido en su empresa.*

### **A nuestras familias.**

*Por brindarnos el apoyo incondicional, el amor y comprensión que necesitamos para culminar nuestra carrera.*

### **A todos.**

*Los que nos brindado su apoyo en su momento oportuno ¡Gracias!*

*Paulino y Gloria.*

## **DEDICATORIA**

*Les dedico el presente trabajo a mis hijos: Robert, Roberto, Shiomara y Jennifer, por iluminarme con su presencia y para que ellos sigan el ejemplo del estudio y superación, para que sean personas dignas.*

*Para mis padres Rosendo é Hilaria por apoyo durante mis formación profesional.*

*Para Ani Beatriz por su comprensión y apoyo.*

*Para mi tío Mario Tapia Alvarez por su apoyo y sus consejos valiosos.*

*Paulino*

## PRESENTACION

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad  
Nacional San Antonio Abad del Cusco.  
Señores docentes miembros del jurado.

En cumplimiento con los dispositivos legales del reglamento de  
grados y títulos vigentes de la Facultad y con el objetivo de optar el  
Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial pongo a vuestra  
consideración el presente trabajo de Investigación Intitulado:

**"Teñido de Fibra de Alpaca Suri (Vicugna pacos) con Carmin de Cochinilla  
(Dactylopius coccus)"**

**Los tesisistas.**

# ÍNDICE GENERAL

	Pág
PRESENTACIÓN	I
RESUMEN	II
INTRODUCCIÓN	III
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	IV
JUSTIFICACIÓN	V
OBJETIVOS	VI
ANTECEDENTES	VII

## CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1	LA ALPACA .....	1
1.2	ALPACA SURI .....	3
1.2.1	CONTAMINANTES O IMPUREZAS .....	4
1.2.2	CARACTERISTICAS DE LA FIBRA .....	4
1.2.2.1	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA FIBRA .....	4
1.2.2.2	CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LA FIBRA .....	4
1.3	COMPOSICION DE LA FIBRA .....	6
1.3.1	LA CUTÍCULA O CORTEZA.....	6
1.3.2	LA MEDULA .....	6
1.3.3	EL CORTEX .....	7
1.4	PROPIEDADES DE LA FIBRA DE ALPACA.....	7
1.4.1	PROPIEDADES FISICAS .....	7
1.4.1.1	FINURA .....	7
1.4.1.2	LONGITUD .....	7
1.4.1.3	BRILLO O LUSTRE .....	8
1.4.1.4	RESISTENCIA .....	8
1.4.1.5	ELONGACION .....	8
1.4.1.6	CONDUCTIVIDAD TERMICA .....	8
1.4.1.7	HIGROSCOPICIDAD .....	9
1.4.1.8	RENDIMIENTO .....	9
1.4.2	PROPIEDADES QUIMICAS .....	9
1.4.2.1	ACCION DEL AGUA EN LA FIBRA .....	9
1.4.2.2	ACCIÓN DE LOS ÁLCALIS EN LA FIBRA.....	10

1.4.2.3	ACCION DE LAS SALES METALICAS SOBRE LA FIBRA.....	10
1.4.3	PROPIEDADES BIOLOGICAS .....	10
1.4.4	REACCION AL CALOR .....	11
1.4.5	PROPIEDADES MECANICAS .....	11
1.5	REACCION DE AMINOÁCIDOS CON ÁCIDOS .....	12
1.6	PARAMETRO QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA FIBRA .....	15
1.7	INDUSTRIALIZACION DE LA FIBRA DE ALPACA SURI .....	16
1.7.1	FIBRA TEXTIL .....	16
1.7.1.1	PRODUCCION DE HILADO .....	16
1.8	COLORANTES .....	20
1.8.1	CONSTITUCION QUIMICA DE LOS COLORANTES .....	20
1.8.1.1	CROMOFOROS .....	20
1.8.1.2	AUXOCROMOS .....	21
1.8.2	CLASIFICACION DE LOS COLORANTES .....	21
1.8.2.1	CLASIFICACION QUIMICA DE LOS COLORANTES.....	21
1.8.2.2	CLASIFICACION DE LOS COLORANTES SEGÚN EL METODO DE TINCION .....	22
1.8.3	COLORANTES NATURALES .....	24
1.8.4	ANTRAQUINONAS .....	25
1.8.5	COCHINILLA .....	26
1.8.5.1	BIOLOGIA DE LA COCHINILLA .....	28
1.8.5.2	DERIVADOS VALIOSOS DE LA COCHINILLA .....	28
1.9	TEÑIDO .....	31
1.9.1	PROCESO DE TEÑIDO .....	31
1.9.2	ETAPAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE UNA FIBRA PROTEICA ...	31
1.9.2.1	DISGREGACION .....	31
1.9.2.2	DIFUSION/CONVECCIÓN.....	31
1.9.2.3	ADSORCION.....	32
1.9.2.4	DIFUSION .....	32
1.9.2.5	FIJACION .....	32
1.9.3	FACTORES DE INFLUENCIA EN EL PROCESO DE TEÑIDO.....	33
1.9.3.1	EFFECTO DE TEMPERATURA .....	33
1.9.3.2	INFLUENCIA DE TIEMPO DE CONTACTO FIBRA/BAÑO.....	33
1.9.3.3	INFLUENCIA DE LA AFINIDAD DEL COLORANTE .....	34
1.9.3.4	PH DEL BAÑO TINTOREO .....	34
1.9.3.5	EFFECTOS DE LAS SALES .....	34

1.9.3.6	RELACION DE BAÑO .....	34
1.9.3.7	INFLUENCIA DE MOVIMIENTO FIBRA/ BAÑO.....	34
1.9.3.8	MORDENTADO .....	35
1.9.3.9	INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE AGUA .....	35
1.9.4	FISICOQUIMICA DEL TEÑIDO .....	36
1.9.4.1	INTERACCION IONICA .....	36
1.9.4.2	INTERACCION DE VANDER WALLS.....	36
1.9.4.3	INTERACCION DE HIDROGENO .....	36
1.9.4.4	INTERACCION COVALENTE .....	36
1.9.5	MECANISMO DE TINTURA .....	36
1.9.5.1	TRATAMIENTO PRE TINTURA .....	37
1.9.5.1.1	MORDENTADO .....	37
1.9.5.1.1.1	LOS MORDENTES Y SU EFECTO EN EL COLOR.....	37
1.9.5.1.2	ALUMBRE .....	38
1.9.5.1.3	ACIDO CITRICO .....	39
1.10	REACCION DE LA FIBRA FRENTE A MATERIALES COLORANTES...	38
1.11	COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO DEL TEÑIDO.....	39
1.12	VELOCIDAD DE TINTURA DE FIBRAS PROTEICAS CON COLORANTES ACIDOS .....	41
1.12.1	CONSTITUCION DE LA FIBRA.....	41
1.12.2	TEMPERATURA DE TEÑIDO .....	42
1.12.3	PH DE LA SOLUCION .....	42
1.12.4	TINCION DE FIBRAS PROTEINICAS.....	43
1.13	EVALUACION POST TINTURA .....	44
1.13.1	SOLIDECES .....	44
1.13.2	SOLIDEZ AL FROTE .....	45
1.13.3	SOLIDEZ AL LAVADO .....	45
1.13.4	SOLIDEZ A LA LUZ .....	46
1.13.5	RESISTENCIA .....	46
1.13.6	ELONGACION .....	46

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y METODOS**

2.1	LUGAR DE EJECUCION .....	
2.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	49
2.2.1	SUSTRATO TEXTIL .....	49
2.2.2	EQUIPOS DE LABORATORIO.....	49
2.2.3	INSTRUMENTAL DE LABORATORIO .....	49
2.2.4	REACTIVOS Y PRODUCTOS AUXILIARES.....	50
2.2.5	OTROS MATERIALES .....	50
2.2.6	COLORANTE .....	50
2.3	METODOS.....	51
2.3.1	OBTENCION DEL CARMIN DE COCHINILLA.....	51
2.3.1.1	RECEPCION DE LA MATERIA PRIMA.....	51
2.3.1.2	LIMPIEZA.....	51
2.3.1.3	EXTRACCION.....	51
2.3.1.4	FILTRADO .....	52
2.3.1.5	MORDENTADO DIRECTO .....	53
2.3.2	ACONDICIONAMIENTO DE LA FIBRA TEXTIL .....	54
2.3.2.1	MADEJADO .....	54
2.3.2.2	PESADO .....	54
2.3.2.3	LAVADO.....	55
2.3.2.4	ENJUAGADO.....	55
2.3.3	PROCESO DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COCHINILLA .....	56
2.3.3.1	PROCESO DE TEÑIDO.....	56
2.3.3.2	ENJUAGADO .....	59
2.3.3.3	SECADO.....	59
2.4	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	61
2.4.1	VARIABLES DEL PROCESO DE TEÑIDO.....	61
2.4.2	VARIABLES INDEPENDIENTES DEL PROCESO DE TEÑIDO .....	61
2.4.2.1	VARIABLES DE ENTRADA.....	62



**CAPITULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

3.1	OBTENCION DEL CARMIN.....	64
3.2	PREPARACION DE LA FIBRA TEXTIL PARA EL TEÑIDO .....	65
3.3	PROCESO DE TEÑIDO.....	66
3.3.1	BALANCE DE MASA .....	66
3.3.2	BALANCE DE ENERGIA .....	68
3.4	RESULTADOS DEL PROCESO DE TEÑIDO.....	71
3.4.1	EFECTO DE LAS VARIABLES.....	73
3.4.2	ANALISIS DE VARIANZA.....	74
3.4.3	MODELO MATEMATICO.....	76
3.4.4	PARAMETROS EN EL TEÑIDO DE LA FIBRA .....	76
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	79

## INDICE DE FIGURAS

1.1	ALPACA SURI .....	4
1.2	CORTE ESQUEMATICO DE LA FIBRA DE ALPACA .....	6
1.3	DIAGRAMA DE TENSION-DEFORMACION DE LA FIBRA .....	11
1.4	ESTRUCTURA DE UN AMINOACIDO Y POLIPEPTIDO .....	12
1.5	ESTRUCTURA DE UN AMINOACIDO SIMPLE DE LA FIBRA .....	13
1.6	ESTRUCTURA MOLECULAR DE LANA/FIBRA.....	15
1.7	COCHINILLA .....	26
1.8	COCHINILLA EN UN NOPAL .....	27
1.9	ESTRUCTURA DE ACIDO CARMINICO .....	29
1.10	PROCESO DE TEÑIDO .....	33
1.11	ABSORCION DEL COLORANTE EN FUNCION DE CONCENTRACION....	41
2.1	PLANTA DE INCALPACA TPX .....	48
2.2	LA COCHINILLA .....	51
2.3	EXTRACCION DEL COLORANTE .....	52
2.4	SOLUCION DEL COLORANTE .....	52
2.5	DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DE LA OBTENCION DEL CARMIN	53
2.6	MADEJADO DE LA FIBRA .....	54
2.7	PESADO DE LA FIBRA .....	54
2.8	PREPARACION DE SOLUCION PARA EL LAVADO.....	54
2.9	FIBRAS LAVADAS LISTA PARA EL TEÑIDO .....	55
2.10	DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA TEXTIL .....	56
2.11	TRASVASADO DEL BAÑO DE TEÑIDO Y LAS FIBRAS A TEÑIR A LOS VASOS DE PRUEBA.....	57
2.12	MONTADO DE LOS VASOS A LA MAQUINA DE PRUEBAS DE TEÑIDO	57
2.13	AGOTAMIENTO DEL BAÑO DE TINTE.....	58
2.14	MAQUINA DE PRUEBAS DE TEÑIDO .....	58
2.15	SECADO DE LA FIBRA EN LA ESTUFA.....	59
2.16	DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DEL TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COHINILLA.....	60
3.1	BALANCE DE MASA DE LA PREPARACION DEL CARMIN .....	64
3.2	DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DEL TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COHINILLA .....	60
3.3	CURVA DE LAVADO DE LA FIBRA TEXTIL .....	65

3.4	DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO DEL PROCESO DE TEÑIDO .....	67
3.5	CURVA DE TEÑIDO DE LA FIBRA CON CARMIN DE COCHINILLA .....	68
3.6	ESQUEMA DE SECADO DE LA FIBRA TEXTIL .....	70
3.7	SUPERFICIE DE RESPUESTAS ESTIMADAS .....	73
3.8	GRAFICO DE LA INTERACCION PARA LA SOLIDEZ .....	74
3.9	GRAFICO DE PARETO ESTANDARIZADO PARA SOLIDEZ .....	75

## INDICE DE TABLAS

1.1	COMPOSICION DE QUIMICA DE LA FIBRA DE ALPACA .....	2
1.2	COMPOSICION ELEMENTAL DE LA FIBRA DE ALPACA .....	3
1.3	COMPOSICION DE LA QUERATINA .....	5
1.4	CLASIFICACION DE LA FINURA DE LA FINURA DE FIBRA DE ALPACA SURI .....	7
1.5	COMPOSICION DE LA LANA EN AMINOACIDOS .....	14
1.6	ANALISIS PROXIMAL DE GRANA DE COCHINILLA .....	28
2.1	VARIABLES INDEPENDIENTES DEL PROCESO DEL TEÑIDO .....	61
3.1	RESULTADO DE LAS PRUEBAS PARA SOLIDEZ .....	72
3.2	EFFECTOS ESTIMADOS PARA SOLIDEZ A LA LUZ .....	73
3.3	ANALISIS DE VARIANZA .....	74
3.4	COEFICIENTE DE REGRESION PARA SOLIDEZ.....	76
3.5	MUESTRAS CON VALORES OPTIMOS A LA SOLIDEZ.....	76

## INDICE DE CUADROS

1.1	CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA ALPACA .....	2
1.2	GRUPO DE CROMOFOROS .....	20
1.3	GRUPO DE AUXOCROMOS .....	21
1.4	CLASIFICACION TAXONOMICA DE GRANA DE COCHINILLA	28
1.5	COLORES ADQUIRIDAS POR EL CARMIN DEPENDIENDO DE LA SAL METALICA EMPLEADA .....	30
1.6	CARACTERISTICAS DE ALGUNOS MORDIENTES Y SU EFECTO EN EL COLOR .....	38
1.7	VALORACION DE SOLIDEZ .....	46

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación **“TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA SURI (*Vicugna pacos*) CON CARMÍN DE COCHINILLA (*Dactylopius coccus*)”**; está orientado a tecnificar el Teñido de la fibra de alpaca Suri con colorante natural de la cochinilla.

Dicho trabajo se realizó en el Laboratorio de Tintorería el barrido de pruebas de teñido y en el Laboratorio de control de Calidad, el barrido de pruebas de solidez a la luz y resistencia a la tracción de la empresa INCALPACA TPX S.A. Donde se adoptó las estrategias de trabajo de dicha empresa. Cuyas variables independientes de investigación son: La temperatura de 88 y 98 °C; tiempo de 30 y 60 minutos y Relación de baño de 1/25 y 1/50. La variable dependiente es la solidez a la luz y resistencia a la tracción; mientras se usó al 48 % de cochinilla con respecto al peso de la fibra.

El diseño experimental utilizado para la solidez a la luz es el factorial  $2^3$  más 2 puntos intermedios, es decir dos pruebas intermedias de temperatura de 93°C, tiempo de 45 minutos y relación de baño de 1/37.5; donde los resultados se procesaron utilizando el estadístico STATCRAPHIC; los diez tratamientos de muestras que permitió evaluar la variable de solidez a la luz. Los cuatro mejores resultados para la solidez a la luz se obtuvieron a temperatura de 98°C con tiempos de 30 y 60 minutos y con una relación de baño de 1/25 y 1/50, De acuerdo al diseño experimental se concluye que el factor influyente es la temperatura. Asimismo para determinar la resistencia a la tracción, se obtuvo mediante la elección de las cuatro muestras que presentaron mayor solidez a la luz con valores de 861.60, 685.00, 620.00 y 531.60 (g-f), respectivamente. Siendo el valor 861.60 g-f de mayor resistencia a la tracción a 98°C, 30min, 1/25 de relación de baño. Para una solidez de 4.5.

Los resultados de los 10 tratamientos fueron analizadas por el personal responsable del área de control de calidad de la empresa de acuerdo a las normas internacionales ASTM D2256, para resistencia a la tracción y AATCC 16, para solidez a la Luz, para dar los resultados correspondientes.

## INTRODUCCIÓN

La fibra de alpaca hoy en día es muy apreciada por ser una fibra natural, fina y suave, con singular brillo y resistencia, así como por sus denotadas cualidades térmicas.

En el teñido a nivel industrial de la fibra de alpaca se utiliza colorantes sintéticos; sin embargo existe la alternativa de uso de colorantes naturales. Algunos de los argumentos presentados para no usar los colorantes naturales son la escasa diversidad de colores obtenibles, la baja calidad de resultados y la dificultad de los procesos a seguir, el proporcionar color a una fibra determinada contribuye a la valoración del producto final.

En la actualidad, el pigmento de la grana de cochinilla se utiliza en la elaboración de bebidas, medicamentos, teñido de telas, alfombras, en fotografías de color, en la industria de los cosméticos, etc. El ácido carmínico es el principio colorante de la cochinilla teniendo una gran demanda en el mundo por su poder colorante.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el **“Teñido de fibra de alpaca suri (*Vicugna pacos*) con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*)”**, con la finalidad de obtener sustantiva mejora de solidez, que permitan cubrir las expectativas de los clientes y a su vez permitan a la fibra de alpaca posicionarse cada vez mejor frente a fibras de similares características. Como también proporcionar alternativas de técnicas que permitan aminorar los problemas durante el teñido de la fibra de alpaca Suri.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las etapas más importantes es el proceso de teñido de fibra y para ser más claros el teñido de fibra de alpaca Suri con Carmín de cochinilla donde en la actualidad no se obtiene parámetros de calidad aceptado por los consumidores llámese solidez a la luz, solidez frote y al lavado, obteniendo valores de solidez por debajo de los estándares, motivo por el cual no se realiza un buen tejido y no se obtienen productos finales acorde con las exigencias y/o demandas de los consumidores. El objeto es conseguir que los teñidos tengan solideces aceptables comparadas con fibras teñidas con colorantes sintéticos y que los criterios de procesos necesarios no sean excesivamente complejos. Por lo que nos hacemos la siguiente interrogante.

**¿Cómo obtener fibra teñida de alpaca suri (*Vicuugna pacos*) con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*), controlando la temperatura, tiempo y relación de baño?**



## **JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación permitirá desarrollar tecnología específica para el teñido de la fibra de alpaca suri con carmín de cochinilla, ya que sólo se cuenta con técnicas empíricas y que se refieren a otra clase de colorantes.

El uso de colorantes sintéticos que implica riesgo por ser muchos de estos cancerígenos y altamente tóxicos que contaminan al medio ambiente. Así mismo los efluentes de las plantas de teñido son contaminantes por los residuos de colorantes sintéticos que arrastran al medio ambiente.

Se justifica este trabajo con el teñido ecológico y el uso de insumos regionales y/o nacionales en sustitución de los importados en el incremento del valor agregado de los productos elaborados en el país.

Además la flexibilidad del presente trabajo, hará posible la aplicación de la nueva tecnología desarrollada, no solo de la alpaca Suri, sino a las diferentes calidades de fibra de alpaca y fibras de similares características, como la fibra de llama.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- Obtener teñido de fibra hilada de Alpaca Suri (*Vicugna pacos*) Con Carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtener el carmín a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus*).
- Acondicionar la fibra de alpaca Suri para el teñido.
- Determinar los parámetros adecuados de temperatura y tiempo en el proceso de teñido de fibra de alpaca suri (*Vicugna pacos*).
- Determinar el efecto de las variables de temperatura, tiempo y relación de baño de tinte en la solidez a la luz de la fibra teñida.

## HIPOTESIS

- El teñido de la fibra de alpaca suri (*Vicugna pacos*) con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*), depende significativamente de la temperatura, tiempo y relación del baño de tinte.

## ANTECEDENTES

- Escobedo, (1999). En su trabajo Investigación **“teñido de lana de oveja y de alpaca con carmín de cochinilla”**; de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Realizo ensayos a 92°C de temperatura y tiempo de 70 minutos, para determinar el porcentaje de carmín que fue absorbido por la fibra en el proceso de teñido. Llegando a la conclusión que la evaluación de solidez mediante las escalas de grises indican que la solidez a la luz es mejor que la solidez al frote y al lavado.
- Obando, (2013). Realizo estudios de investigación denominado **“Tintura alternativa en hilos de lana con Colorantes Naturales”**; de la Universidad Técnica del Norte Ecuador. Donde obtuvieron una resistencia a la luz excelente con un valor 5 de acuerdo al cuadro de Valoración de Solideces.
- Ojeda, (2012). Realizó estudios de Investigación denominado **“Teñido de fibra de abacá (*Musa textilis*) utilizando colorante extraído de la cochinilla (*Dactylopius coccus*)”**; de la Universidad Católica de Loja - Ecuador, obteniendo buenos resultados, donde el mayor porcentaje de agotamiento fue al utilizar 50 % de colorante y 10 % de mordiente en relación al peso en seco de fibra a teñir, por un periodo de teñido de 60 minutos a 70 °C en una relación de baño 1/50.
- Robles, (2008). Quien realizó estudios de investigación intitulado **“Evaluación de los parámetros en el proceso de teñido de fibra de alpaca con colorantes reactivos”**; de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, obtuvo buenos resultados, con una combinación optima de tiempo 30 min, temperatura de 94°C, pH de 5.0 y la relación de baño de 1/25.

- Romero, (2006). En su trabajo de Investigación **“Descripción de la Técnica de Teñido en Lana con grana de Cochinilla hacia un Sistema de Producción Alternativo del Diseño Textil”**, de la Universidad Tecnológica de la Nixteca. Donde obtuvo el carmín para el teñido de lana, utilizando 20% de cochinilla, 25% de alumbre, 6% de crémor tártaro.
  
- ROSAS, (2010). Quien realizo trabajo de investigación intitulado **“Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado”**; de la Universidad de Ingeniería - Lima. Donde obtuvo rendimiento de 80%, en el lavado de la fibra de alpaca grasienta.

# CAPITULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 LA ALPACA

Mencia, (2007). Los camélidos sudamericanos son la evolución de especies prehistóricas nativas de Norteamérica que antes de desaparecer hace 11 millones de años, migraron hacia el sur de este continente para originar los actuales. Son una familia de mamíferos rumiantes del orden de los artiodáctilos, suborden tilópodos, que abarcan tres géneros camelus, lama y vicugna, con cuatro especies, dos silvestres y dos domésticas. Esta clasificación se hace de acuerdo a estudios con ADN mitocondrial, los cuales sugieren que la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*) fueron los antecesores de las alpacas (*Vicugna pacos*) y las llamas (*Lama glama*), respectivamente, en un proceso de domesticación que se inició en los Andes Centrales de Sudamérica hace 6000 años. Varias investigaciones arqueológicas señalan que los camélidos sudamericanos viven en su actual habidad hace por lo menos 10000 años; los restos óseos y las pinturas rupestres de camélidos encontrados en la cueva de Lauricocha (Junín, Perú), a 4000 msnm; también los grabados en la cueva de Toquepala (Tacna, Perú), indican que los camélidos ya eran objeto de caza por el hombre hace más de 9500 años.

Sánchez, (2004). Los camélidos sudamericanos son de gran importancia económica, sociológica y científica; fisiológicamente representan un modelo de adaptación a condiciones ambientales a grandes altitudes donde la agricultura no es posible cuyos lugares constituyen su ambiente natural, en donde la concentración de oxígeno atmosférico es menor y la temperatura varía de -5.6 a 7.1°C, este hecho hace que los camélidos sudamericanos son individuos adaptados a condiciones ambientales muy adversas y pertenecen al número escaso de especies que toleran el frío y la altura, por lo que se adaptan fácilmente a diversas condiciones ambientales de nutrición y de manejo .

Una mayor eficiencia en degradación y absorción de los nutrientes de los pastos naturales existentes en las punas.

**CUADRO 1.1**  
**CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ALPACA**

CATEGORÍA	TAXA	DESCRIPCIÓN
Reino	Animalia	Animales: Sistemas multicelulares que se nutren por ingestión.
Subreino	Eumetazoa	Animales con cuerpo integrado por dos o más lados simétricos.
Rama	Bilateria	Cuerpo con simetría bilateral con respecto al plano sagital.
Filo	Chordata	Cordados: Animales con médula espinal, o cordón nervioso.
Subfilo	Vertebrata	Vertebrados: Cordados con columna vertebral.
Superclase	Gnathostomata	Vertebrados con mandíbulas.
Clase	Mamalia	Mamíferos: Poseen pelos en la piel.
Orden	Artiodactyla	Mamíferos de Pezuñas Pares
Familia	Camelidae	Camellos
Tribu	Lamini	Camélidos Sudamericanos
Género	Lama	llama, alpaca y guanaco
Especie	Lama pacos	Alpaca

Fuente: Ortiz, (2004).

**TABLA 1.1**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA FIBRA DE ALPACA SURÍ**

COMPOSICION	PORCENTAJE EN PESO
Proteína.	74,02
Humedad.	11,20
Carbohidratos.	3,12
Ceniza.	3,60
Grasa.	6,96
Impurezas	1,10

Fuente: Unidad de Prestaciones de Servicio de Análisis Químico  
Departamento de Académico de Química-UNSAAC, (2014).

**TABLA 1.2**  
**COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE LA FIBRA DE ALPACA**

Componente	%
Carbono	50
Oxígeno	20
Nitrógeno	18
Hidrógeno	7
Azufre	5

Fuente: Díaz, (2011).

### **1.2 ALPACA SURI**

Sánchez, (2004). Presenta fibras lacias, sedosas, muy lustrosas y brillantes con una superficie externa suave, flexible y resbaladiza de gran longitud entre 6 y 8 pulgadas que cae por los costados del cuerpo dejando el lomo al descubierto, dándole una apariencia angulosa, similar a los ovinos de raza lincoln y a la cabra de raza angora con poca presencia de rizos, lo que dificulta su teñido, así mismo sus fibras crece paralelo al cuerpo del animal agrupado en forma de mechales ligeramente espiraladas o rizadas. Es importante denotar que la fibra de alpaca suri es caracterizada y apreciada fundamentalmente por el brillo, sedosidad y gran longitud de fibra hasta 23cm. El color de la fibra es variado, va del blanco al negro y presenta tonalidades de marrón claras y oscuras, y también el 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. El vellón de alpaca suri puede oscilar por esquila entre 1.2 kg y 3.5 kg, además son fibras que mantienen su lustre y aspecto natural en caso de no teñirlas, mantienen la temperatura corporal (7 veces más caliente que la lana de oveja), al comportarse como aislante térmico debido a los "bolsillos" microscópicos de aire a nivel medular que contiene (es hueca, lo que la hace más liviana), haciéndola idónea para cualquier condición climática. (Ver figura 1.1).





**FIGURA 1.1: ALPACA SURI**  
Fuente: Manso, (2011).

### **1.2.1 CONTAMINANTES O IMPUREZAS DE LA FIBRA**

Rojas, (2011). La fibra en su estado sucio contiene una variedad de materiales asociados que son conocidos “como impurezas” aunque su presencia puede ser una necesidad para el animal. Debido a su influencia biológica y genética, como también al medio ambiente incluyendo posición geográfica, clima y estado nutricional. Las cantidades de estos factores pueden variar fuertemente en diferentes vellones.

### **1.2.2 CARACTERISTICAS DE LA FIBRA**

#### **1.2.2.1 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA FIBRA**

Rojas, (2011). Cada fibra es segregada en un folículo piloso de la piel de alpaca, superficialmente las fibras se conforman por placas superpuestas denominadas escamas las que se encuentran direccionadas desde la raíz hacia la punta de la fibra. Estas escamas, en la fibra de alpaca son muy pequeñas y apenas visibles y menos protuberantes, es decir con bordes menos sobresalientes.

#### **1.2.2.2 CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LA FIBRA**

Escobedo, (1999). La fibra es una estructura proteínica, lo que significa que la estructura de la fibra depende de la buena salud del animal durante todo el periodo comprendido entre esquila a esquila. Generalmente la fibra de alpaca,

está compuesta por una proteína compleja denominada queratina, que es una proteína fibrosa, protectora y altamente insoluble.

Hollen, (2002). Las fibras proteicas están compuestas por elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; además la lana contiene azufre.

La red molecular de la queratina está compuesta por moléculas y cadenas de péptidos unidos entre sí por enlaces salinos entre los grupos terminales de los aminoácidos dibásicos y dicarboxílicos, o por los enlaces S-S, formados por la cistina. La composición de aminoácidos de la queratina en la fibra no es constante, sino hay diferencia entre las distintas lanas, diferentes a lo largo de las fibras debido a la nutrición y diferencia entre los elementos estructurales de la fibra. El contenido de la cistina en la queratina es más alto que cualquier otra proteína, contribuyendo éste hecho grandemente a las especiales características físicas y químicas de las fibras de camélidos.

La tabla 1.3, muestra la composición de la queratina.

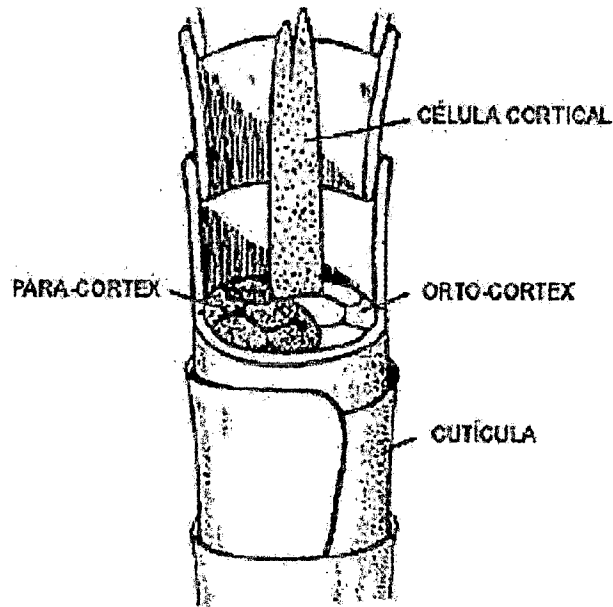
**TABLA 1.3  
COMPOSICION DE LA QUERATINA**

COMPONENTES	PORCENTAJE
<b>Carbono</b>	<b>50%</b>
<b>Oxígeno</b>	<b>23%</b>
<b>Nitrógeno</b>	<b>17%</b>
<b>Hidrógeno</b>	<b>7%</b>
<b>Azufre</b>	<b>3%</b>

Fuente: Obando, (2013).

### **1.3 COMPOSICIÓN DE LA FIBRA**

Álvarez, (1997). La fibra de lana es una secreción que se produce en la piel del animal a expensas de sus propias proteínas vivas. La fibra está formada de las siguientes partes: cutícula o corteza, médula, córtex. La figura (1.2), muestra el corte esquemático de una fibra de alpaca.



**FIGURA 1.2: CORTE ESQUEMÁTICO DE UNA FIBRA DE ALPACA**

Fuente: Álvarez, (1997).

### **1.3.1 LA CUTÍCULA O CORTEZA**

Álvarez, (1997). Formada por una epicutícula y de una capa córnea fibrosa de escamas, la misma que es resistente al ataque químico en comparación con el resto de la fibra, contribuye a suavizar su aspereza, e impide la penetración de moléculas extrañas dentro de la fibra. Las escamas provocan irritación a la piel de algunas personas. El revestimiento de escamas da a la lana la resistencia a la abrasión y capacidad de enfieltrarse. La epicutícula es una membrana no proteica que proporciona repelencia al agua de las fibras.

### **1.3.2 LA MÉDULA**

Álvarez, (1997). Es el área hueca ubicada en el centro de la fibra la cual es más pronunciada en las zonas bastas que en las zonas finas de la misma. Las células de la corteza pueden romperse durante la queratinización dejando un canal hueco en el centro de la fibra. Este canal se denomina "Médula" y puede ser continua o fragmentada. Esta medulación provoca una mayor refracción de la luz por estar el espacio lleno de aire, esto provoca que las fibras una vez teñidas aparezcan más claras.

### 1.3.3 EL CÓRTEX

Álvarez, (1997). Es la parte principal de la fibra de lana, ocupa el 90% del total de la misma y es el responsable de la mayoría de propiedades: resistencia, elasticidad, propiedades tintóreas. Está formado por células largas, finas y planas en forma de cigarrillos que tienen un núcleo cerca del centro que se denominan células corticales, las mismas que a su vez están formadas por fibrillas más pequeñas.

## 1.4 PROPIEDADES DE LA FIBRA DE ALPACA

### 1.4.1 PROPIEDADES FISICAS

#### 1.4.1.1 FINURA

Sobero, (1996). Se entiende por finura de una fibra al diámetro de la misma y se expresa en micrómetros o micras ( $1\text{micra} = 1\mu\text{m} = 0.001\text{milímetros}$ ). Este parámetro determinara el tipo de hilado que se puede elaborar en las líneas de hilatura. La finura de la fibra varía de acuerdo a la edad del animal y a la región corporal de donde proviene. La clasificación de finura de la fibra de alpaca Suri se muestra en la tabla (1.4).

**TABLA 1.4**  
**CLASIFICACION DE FINURA DE FIBRA DE ALPACA SURI**

DESCRIPCION	DIAMETRO DE FIBRA ( $\mu\text{m}$ )
Baby suri	< 23
Suri	24 – 27
Suri huarizo	28 -32
Suri gruesa	>33

Fuente: Sobero, (1996)

#### 1.4.1.2 LONGITUD

Sobero, (1996). Es una de las principales características de la fibra de alpaca suri por su gran longitud varía desde los 7cm a los 28cm. Sin la presencia de rizos pronunciados como en el caso de la fibra Huacaya. Esta característica permite determinar con precisión si la fibra se destinara a hilatura peinada o cardado. Industrialmente la fibra de alpaca suri se procesa en la línea de

peinado por su singular longitud. La longitud es muy importante en lo que concierne al límite de hilabilidad, así como la propiedad mecánica de los productos manufacturados ( hilo, tela ) cuanto más largo es la fibra, los hilos realizados a partir de este material serán finos y sólidas.

#### **1.4.1.3 BRILLO O LUSTRE**

Quispe, (2011). Otra característica particular de la fibra de alpaca suri depende de la disposición de las láminas epidérmicas las cuales van asociadas a la cantidad de luz reflejada. Evidentemente la fibra de alpaca suri es una de las fibras más brillosas parecidas a los cabritos de la raza Angora, productoras de la fibra de Mohair.

#### **1.4.1.4 RESISTENCIA**

Quispe, (2011). La resistencia de una fibra es la capacidad de resistirse a la rotura por tracción luego de aplicada una determinada fuerza. Se mide en gramos – fuerza y se tiene que en promedio la resistencia de la fibra de alpaca suri no teñido es de 550g-f. La fibra de alpaca es tres veces más fuerte que la lana de la oveja y 7 veces más caliente de la misma.

#### **1.4.1.5 ELONGACION**

Quispe, (2011). La mayor longitud a la que una fibra puede ser estirada o alargada al someterla a una determinada fuerza, luego de la cual podrá recuperar su estado inicial. La fibra de alpaca suri a menudo es la menos elástica que la de Huacaya. En estado seco la fibra de alpaca suri es más elástica y resistente que la lana de oveja de similar finura; pero en húmedo el suri se vuelve relativamente débil.

#### **1.4.1.6 CONDUCTIVIDAD TERMICA**

Quispe, (2011). Referida a la propiedad que tiene las fibras de retener el calor, acentuando la sensación de calor en las personas que utilizan prendas tejidas con hilados de estas fibras. Por la presencia de medulación y también de micro sacos de aire en la fibra de alpaca suri, ésta se muestra como un gran aislante térmico, la fibra de alpaca contiene bolsas de aire microscópicas que hacen posible crear prendas ligeras de peso y térmicas.

#### **1.4.1.7 HIGROSCOPICIDAD**

Quispe, (2011). Es la capacidad de las fibras textiles de absorber y retener agua, lo cual está directamente relacionado con el comportamiento de la fibra en los procesos de lavado, teñido y acabado. La fibra de alpaca suri es menos higroscópica que la de Huacaya y la lana de oveja, lo que dificulta los procesos en húmedo.

#### **1.4.1.8 RENDIMIENTO**

Quispe, (2011). El rendimiento es principalmente referido al que se realiza después de la separación de impurezas y del lavado. Dicho esto por ser evaluado también después de la hilatura o incluso después del acabado. El rendimiento del vellón de alpaca suri después del lavado se calcula entre 70 y 80 %.

### **1.4.2 PROPIEDADES QUIMICAS**

#### **1.4.2.1 ACCIÓN DEL AGUA EN LA FIBRA**

Rosas, (2010). Los enlaces iónicos entre los grupos terminales de aminoácidos ácidos ( $\text{COO}^-$ ) y básicos ( $\text{NH}_3^+$ ) 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. 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  $50^\circ\text{C}$ , durante esta operación no se puede producir una alteración significativa de la fibra.

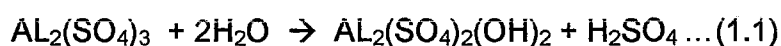
#### **1.4.2.2 ACCIÓN DE LOS ÁLCALIS EN LA FIBRA**

Rosas, (2010). Los álcalis actúan principalmente sobre la queratina hidrolizando la cadena polipeptídica, atacando algún resto aminoácido y creando nuevos enlaces transversales. Las proteínas que contienen cistina son especialmente sensibles, debido a la reacción de los enlaces disulfuro con el álcali. Cuando la fibra 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.

#### **1.4.2.3 ACCION DE LAS SALES METALICAS SOBRE LA FIBRA**

Rosas, (2010). La fibra sometida en soluciones de sales metálicas, tienden a formar sales básicas, como sulfato de aluminio, sulfato ferroso, sulfato de cromo.

La temperatura descompone tales sales durante la ebullición con formación de una sal básica e hidróxido metálico que precipita en los poros de la fibra quedando libre en la solución del ácido mineral. Como la reacción con sulfato de aluminio de la siguiente forma. Tal como se muestra en la reacción (1.1) y (1.2).



El sulfato de aluminio y una menor cantidad de hidróxido de aluminio, son gradualmente absorbidos por la fibra quedando en la solución ácido sulfúrico libre.

#### **1.4.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS**

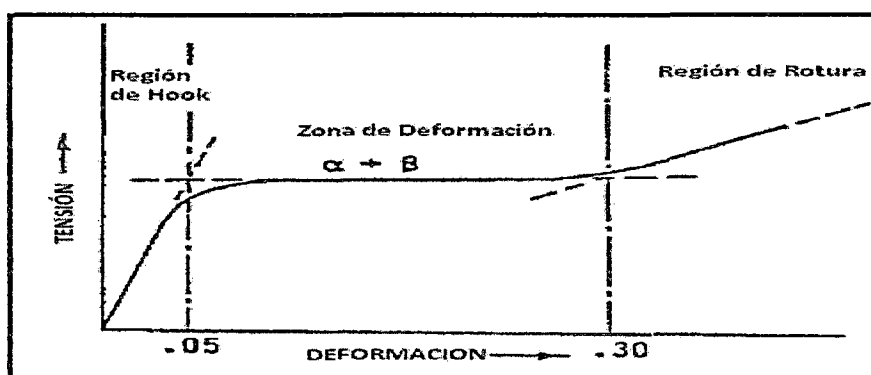
Manso, (2011). Las propiedades proteicas son susceptibles de ser atacadas tanto por microorganismos como por insectos. En el caso de los primeros, las fibras proteicas presentan ciertas resistencias al ataque de las bacterias y hongos, sin embargo suelen aparecer en los tejidos en forma de mancha. En el caso de los segundos, es necesario aplicar determinados productos químicos para evitar que la fibra sea palpable para los insectos y que las prendas emanen olor desagradable debido a la exudación de ceras naturales.

#### 1.4.4 REACCION AL CALOR

Kirk, (1957). Las fibras proteicas a temperaturas de 100°C no sufren daños, recuperando rápidamente sus propiedades naturales al encontrarse en condiciones normales. A 130°C de temperatura se descomponen con emisión de vapores amoniacales y adquieren una decoloración amarillenta. A 170°C de temperatura desprenden vapores sulfurados y a 300°C se carboniza.

#### 1.4.5 PROPIEDADES MECÁNICAS

Escobedo, (1999). Las propiedades mecánicas de la lana, representadas en un gráfico de tensión deformación, 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, pueden expresarse como 100:1:10. La figura (1.3) muestra el diagrama de tensión-deformación de la fibra de lana.



**FIGURA 1.3: DIAGRAMA TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE LA FIBRA, MOSTRANDO LA ZONA DE DEFORMACIÓN ASOCIADO CON LA TRANSFORMACIÓN A→B.**

Fuente: Zolotucho, (2003).

Las propiedades mecánicas de la lana varían fuertemente con el contenido de humedad y la temperatura (Figura 1.3). Para fibras secas y no dañadas, la tensión de rotura se encuentra entre 150-220 MPa, mientras que en fibras húmedas la tensión resulta de solo 70-80% de ésta. Con la deformación ocurre

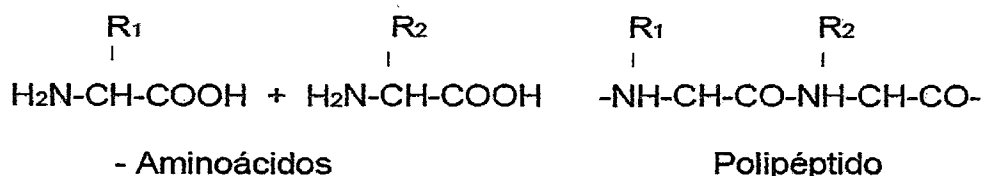


exactamente lo contrario. Se observa que las tensiones de rotura disminuyen al aumentar la temperatura, desapareciendo la diferenciación de fases. La deformación de rotura aumenta con la temperatura.

### 1.5 REACCION DE AMINOÁCIDOS CON ÁCIDOS

Cegarra, (2010). Las proteínas están constituidas esencialmente por cadenas polipeptídicas producidas por la condensación lineal de alfa- aminoácidos.

La figura (1.4), muestra la estructura de un aminoácido y polipéptido.



**FIGURA 1.4: ESTRUCTURA DE UN AMINOÁCIDO Y POLIPEPTIDO.**  
 Fuente: Cegarra, (2010).

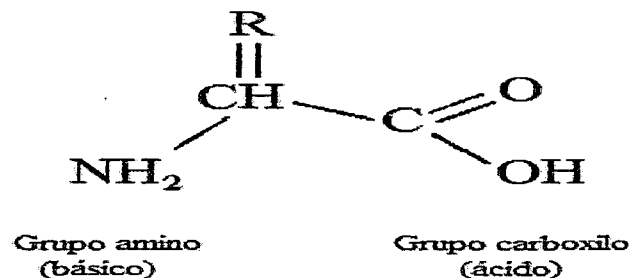
Cegarra, (2010). Las diferencias entre distintas proteínas son debidas a los radicales R de las cadenas polipeptídicas siendo algunos de ellos altamente reactivos y en consecuencia las fibras proteínicas presentan mayor diversidad que las fibras celulósicas. Dichos radicales unidos al carbono alfa permiten clasificar a los aminoácidos en varias clases según su naturaleza.

- A.** Aminoácidos con grupos laterales no reactivos: glicina, alanina, leucina, etc., tiene pocas incidencias en las propiedades tintóreas de las fibras proteicas.
- B.** Aminoácidos con grupos básicos laterales: histidina, arginina, lisina. Determina las cantidades máximas de ácido, o colorante ácido con los que pueda combinarse la fibra.
- C.** Aminoácidos con grupos ácidos laterales: ácidos aspártico, glutámico e hidroxiglutámico. Este grupo determina la cantidad máxima de álcali capaz de absorber a la fibra, si bien es difícil de determinar ya que se produce la descomposición de las proteínas al ser el pH elevado en el ensayo de absorción.
- D.** Aminoácidos capaces de enlazar dos cadenas polipeptídicas: cistina. Este grupo incide en la tintura debido a que el mayor o menor grado de reticulación de una fibra determina su menor o mayor permeabilidad a los colorantes.

La estructura fibrosa se considera que las cadenas polipeptídicas están alineadas a lo largo del eje existiendo una orientación variable de unas zonas a otras y formando zonas cristalinas y zonas amorfas; la unión entre cadenas adyacentes de las zonas cristalinas se establece mediante enlaces de hidrógeno entre grupos amida, aunque también pueden existir enlaces ácido – base entre grupos amino cargados positivamente y grupos carboxílicos cargados negativamente.

Cegarra, (2010). Las proteínas tienen carácter anfotérico, siendo capaces de combinarse con ácidos y álcalis. Si una proteína, que esté exenta de ácido y de álcali se sitúa en una solución ácida o alcalina, el pH de la solución generalmente varía y esta variación es debida a la absorción o liberación de protones por parte de la proteína. Cuando las proteínas se encuentran en una solución fuertemente ácida, se produce una absorción de protones de forma tal que todos los grupos carboxílicos del ácido aspártico no podrán estar ionizados mientras que los grupos amino captarán los protones y adquirirán carga positiva. Si se aumenta el pH de la solución los equilibrios cambian ya que la proteína cede protones iniciándose la ionización del grupo carboxílico de tal forma que a pH=4.4, se habrán ionizado la mitad de dichos grupos. A un pH próximo, la proteína contendrá 80 grupos carboxílicos ionizados con carga negativa y 80 grupos básicos positivos, con lo que la carga total neta será nula; esta situación se denomina punto isoeléctrico, que sería a pH=5.

La estructura de un aminoácido simple de la fibra se muestra en la figura (1.5).



**FIGURA 1.5: ESTRUCTURA DE UN AMINOACIDO SIMPLE DE LA FIBRA**

Fuente: Hollen, (2002).

**TABLA 1.5**  
**COMPOSICION DE LA LANA EN AMINOÁCIDOS.**

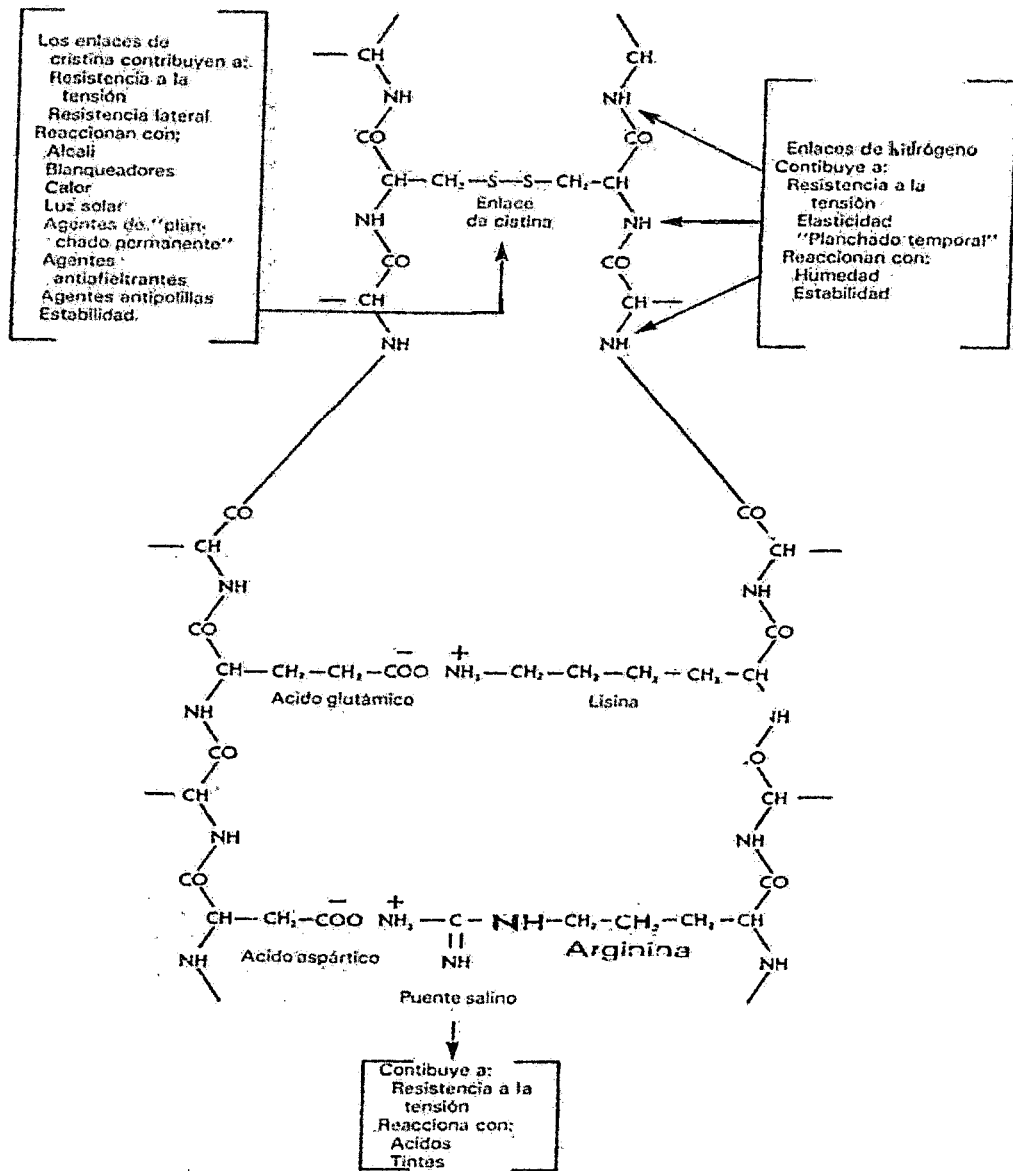
<b>Tipo de cadena lateral</b>	<b>Aminoácido</b>	<b>Moles, %</b>
Hidrocarburo o hidrógeno	Glicina	10,5
	Alanina	5,4
	Valina	4,8
	Leucina	9,8
	<i>B</i> -Fenilalanina	2,6
Hidroxi	Serina	11,0
	Treonina	6,2
	Tirosina	3,3
Acídico	Ácido aspártico	6,1
	ácido Glutámico	12,4
Básico	Lisina	2,2
	Arginina	8,4
	Histidina	1,0
Con azufre	Cistina	10,3
	Metionina	0,4
Heterocíclico	Prolina	4,6
	Triptófano	1,0

Fuente: Rosas, (2010).

Rosas, (2010). Las moléculas de la lana son ordenaciones atómicas de estructura alargada que se encuentran unidas por una serie de uniones como:

- ❖ Puentes salinos: el agua los debilita.
- ❖ Puentes de hidrógeno: se rompen con la presencia de sales o mordentes.
- ❖ Puentes sulfurados: son más fuertes de todos los enlaces, se rompen con ácidos y bases fuertes.

La figura (1.6), muestra la estructura molecular de la lana.



**FIGURA 1.6: ESTRUCTURA MOLECULAR DE LANA/FIBRA**

Fuente: Hollen, (2002).

### 1.6 PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA FIBRA

Rosas, (2010). La importancia de cada uno de los parámetros se pondera de acuerdo al valor que se atribuye a cada uno de ellos en el mercado, siendo el más importante el diámetro de fibra 65- 80%, seguido de la longitud de mecha, 15-20%, rendimiento de lavado 5-10%, fuerza tensante 5-10%, teniendo en general la fibra una importancia de 60-70% y la conformación del 30-40%.

## **1.7 INDUSTRIALIZACION DE LA FIBRA DE ALPACA SURI**

### **1.7.1 FIBRA TEXTIL**

Adot, (2010). Se entiende por fibra textil a la sustancia de constitución filamentososa que luego de ser sometida a determinadas manipulaciones, puede transformarse en hilados capaces de fijar químicamente materias colorantes y a partir de los cuales será posible elaborar tejidos.

#### **1.7.1.1 PRODUCCION DE HILADO**

Adot, (2010). Se denomina hilado al conjunto de fibras de un grosor y peso lineal determinado que forman una estructura cilíndrica de gran longitud y mínima de área transversal, pudiendo ser fabricados en distintos grosores y pesos por metro lineal, los que determinan el llamado título del hilado. El proceso de transformación comprende las siguientes etapas.

#### **A) SELECCIÓN DE LA MEJOR CALIDAD DE FIBRA**

Mirco, (1990). La selección divide al vellón en varias calidades. La mejor calidad de la fibra fina se encuentra en la parte del lomo y los flancos del animal; mientras que las fibras gruesas (menor calidad) se concentran mayormente en la región pectoral, extremidades, cara y parte inferior de las patas. Las características de las fibras de alpaca varían según la raza, edad, alimentación y manejo. La calidad de la fibra para prendas de vestir se basa en la finura y longitud de la fibra y no necesariamente implica durabilidad, ya que las fibras finas son tan durables como las gruesas.

Mirco, (1990). Las mujeres entrenadas realizan esta actividad sobre mesas tipo reja de clasificación así como también la categorización basada exclusivamente en la observación y el tacto dividiéndolos en cuatro o cinco categorías, una vez que las fibras son clasificadas, los lotes son revisados. Si los lotes son aceptados se empaca y son codificados. Normalmente 5 a 10 % del peso de fibra se pierde en el proceso de clasificación. Las pérdidas son debidas a la humedad, tierra y separación de bragas presentes en la fibra acopiada.

### ❖ Sistema de acopio

Mirco, (1990). La comercialización interna de la fibra de alpaca de ambas especies sigue un sistema de acopio o captación de la fibra de acuerdo a la conducción. La captación de los pequeños productores es realizada por intermediarios y sufre una intermediación excesiva que finalmente se ve reflejada en la baja calidad con que el producto llega a los centros de clasificación de las plantas industriales.

### ❖ Clasificación

Robles, (2010). Para la clasificación por grupos de calidades de la fibra de alpaca se deberá tener 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 matrices básicos naturales, por personal calificado.

## **B) BATIDO**

Adot, (2010). Este proceso se realiza en máquina denominada diablo abridor o batidor, cuyo objetivo es de eliminar sustancias ajenas a la fibra como la tierra, arena, estiércol, piojo, sarna, garrapata, material vegetal y pelos del braga. En este proceso se recomienda hacer un pre secado de las fibras, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad posible de sustancias extrañas a la fibra.

## **C) LAVADO**

Hollen, (2002). El lavado de la fibra permite eliminar impurezas como tierra, polvo y grasa, para lo cual primeramente la fibra pasa por una carda abridora donde se elimina la tierra la que pasa a través de zarandas para luego ser desechada. Luego la fibra libre de tierra es depositada en las tinas de la máquina de lavado denominado "Leviathan" donde a un pH de 8-8.5 se aplica el detergente y agua a 60°C y después de pasar por rodillos de escurrimiento entre tina y tina y mantener una adecuada agitación del baño de lavado, se logra eliminar los restos finales de tierra y grasa, dejando finalmente la fibra

libre de impurezas. A continuación la fibra es secada quedando lista para ingresar a la línea de peinado.

#### **D) SECADO DE RAMA**

Adot, (2010). Existen diferentes métodos de secado desde lo más rudimentario como es secado al medio ambiente o métodos industriales por aire caliente empleados en diferentes máquinas.

##### **❖ SECADO AL MEDIO AMBIENTE**

Rojas, (2011). Este proceso consiste en exponer las fibras lavadas a la acción de los rayos solares y dejar que la acción calorífica de aquel lo realice. Los factores que intervienen en el secado son los siguientes:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa del aire del secado
- Movimiento del aire del secado
- Temperatura de la fibra durante el secado
- Densidad de fibra por área de secado

##### **❖ SECADO CON AIRE CALIENTE**

Rojas, (2011). Sistema que se emplea para producciones industriales ya que se necesita producir en grandes cantidades, el aire caliente es producido por niquelinas o quemadores. Los factores que intervienen en el secado con aire caliente son los siguientes:

- Tipo de maquina o sistema de secado.
- Volumen de aire.
- Temperatura de aire de secado
- Movimiento del aire del secado
- Temperatura de la fibra durante el secado.
- Velocidad de transportador del material

#### **E) CARDADO**

Adot, (2010). Es un conjunto de operaciones mecánicas y se realizan con el fin de ir abriendo, individualizando, homogenizando, paralelizando y limpiando de

polvo y otras sustancias ajenas a la fibra en forma progresiva, las fibras para finalmente producir una mecha o cinta.

## **F) PEINADO**

Adot, (2010). Proceso en donde se elimina la fibra corta (blousse-noil) de lana o restos vegetales y paralelizar las fibras largas de lana hasta formar la mecha de peinado llamado tops de buena uniformidad; el peinado tiene la función de homogenizar mezcla cardada de diferentes tipos de fibras y mezclas de colores para la fabricación de tejidos de lana pura o mezclas de lana con la tecnología de punta.

## **G) ESTIRADO**

Adot, (2010). Cuando se trata de producir hilos relativamente finos de alta calidad, se impone el estirado o también llamado repeinado. El estirado no provoca el alargamiento de las fibras, sino que consiste en una reducción de la masa de fibras mediante desplazamiento longitudinal de unas fibras con respecto a otras, mediante el mismo las fibras se paralelizan y orientan en el sentido del eje de la cinta; este proceso se realiza en máquinas denominada Mecheras que realiza la operación en el que se mejoran los siguientes parámetros:

- Máxima regularidad en el peso por unidad de longitud.
- Distribución uniforme de fibras largas y cortas.
- Regularidad en la posición relativa de las fibras.
- Número de imperfecciones
- La marcha continua de las hiladoras y las bobinas

## **H) HILADO**

Adot, (2010). Es en esta etapa donde se obtiene el hilado propiamente dicho. Los tops previamente preparados y dispuestos adecuadamente pasan por las denominadas maquinas continuas, donde se los somete a estirajes y torciones determinados, obteniéndose finalmente hilado en bobinas.

Este proceso tiene por finalidad de dar la fuerza, resistencia y grosor requerido para un determinado hilado.



## 1.8 COLORANTES

Mirco, (1990). Los colorantes dentro de la industria textil son cualquier sustancia capaz de teñir o colorear un material.

Los colorantes son sustancias orgánicas solubles en medio ácido, neutro o básico, que poseen una estructura molecular no saturada. Es decir son electrónicamente inestables y por eso absorben energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas.

Los grupos responsables de la absorción de la luz se llaman **cromóforos** y los responsables de la fijación al sustrato a teñir son los **auxocromos**, capaces de fijar la molécula del colorante.

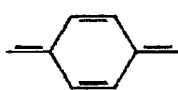
### 1.8.1 COSTITUCION QUIMICA DE COLORANTES

Mirco, (1990). Los colorantes están constituidos químicamente por los siguientes grupos funcionales:

#### 1.8.1.1 CROMOFOROS

Mirco, (1990). Son potencialmente responsables del color. Se trata de un solo átomo y no de un grupo de átomos, ya que coordinadamente no está saturado ni ionizado, un Cromoforo es una región molecular donde la diferencia de energía entre dos orbitales atómicos cae dentro del rango del espectro visible.

La cuadro (1.2), muestra los grupos Cromoforos de la constitución química de los colorantes.

CROMOFOROS	NOMBRE	ESTRUCTURA
Fuertes	Quinoide	
	Azo	-N=N-
	Nitroso	-N=O
Débiles	Doble enlace carbono – carbono	=C=C=
	Compuesto nitroso	-NO <sub>2</sub>
	Aldehídos, Cetonas y esterés	=C=O

**CUADRO 1.2: GRUPO DE CROMOFOROS**

Fuente: Escobedo, (1999).

### 1.8.1.2 AUXOCROMOS

Mirco, (1990). Son los que desarrollan la capacidad de brindar color de los grupos cromóforos. Su efecto es principalmente el de intensificar el color y proporcionar a la molécula determinadas cualidades tintoriales.

Son grupos o radicales positivos de átomos que intensifican la acción de un grupo de átomos no saturados que, estando presentes en una molécula de una sustancia química, hacen que esta sea coloreada. Los grupos auxocromos más comunes son: el grupo sulfónico, grupo carboxílico, grupo hidroxílico y grupo amínico. El grupo sulfónico permite en la mayor parte de los colorantes la solubilidad en agua y el vehículo usado para teñir la lana es el agua, aunque no todos los colorantes usan como vehículo el agua. Los grupos Auxocromos se muestran en el cuadro (1.3).

NOMBRE	ESTRUCTURA
Hidroxilo	- OH
Amina Primaria	- NH
Amina Secundaria	- NHR
Amina terciaria	- NR <sub>2</sub>
Sulfónico	- SO <sub>3</sub> H
Carboxilo	- COOH

**CUADRO 1.3: GRUPO DE AUXOCROMOS**

Fuente: Escobedo, (1999).

### 1.8.2 CLASIFICACION DE LOS COLORANTES

Álvarez, (2010). Se pueden clasificar tanto según su constitución química, como por el modo en que son fijados a las fibras.

#### 1.8.2.1 CLASIFICACION QUIMICA DE LOS COLORANTES

Álvarez, (2010). La clasificación química se basa principalmente en diversas agrupaciones cromóferas.

**A.** Colorantes etilénico: contienen varias veces el Cromóforo etilénico  $-\text{CH}=\text{CH}-$  son importantes los carotinoídeos por el papel que juegan en el mundo animal.

**B.** Nitroso y nitrocolorantes: contiene como cromóforos, los grupos  $-\text{NO}$  y  $-\text{NO}_2$ , se utilizan fundamentalmente como lacas metálicas.

**C.** Colorantes Azoico: tiene como Cromóforo principal el grupo  $-\text{N}=\text{N}$ .

**D. Colorantes indigoides:** tienen el cromóforo indigoide. Son colorantes de tina, poco solubles en agua.

**H. Colorantes quinónicos.** El Cromóforo fundamental es la O<sup>-</sup> y p-quinona, que puede condensarse con un núcleo bencénico o bien con dos (antraquinonas).

**I: Colorantes al azufre:** no tienen estructura química muy definida. Se obtienen los diversos colores del espectro (amarillo, azul, rojo, etc.) eligiendo el producto de partida; que se hace fundir con azufre o con sulfuro de sodio.

### **1.8.2.2 CLASIFICACION DE LOS COLORANTES SEGÚN EL METODO DE TINCIÓN**

Álvarez, (2010). Los colorantes se clasifican por el método de teñido y son:

**A. Colorantes ácidos:** se caracterizan por la presencia de uno o varios grupos sulfónicos. Sirven para teñir la lana, que teniendo un punto isoeléctrico de 4,6 con un pH más bajo adquiere carga positiva y da sales con aniones de los colorantes. La afinidad del anión ácido para la lana depende, además de la constitución química, de la magnitud molecular y el número de grupos -SO<sub>3</sub>H. Se clasifican según su afinidad para la lana en baño ácido. Se encuentran colorantes ácidos entre los nitrocolorantes (antralana), los colorantes del trifenilmetano, de la pirazolona, de la antraquinona, y del mono y el diazoico. Los colorantes ácidos tiñen el lanital, el nylon y la seda, y se emplean en productos alimenticios (jarabes, licores).

**B. Colorantes básicos:** tienen carácter básico asegurado por grupos auxócromo Amínicos libres o sustituidos. No está excluida la presencia de agrupaciones acidas, siempre que al final prevalezca el carácter básico. Se encuentran colorantes básicos entre los siguientes grupos: azoico, Xanténicos, del trifenilmetano, Azínicos y acridínicos. Se hallan en el comercio en forma de sales (clorhidratos y clorocincatos) y tiñen la seda en baño acidulado con ácido acético. El algodón y las fibras celulósicas se tiñen con los colorantes básicos y solamente previos mordentados con tanino y tártaro emético (tartrato de potasio y antimonilo), que confiere carácter ácido. Algunos colorantes básicos (astrazón, bayer, mailón, giege) tiñen también las fibras piliacrilonitrílicas. Los tintes obtenidos con los colorantes básicos no son muy sólidos a la luz. Se emplean también para cuero; como pigmentos, se usan para tintas, barnices, lápices, papel, carbón, etc.

**C. Colorantes directos:** tienen agrupaciones ácidas ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{COOH}$ ) y presentan la característica de teñir directamente el algodón bajo forma de sales.

**D. Colorantes al mordiente:** presentan la característica de tener, en la molécula grupos capaces de dar complejos de coordinación con los metales. Naturalmente, también pueden tener grupos ácidos y básicos que influyen sobre la solubilidad y sobre el tipo de aplicación a las fibras. Efectivamente, se distinguen colorantes al mordiente, colorantes diacromos y colorantes postcromatables. Al primer grupo pertenecen aquellos que no pertenecen a otros grupos funcionales (alizarina). Tiñen la fibra ya mordentada con sales de Cr, Co, Cu y Fe. Para teñir se utiliza un baño en el que se hallan simultáneamente el tinte y el mordiente (metacromo). Los colorantes al mordiente tiñen la lana, el algodón y el nylon; sirven para estampado.

**E. Colorantes premetalizados:** son colorantes ácidos que dan complejos solubles en agua con metales como cromo, cobre, cobalto, etc. Su constitución es variable. La mayor parte son colorantes ácidos y tiñen la lana, el algodón y las fibras poliamídicas. Son muy sólidos, aunque costosos.

**F. Colorantes a la tina:** Son colorantes insolubles. Para teñir las fibras, es preciso reducirlos a una forma leucosoluble, y reoxidarlos al aire de modo que queden fijados de modo estable. Son principalmente colorantes pertenecientes al grupo índigo y de la antraquinona. La reducción a la forma leuco se verifica por medio de hidrosulfito sódico en medio alcalino. Para la lana se usa hidrosulfito amónico y coloide protectores que preservan la fibra. Actualmente se prefieren los ésteres sulfúricos de la forma leuco, que son muy solubles y tienen buena afinidad para las fibras (índigosoles, antrasoles). Una vez fijado a la fibra el colorante se libera del éster en baño ácido. Son especialmente indicados para teñir lana y el algodón. Con colorantes especiales se tiñen también la seda, el órlon y las pieles. Los colorantes a la tina sirven para el estampado.

**G. Colorantes reactivos al azufre:** no tienen constitución química definida. Para prepararlos se utiliza azufre y sulfuro de sodio. Son insolubles. Tiñen en baño de sulfuro sódico, que los reduce a una forma leuco, la cual se fija a la fibra. En contacto con el aire se reoxidan.

**H. Colorantes reactivos directos:** tiene la característica de formar verdaderos enlaces químicos con la celulosa. En cuanto a solidez, son casi del mismo tipo que los colorantes a la tina. Toman los nombres de Proción, cibracón y remazol. Al baño de tinte se añade la solución del colorante y se completa mediante la adición del sulfato sódico. Son indicados también para los estampados.

**I. Colorantes con grupos solubilizantes eliminables.** Dado que se trata de compuestos que una vez fijados a la fibra, se descomponen para ser transformados en colorantes insolubles, la hidrólisis se efectúa en general en medio ácido. Tiñen el algodón, el rayón viscoso y el lanital (lanominas).

**J. Colorantes insolubles sobre fibra:** se dividen en tres grupos.

Azoicos insolubles sobre fibra: son colorantes que se caracterizan por ser insolubles. Se aplican solamente al algodón, pasando al fibra en primer lugar en la solución alcalina de base copulante (naftol) y después en la solución del diazo. La anilina en medio ácido y en presencia del oxidante ( $\text{NaClO}_3$ ;  $\text{NaNO}_3$  +  $\text{CuSO}_4$ ) forma colorantes azínicos complejos que son retenidos sobre la fibra.

### 1.8.3 COLORANTES NATURALES

Álvarez, (1997). Los colorantes naturales son sustancias químicas que tienen la propiedad de transferir color a las fibras y provienen de plantas superiores, algas, hongos y líquenes, algunos insectos, así como de algunos organismos marinos invertebrados. Para que una sustancia coloreada se comporte como colorante, además de poseer grupos cromóforos requiere la presencia de grupos auxócromos. Generalmente se clasifican a los colorantes de dos modos distintos, la clasificación tintórea agrupa los colorantes según su comportamiento frente a las fibras, mientras que la clasificación química los agrupa de acuerdo a su constitución.

Dentro de la clasificación tintórea están los colorantes ácidos, básicos, sustantivos, a la tina, de complejo metálico, sobre mordiente, de dispersión y reactivos.

Álvarez, (1997). A la clasificación química corresponden los siguientes grupos: tetrapirroles, carotenoides, flavonoides, xantonas, quinonas, derivados de indigoides e indoles, y pirimidinas sustituidas.

El ácido carmínico, principio colorante de la cochinilla, está dentro del grupo de las quinonas con respecto a la clasificación química de los colorantes, y dentro de la clasificación tintórea corresponde al grupo de colorantes sobre mordente. Las quinonas han sido conocidas por muchos años por sus propiedades tintóreas, son un grupo de compuestos cuya coloración varía desde el amarillo pálido hasta tonalidades cercanas al negro, la mayoría son de color amarillo a rojo y muy escasas las de color verde y azul; presentan un comportamiento poligenético, donde se dan diferentes colores con distintos mordientes. Las quinonas se encuentran frecuentemente en las raíces, corteza, hojas y flores de ciertas plantas y en algunos organismos marinos invertebrados e insectos como la cochinilla. Se subdividen en benzoquinonas, naftoquinonas, quinonas isoprenoides y antraquinonas. Las antraquinonas constituyen el grupo más numeroso de las quinonas naturales y son la base y fuente de una importante cantidad de colorantes, a este grupo corresponde el ácido carmínico, de fórmula  $C_{22}H_{20}O_{13}$ , cristaliza en prismas rojos y se descompone a 120 °C. Obando, (2013). El ácido carmínico y sus derivados se emplean para dar color a fibras naturales y sintéticas, alimentos cárnicos, bebidas, confites, cosméticos y fármacos.

#### **1.8.4 ANTRAQUINONAS**

Carvallo, (2000). Se encuentran en las plantas de las familias Leguminosae, Rubiceae, Ramnaceae, Polygonaceae, Ericaceae, Liliaceae. En colorantes de origen animal como el ácido carmínico es un colorante trihidroxifenólico sintetizado por un insecto llamado cochinilla que parasita en el cactus. Dependiendo del mordente los colorantes antraquinónicos pueden teñir diferentes tonos.

#### **1.8.5 COCHINILLA**

Tobar, (2000). La cochinilla (*Dactylopius coccus*), conocida también como grana cochinilla, cochinilla del carmín o nocheztli (sangre de tuna) es una especie de hemíptero cocoideo, es un insecto parásito que se cría en los cladodios de la tuna o nopal (*Opuntia spp.*); En la figura (1.7), se observa la cochinilla en su estado granulado.



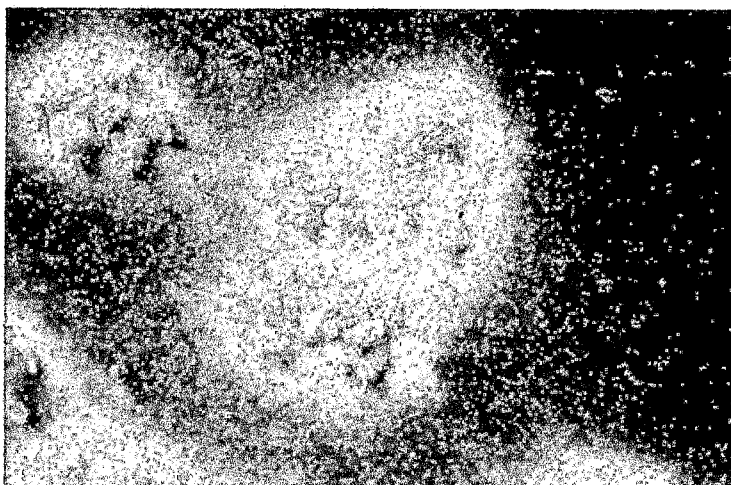
**FIGURA 1.7: LA COCHINILLA**

Fuente: Agro Industrias del Sur Import Export EIRL, (2014)

#### **1.8.5.1 BIOLOGIA DE LA COCHINILLA**

Elena, (1985). Este insecto se alimenta de la savia de la tuna para lo cual se adhiere a la planta por medio de su aparato bucal, quedando fija por el resto de su ciclo biológico; que es un periodo comprendido por aproximadamente 90 a 120 días. Las hembras son las que producen el colorante, el cual se extrae de sus cuerpos secos. La única función de los machos es copular a la cochinilla hembra y después mueren, ya que por tener el aparato bucal atrofiado no pueden alimentarse; viven de dos a tres días. La cochinilla presenta un marcado dimorfismo sexual, el macho, es de contextura pequeña, mide 2,5 mm de longitud y 5 mm de expansión alar. La hembra tiene un tamaño de 3 a 6 mm de longitud por 2,5 a 4,5 mm de ancho, es de color rojo y de forma ovalada. Una hembra produce de 150 a 400 huevos. La temperatura óptima para el desarrollo de la cochinilla está entre 26 a 28 °C. El contenido porcentual de ácido carmínico difiere entre una cochinilla y otra ya que las características genéticas y las condiciones del ambiente influyen en la mayor o menor presencia del compuesto. La cochinilla de mejor calidad posee entre 18 y 22 % de ácido carmínico. Por cada 3,3 Kg de cochinilla fresca se obtiene 1 Kg de cochinilla seca.

En la figura (1.8), se observa la cochinilla en su habitad que es el nopal.



**FIGURA 1.8: LA COCHINILLA EN UN NOPAL**

Fuente: Álvarez, (1997).

Elena, (1985). El ácido carmínico producido por la cochinilla fina tiene actualmente una gran demanda en el mundo por su inocuidad en salud pública, su alta estabilidad y poder colorante. Su importancia radica en ser fuente de un colorante natural llamado ácido carmínico.

En años recientes, el uso de colorantes sintéticos en productos de consumo humano se ha visto asociado a daños a la salud, por lo que existe una marcada tendencia mundial a sustituir dichos colorantes por los de origen natural. En la actualidad, el pigmento de la grana se utiliza en la elaboración de pasteles, bebidas, medicamentos, teñido de telas, alfombras, fotografía en color, en la industria de los cosméticos y colorantes para artistas .

Existen dos tipos de cochinilla, silvestre y fina. La silvestre es un complejo de ocho especies que crece como una plaga en las huertas de nopal. Su colorante es de mala calidad y de baja concentración. Se distingue de la fina porque su cuerpo está cubierto de una madeja de "algodoncillo" blanco en vez del polvo de la cochinilla fina. La cochinilla fina se distingue porque su colorante es de buena calidad y alta concentración.

La clasificación taxonómica de grana de la cochinilla se muestra en el cuadro (1.4).



Clase	Insecto
Orden	Homoptero
Suborden	Stemorrhyncha
Superfamilia	Coccoidea
Familia	Dactylopiidae
Genero	Dactylopius
Especie	Coccus
Nombre científico	Dactylopius Coccus

**CUADRO 1.4: CLASIFICACION TAXONOMICA DE GRANA DE COCHINILLA**

Fuente: Álvarez, (1997).

**TABLA 1.6**

**ANALISIS PROXIMAL DE GRANA DE COCHINILLA (*Dactylopius Coccus*)**

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Proteínas	32.27
Grasas (lípidos)	1.59
Carbohidratos	20.00
Cenizas	11.03
Fibra cruda	9.38
Extracto libre de Nitrógeno	45.73

Fuente: López, (2000).

**1.8.5.2 DERIVADOS VALIOSOS DE LA COCHINILLA**

Agreda, (2009). Industrialmente a partir de la cochinilla seca y preparada se llega a obtener otros productos de gran valía así tenemos:

**A) EXTRACTO DE COCHINILLA**

Agreda, (2009). Los extractos de cochinilla son colorantes naturales de color rojo, que contienen principalmente ácido carmínico; y se obtienen por extracción con agua o alcohol. Estos extractos se utilizan para la preparación de concentrados líquidos o en polvo. Los productos derivados de la cochinilla pueden obtenerse como extractos acuosos (con extracciones de ácido carmínico de hasta 50% dependiendo de las condiciones ambientales de la cochinilla), extracto alcohólico colorante de cochinilla (con extracciones de ácido carmínico de hasta 50% dependiendo las condiciones ambientales de la

cochinilla), soluciones de carmín (se pueden extraer hasta 5% de ácido carmínico) este último se usan para colorear alimentos con ácidos de frutas debido a que son estables para este tipo de tintes.

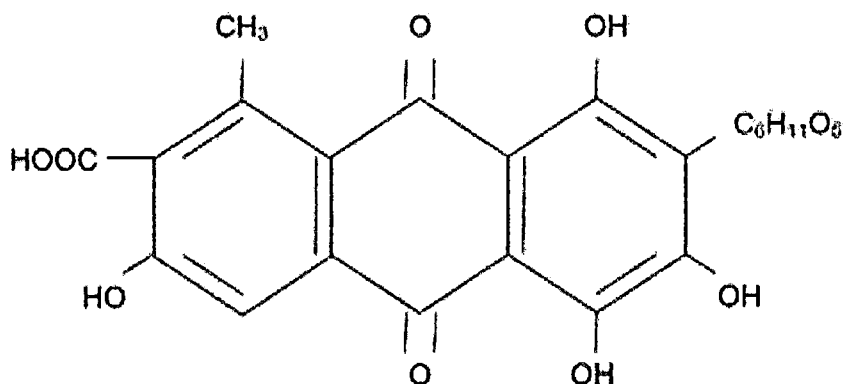
## B) ÁCIDO CARMÍNICO

Agreda, (2009). El ácido carmínico es el principio colorante de la cochinilla, es un ácido *orto-fenoxi-carboxílico* de carácter hidrofílico.

Este presenta una coloración roja la cual puede variar hasta púrpura cuando el Ph aumenta .El ácido carmínico es de fórmula  $C_{22}H_{20}O_{13}$ , se cristaliza en prismas rojos, no tiene punto de fusión y se descompone a  $120^{\circ}C$ . El grupo carboxílico  $-COOH$  y los cuatro grupos  $-OH$  fenólicos, de las posiciones C-3, C-5, C-6 y C-8 desprotonables, contribuyen a los cambios de color.

.Las soluciones de ácido carmínico son estables a la luz y a los tratamientos térmicos, sin embargo, el color no es estable a los cambios de pH en medio ácido, hasta pH 4,0 es color naranja, en el intervalo de 5,0 a 6,0 toma una coloración roja y a partir de pH 6 la solución es de color púrpura.

En la figura (1.9), se observa la estructura química del ácido carmínico.



**FIGURA 1.9: ESTRUCTURA QUÍMICA DEL ÁCIDO CARMÍNICO**

Fuente: Agreda (2009).

Agreda, (2009). Los estándares de calidad son regidos por la FDA de Estados Unidos, para el ácido carmínico debe encontrarse con un porcentaje entre 20 y 22% y con un pH entre 8.5 – 7.0 (tomado a  $25^{\circ}C$ ).

### C) CARMIN

Gibaja y Aldalana, (1977). El carmín es una laca aluminosa o calcio aluminosa de los principales colorantes, obtenida mediante una extracción acuosa de la cochinilla de color rojo púrpura. De acuerdo a la literatura los procedimientos para preparar el Carmín, consisten de manera general en hacer hervir la cochinilla pulverizada con agua sola o con una solución acuosa, filtrar la solución y precipitar la materia colorante por adición de una sal, que puede ser sulfato de doble de aluminio y potasio (alumbre), cloruro estañoso, bitartrato de potasio, etc. El precipitado se deja sedimentar y se separa.

Existen también diferentes métodos para obtener el carmín con la adición de otros reactivos.

La facilidad del ácido carmínico para formar complejos con metales es explotada en la manufactura de los carmines, el carmín procesado adquiere diferentes coloraciones dependiendo de la sal metálica a la que esté unido, ejemplo de esto se muestra en el cuadro siguiente.

**CUADRO 1.5**  
**COLORACIONES ADQUIRIDAS POR EL CARMIN DEPENDIENDO DE LA SAL METALICA EMPLEADA.**

MORDENTE	COLOR
Alumbre	Magenta
Alumbre y crémor Tártaro	Carmesí
Cromo	Ocres
Ácido Oxálico y crémor tártaro	Naranjas
Estaño	Éscarlata
Hierro	Grisáceo
Cobre	Violeta

Fuente: Carvallo, (2000).

## **1.9 TEÑIDO**

Ojeda, (2012). Teñido es la interacción de la fibra con el medio acuoso del tinte, donde se producen reacciones químicas, en donde los iones del tinte son difundidos en la fibra, pero en condiciones correctas reaccionan y se enganchan, así mismo por enlaces covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras.

### **1.9.1 PROCESO DE TEÑIDO**

Ojeda, (2012). El teñido de fibras textiles con colorantes se realiza en una solución generalmente acuosa denominada licor o baño de teñido. Un proceso de teñido está realizado correctamente cuando la coloración es relativamente permanente, es decir, si no se remueve fácilmente por efecto de agentes externos como la luz y el agua. El proceso de teñido se puede describir en varias etapas, el colorante se difunde en una fase líquida para llegar hasta la fibra, posteriormente el colorante pasa de la fase líquida a la fase sólida sobre la superficie de la fibra y finalmente el colorante ingresa al interior de la fibra estableciendo enlaces para fijarse dentro la misma. Durante el proceso de teñido de la fibra se tiene diferentes etapas:

### **1.9.2 ETAPAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE UNA FIBRA PROTEICA**

Ojeda, (2012). En un proceso de tintura una molécula de colorante pasa por varios procesos o fases antes de quedar unida químicamente a la fibra.

#### **1.9.2.1 DISGREGACION**

Ojeda, (2012). Los auxiliares y el colorante se encuentran en el seno del líquido en sus formas simples, miscelares o formando agregados moleculares. Estos agregados están sometidos a equilibrios fisicoquímicos específicos que dependen en cada caso de las especies presentes en el sistema. Cuando se rompe el equilibrio se da la disgregación.

#### **1.9.2.2 DIFUSION/CONVECCIÓN**

Ojeda, (2012). Las moléculas de colorante se mueven desde el seno del baño hasta las zonas próximas a la superficie de la fibra por difusividad debido a la existencia de gradientes de concentración; Así mismo, ocurre en una

convección provocada por la propia velocidad de circulación del baño en relación con la del sustrato textil.

### **1.9.2.3 ADSORCION**

Ojeda, (2012). Se presenta en la superficie de la fibra .Las moléculas de colorante son adsorbidas desde la superficie de la fibra mediante interacciones cuya intensidad depende de las relaciones de afinidad entre ambas estructuras.

### **1.9.2.4 DIFUSION**

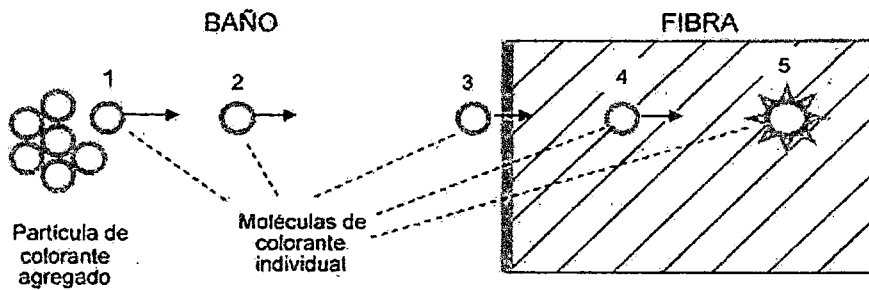
Carvalho, (2000). Las moléculas que se encuentran en la superficie de la fibra empiezan a difundirse al interior de la estructura macromolecular constituida por la fibra .Esta difusión liquido – solido, depende del tamaño molecular de la especie que va a difundir y del tipo de estructura interna de la fibra.

### **1.9.2.5 FIJACION**

Carvalho, (2000). Finalmente se da el establecimiento de los enlaces fibra-colorante constituyendo la fijación. El proceso de tintura requiere ciertas condiciones que penetran que el colorante se impregne totalmente en la fibra sin dañar su estructura interna, para ello se distingue dos principios de tintura.

**A.** Por afinidad entre el colorante y la fibra lo que hace que el colorante pase del baño a la fibra, hasta saturarla y quedar fijada en ella.

**B.** Por impregnación de la fibra el material textil absorbe el colorante de la solución, en este momento no queda fijada todavía en él, en el proceso de fijado, cuando la tintura es definitiva. El proceso de teñido muestra en la figura (1.10).



- Etapas de la tintura:
- |                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| 1. Disgregación del colorante        | 2. Difusión en baño     |
| 3. Absorción superficial en la fibra | 4. Difusión en la fibra |
| 5. Fijación                          |                         |

**FIGURA 1.10 : PROCESO DEL TEÑIDO**

Fuente: Carvallo, (2000).

### 1.9.3 FACTORES DE INFLUENCIA EN EL PROCESO DE TEÑIDO

Cegarra, (1981). El teñido de materiales textiles se ve afectado por la influencia de varios factores que tienen que ser considerados al momento de llevar a cabo este proceso, dichos factores se detallan a continuación.

#### 1.9.3.1 EFECTO DE TEMPERATURA

Cegarra, (1981). La difusión de las moléculas de colorante depende de la temperatura, a mayor temperatura la movilidad y energía de las moléculas incrementa favoreciendo la migración de las mismas desde el baño tintóreo hacia la fibra. Es importante controlar de forma adecuada el incremento de temperatura durante el teñido ya que de ello dependerá la correcta igualación de las tinturas; Además la temperatura de fijación tiene importancia fundamental en la obtención de elevadas solidez.

#### 1.9.3.2 INFLUENCIA DEL TIEMPO DE CONTACTO FIBRA/BAÑO

Cegarra, (1981). Es el periodo de tiempo en el cual el colorante y la fibra a teñir interactúan permitiendo la migración de las moléculas de colorante hacia la fibra.

Es importante conocer en un proceso de teñido cuando termina la difusión y cuando comienza la fijación del colorante en la fibra, para obtener un teñido eficiente y en el menor tiempo posible, evitando de esta forma el deterioro de las fibras.

### **1.9.3.3 INFLUENCIA DE LA AFINIDAD DEL COLORANTE**

Cegarra, (1981). La afinidad entre el colorante y las fibras textiles la determina su estructura molecular, se debe tomar en cuenta la naturaleza del colorante y de la fibra, si estos son químicamente muy distintos, se precisa de un tratamiento distinto para llevar a cabo el proceso de teñido. El agotamiento del baño es función directa de la afinidad si se comparan con los colorantes directos, pero a la vez presentan elevados coeficientes de difusión.

### **1.9.3.4 PH DEL BAÑO TINTÓREO**

Cegarra, (1981). La condición de acidez, neutralidad o basicidad establece la conducta del colorante, influyendo en la capacidad de teñido, en la intensidad y en la variación del color obtenido en la fibra. Con la disminución del pH aumenta la velocidad de agotamiento del baño, pero disminuye la reacción fibra – colorante.

### **1.9.3.5 EFECTOS DE LAS SALES**

Cegarra, (1981). El uso de bajas concentraciones de sal, generalmente NaCl, en el baño tintóreo aumenta la difusión de colorante hacia la fibra, sin embargo, concentraciones altas de la misma producen el efecto contrario. Las sales producen un efecto igualizante debido a que al inicio de la tintura los aniones de la sal compiten con los aniones colorantes, tomando el agotamiento del baño más lento. De esta manera es posible disminuir la elevada afinidad del colorante por la fibra, surtiendo así un efecto retentivo e igualador se debe tener en cuenta que la dosis de sal más favorable dependerá de la intensidad de la tintura.

### **1.9.3.6 RELACIÓN DE BAÑO**

Cegarra, (1981). También conocida como razón licor, es la relación entre el volumen de líquido y el peso de material a teñir. Se recomienda utilizar una relación de baño en la que la fibra esté cubierta por el líquido y que le brinde movilidad a la misma.

### **1.9.3.7 INFLUENCIA DEL MOVIMIENTO FIBRA/BAÑO**

Cegarra, (1981). La relación que existe entre el movimiento relativo entre la fibra y el baño tintóreo influye directamente en la velocidad de teñido, pues a mayor agitación y circulación del baño, el contacto entre la fibra y colorante aumenta.

A mayor movimiento del baño a través de la fibra, se necesitaran tiempos menores para alcanzar el equilibrio del sistema, es decir lograr agotamientos altos, con altos niveles de solidez e igualación.

### **1.9.3.8 MORDENTADO**

Cegarra, (1981). Es un proceso comúnmente utilizado para teñir con colorantes naturales, facilita la fijación del colorante a la fibra mediante el uso de sales solubles de metales como aluminio, cobre, hierro y estaño, el tipo de metal determina la tonalidad del color. Además, aumentan la resistencia del color frente a la luz o a los sucesivos lavados. Existen tres técnicas de mordentado.

Robles, (2008). El premordentado, que consiste en introducir la fibra en una solución de agua con el mordiente, se deja calentar a temperatura de ebullición por un tiempo determinado, posteriormente se procede a teñir la fibra; el mordentado directo o metamordentado en el que se introduce la fibra en el baño de teñido junto con el mordiente y el postmordentado, se coloca la fibra previamente teñida en una solución acuosa que contenga cierta cantidad de mordiente y se lleva a ebullición por cierto tiempo.

### **1.9.3.9 INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE AGUA**

Carvallo, (2000). Las condiciones que debe reunir el agua para garantizar un teñido correcto son las siguientes:

- ❖ Elevada transparencia
- ❖ Agua blanda; ya que las sales de Calcio y Magnesio producen aglomeraciones de colorante y precipitaciones.
- ❖ Ausencia de metales como Cobre, Hierro y Magnesio, ya que producen una coloración amarillenta de los géneros y son especialmente perjudiciales en el blanqueo.



## **1.9.4 FISICOQUIMICA DEL TEÑIDO**

### **1.9.4.1 INTERACCION IONICAS**

Intexter, (1990). Se refieren a tinturas basadas en la interacción mutuas entre el centro positivo de los grupos amino y carboxilo presentes en la fibra y la carga iónica de la molécula de colorantes y viceversa.

### **1.9.4.2 INTERACCION DE VAN DER WALLS**

Intexter, (1990). Son tinturas basadas en la interacción de los orbitales  $p$  del colorante y de la fibra, de modo que las moléculas del colorante son ancladas a la fibra sin formar unión propiamente dicha con ella. Esta atracción es mucho más efectiva cuando las moléculas del colorante es lineal o plana, pudiendo aproximarse lo máximo posible a la fibra.

### **1.9.4.3 INTERACCION DE HIDROGENO**

Intexter, (1990). Esta interacción son provenientes de la unión del átomo del hidrogeno covalente unidos al colorante y a pares de electrones libres de átomos de donadores presentes de la fibra.

### **1.9.4.4 INTERACCION COVALENTES**

Intexter, (1990). Son provenientes de la unión covalente entre una molécula de colorante que contiene determinado grupo reactivo y residuos nucleofílicos de la fibra.

## **1.9.5 MECANISMO DE TINTURA**

Carvallo, (2000). La serie de manipulaciones que dan origen a los fenómenos por los cuales un material textil cobra vida mediante el color se llama tintura o teñido. Un verdadero teñido o tintura implica, aparte de la dación del color, mantener e incluso mejorar las propiedades de una fibra textil y el color impartido debe aparecer como formando parte de la fibra misma, naciendo desde lo más íntimo de esta y manteniendo a la vez ciertas cualidades de solidez que hagan practico su uso.

### **1.9.5.1 TRATAMIENTO PRE TINTURA**

Mirco, (1990). Antes de realizarse una tintura, el material a teñirse deberá limpiarse profundamente de cualquier impureza que pudiera contener, ya sea trazas de tierras, polvo aceites minerales y grasa, algún producto utilizado en un anterior proceso, etc. Que pudieran interferir en el normal desarrollo de un proceso de teñido.

#### **1.9.5.1.1 MORDENTE**

Mirco, (1990). Los mordentes son sustancias químicas naturales o sintéticas, que actúan como intermediario entre la fibra y el colorante, logrando que debido a la fusión molecular entre la fibra y el colorante, éste se impregne al interior de la fibra y ayude a fijar el color del tinte a la fibra, produciendo una unión cuyo efecto es la resistencia al paso del tiempo, al sol y al agua. Por lo general usando mordentes se obtienen colores permanentes y más vivos. El mordente rompe el enlace hidrogenado situándose el ión metálico del mordente en la proximidad del átomo de hidrógeno de la fibra.

Si introducimos la fibra mordida en la disolución del tinte se forma un conjunto ión del mordente-tinte que es insoluble.

La naturaleza química de la disolución mordente-tinte puede ser ácida o alcalina. Dentro de los mordientes de origen mineral tenemos el Alumbre (Sulfato doble de aluminio y potasio).

##### **1.9.5.1.1.1 LOS MORDENTES Y SU EFECTO EN EL COLOR**

Romero, (2006). Además de ayudar a que los colores sean más firmes y resistentes a la luz solar, los mordientes pueden modificar los colores, en algunos casos dándoles más brillo o viveza, en otros oscureciéndolos, y en otros transformando el color original en uno nuevo. Los mordientes más utilizados que ayudan a modificar el color son: Sulfato de hierro y sulfato de cobre. El sulfato de hierro vira los colores hacia los verdes, generalmente oscuros. Por su lado el sulfato de cobre vira los colores hacia los tonos cobres o marrones. El cuadro (1.6), muestra las características de algunos mordientes y su efecto en el color.

**CUADRO 1.6: CARACTERISTICAS DE ALGUNOS MORDENTES Y SU EFECTO EN EL COLOR.**

MORDENTE	NOMBRE COMUN	DENOMINACION	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
ALUMBRE	Alumbre	Sulfato Aluminico potasico	Polvo granulado blanco, cristales incoloros transparentes	Mordente más comun. Soluble en agua. Hace la fibra mas blanca y dura. No es toxico y se emplea en combinacion con cremor de tártaro
CREMOR DE TÁRTARO	Cremor de tártaro	Bitartrato Potasico	Polvo cristalino blanco	Se usa junto con el alumbre, bicromatico potasico, cloruro de estaño y sulfato de hierro. No es toxico y da brillantes y uniformidad al color
SULFATO DE HIERRO	Vitriolo verde	Sulfato de hierro II	Polvo cristalino amarillo claro, o cristales de color azul verdoso que se descompone con el aire y se oxida con la humedad, dando una coloracion marron	Se disuelve facilmente en agua y toma un color aherrumbrado. Los colores se vuelven terrosos. Se debe conservar en un recipiente bien cerrado. Aumenta la resistencia al lavado y a la luz, pero su exceso produce un resultado aspero y quebradizo en la fibra

Fuente: Romero, (2006).

#### 1.9.5.1.2 ALUMBRE

Mirco, (1990). Llamado también Alumbre Napolitano, es una sal cristalina muy soluble en agua, es un mineral que se presenta en forma de piedras transparentes. Su resistencia a la luz es mediana, se emplea generalmente combinado con el crémor tártaro.

Esta sal mineral es de origen volcánico no es de producto industrial, el alumbre sirve para fijar el color en la fibra, no altera el color pero aviva los colores, da mejores resultados con colores claros. Una cantidad excesiva de alumbre vuelve la fibra pegajosa.

Otros mordentes de origen mineral tenemos al cloruro de estaño, ácido clorhídrico o muriático, sulfato de sodio, ácido acético y el ácido fórmico.

### **1.9.5.1.3 ACIDO CÍTRICO**

Romero, (2006). El ácido cítrico es otro modificador suele aclarar los colores y otorgarles un cierto brillo, suelen variar el grado y el tipo de modificación de acuerdo a la reacción química que genere con el tinte.

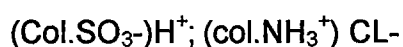
Con respecto a los Fijadores, el bicarbonato de sodio suele ser muy útil para resaltar los colores y otorgarles más firmeza sin alterar el color original del tinte, excepto en algunos casos en donde se convierte en modificador.

## **1.10 REACCION DE LA FIBRA FRENTE A MATERIALES COLORANTES**

Mirco, (1990). De todas las fibras textiles la lana/fibra de camélidos es la que representa la mayor afinidad por los colorantes directos o sustantivos y tienen la tendencia a combinarse con los colorantes adjetivos en condiciones apropiadas de baño neutro o ácido. Debido a su naturaleza porosa; la fibra es fácilmente penetrada por las soluciones calientes lo que constituye facilidad para colorearse. Un grupo de anilinas conocidas como colorantes ácidos tiñen la fibra directamente, mientras que no tiñen al algodón y otras fibras vegetales, lo que permite obtener efectos de doble color al teñir tejidos que contienen la lana y algodón simultáneamente.

## **1.11 COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO DEL TEÑIDO**

Kirk, (1959). El comportamiento tintóreo de las materias colorantes para las fibras viene determinado por una serie de factores de naturaleza fisicoquímica, entre los que son de destacar su solubilidad en medio acuoso, la velocidad y el equilibrio de tinción y la forma de fijación sobre las fibras. Los colorantes ácidos y básicos que contienen en sus moléculas un número suficiente de ionógenos  $\text{SO}_3\text{H}$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2$  o  $\text{NHX}$  respectivamente, son solubles en agua. Dichos grupos están disociados en medio acuoso, formando con el ión opuesto la sal colorante:



Los colorantes que contienen en sus moléculas simultáneamente grupos ácidos y básicos son también solubles en agua, pudiéndose comportar como

sustancias aniónicas, catiónicas o como iones híbridos,  ${}^+_3\text{HN-col-SO}_3^-$ , según la cuantía relativa y el grado de disociación de sus grupos ionógenos y el PH del medio.

La velocidad de tinción de la fibra en el baño tintóreo depende de la velocidad de difusión del colorante en la fibra, la cual es a su vez función de la movilidad iónica o molecular del colorante y de la constitución histológica (fibras naturales) o contextura (fibras químicas) del material fibroso a teñir y viene rígida aproximadamente por la ley de difusión de Fick:

$$\frac{dm}{dt} = -DS \frac{dc}{dx}$$

Dónde:

dm/dt: Cantidad de colorante que se difunde durante el tiempo a través de la sección S de separación.

dc/dx: Es la gradiente de concentración a ambos lados del límite de separación.

D: La constante de proporcionalidad de difusión =  $10^{-7}$  a  $10^{-3}\text{cm}^2\text{seg}^{-1}$ .

La difusión del colorante en la fibra cesa cuando se ha alcanzado el equilibrio de tinción, caracterizado desde el punto de vista termodinámico por la igualdad de potenciales químicos (energías libres, molares, parciales) del colorante en la disolución y en la fibra:

$$\mu_d = \mu_f$$

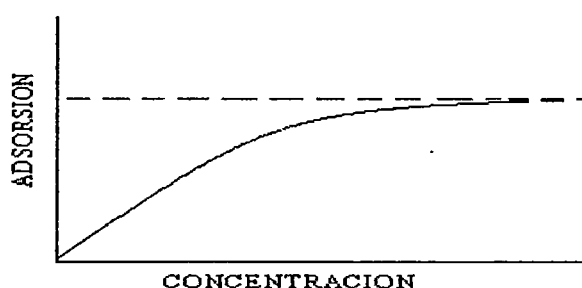
Kirk, (1959). Esta es una ecuación de validez totalmente general, que se cumple con independencia del tipo del colorante y de la fibra considerada. Esta ecuación general se transforma en otra de aplicación más inmediata, según los casos particulares. Cuando la fibra y el colorante son iónicos, como ocurre en la tintura de fibras proteínicas y poliamídicas con colorantes ácidos o básicos, el equilibrio de tinción viene dado aproximadamente por la isoterma de adsorción de Langmuir:

$$(\text{Col})_f = \frac{K(\text{col})_d}{K^I + (\text{col})_d}$$

Dónde:

$K$  y  $K^l$  son constantes específicas que dependen del tipo de fibra y de colorantes considerados. La cantidad de colorante adsorbido en la fibra, por una unidad de masa de ésta, aumenta con la concentración del baño tintóreo, primero de forma lineal y luego asintóticamente, hasta alcanzar un valor de saturación.

En la figura (1.11), se aprecia el gráfico de la adsorción del colorante en función a su concentración.



**FIGURA 1.11: ADSORCION DE COLORANTE EN FUNCION DE SU CONCENTRACION**

Fuente: Kirk, (1959).

La fijación de colorante en la fibra depende de su afinidad, la cual viene medida termodinámicamente por la diferencia de potenciales tipo de colorante en la fibra y disolución  $U_f^0 - U_f$  y es orden de 3 a 6 Kcal/mol. La causa de la afinidad son las fuerzas intermoleculares de diversa naturaleza entre la fibra y el colorante (fuerza electrostática, dipolares, dispersivas y puentes de hidrogeno, etc.); En general, la fijación de colorante en las fibras de los animales (proteínas) es dividida primordialmente a fuerzas electrostáticas (enlace iónico); en las fibras vegetales, a fuerzas adsortivas o de Van Der Walls, y en las sintéticas, a uno u otro tipo, según su diversa constitución química.

## **1.12 VELOCIDAD DE TINTURA DE FIBRAS PROTEICAS CON COLORANTES ÁCIDOS**

Los principales factores que modifican la velocidad de tintura son:

### **1.12.1 CONSTITUCIÓN DE LA FIBRA**

Escobedo, (1999). Es un factor de gran importancia en la cinética debido a que la cutícula que posee la fibra actúa de barrera o membrana aislante frente a la entrada del colorante de tal forma que aquellas fibras en las que se ha producido una cierta eliminación de la cutícula, como la fibra colorada. La velocidad de tintura es mucho mayor.

Otro factor de la morfología que incide en la velocidad de tintura es la superficie específica, de forma que la velocidad de tintura es mucho mayor en las fibras finas que en las gruesas por presentar las primeras mayor superficie específica, si bien teñidas ambas con el mismo % de colorante, las gruesas parecen más oscuras que las delgadas, Por último cabe indicar que también la constitución química influye en la velocidad de tintura, de tal forma que al aumentar el contenido de cistina aumenta la resistencia que la fibra ofrece a la difusión del colorante retardando la tintura, ya que la cistina forma enlaces que dan lugar a una reticulación intercadena actuando como barreras a la penetración del colorante en la fibra.

### **1.12.2 TEMPERATURA DE TEÑIDO**

Escobedo, (1999). La fibra por debajo de los 40°C, absorbe lentamente los colorantes, a los 60°C, se considerarse que la tintura es suficientemente rápida, si bien se cumple que al estado de equilibrio la cantidad de colorante fijada por la fibra disminuye al aumentar la temperatura.

Entre 40° y 60° C, la absorción es aún bastante lenta, habiéndose llegado a la conclusión de que para que tenga lugar la tintura es necesaria que se produzca el hinchamiento de la fibra, fenómeno que no se inicia hasta los 40 ° C y no presenta la extensión suficiente hasta los 60°C. De todo lo dicho se deduce que la tintura de la fibra debe iniciarse a 40-50°C y que a partir de 60°C la velocidad se incrementa sensiblemente con la temperatura.

### **1.12.3 pH DE LA SOLUCIÓN**

Obando, (2013). En los colorantes ácidos de buena igualación, se puede decir que a pH neutro la velocidad de tintura es prácticamente nula, y al

disminuir el pH la velocidad aumenta hasta llegar al pH= 3 que es el usado normalmente en la tintura con colorantes de buena igualación.

Los colorantes de mediana igualación, colorantes que tiñen a pH débilmente ácido, en los que a pH = 4.5-5, la velocidad de tintura es la adecuada, pues a pH 3, la absorción es excesivamente rápida.

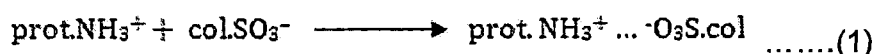
Los colorantes que tiñen en baño neutro son de mala igualación, ya que a este pH la velocidad de tintura es suficiente, añadiendo en todo caso el ácido acético al final de la tintura para agotar el baño, ya que a pH más bajo de 7 la velocidad es excesivamente elevada, puesto que para que una tintura quede igualada es preciso que la absorción sea gradual, de tal forma que el pH inicial del colorante absorbido al estado de equilibrio sea del orden del 85%.

#### 1.12.4 TINCION DE FIBRAS PROTEINICAS

Kirk, (1959). El teñido de las fibras proteínicas (lana, seda, fibras proteínicas y algunos artificiales), se efectúa principalmente con colorantes aniónicos, en menor grado también se utiliza con colorantes catiónicos y reactivos.

En la fijación de estos colorantes intervienen fuerzas de variada índole.

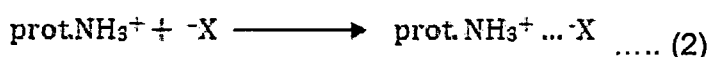
La fijación de colorantes ácidos se efectúa en presencia de ácido sulfúrico, clorhídrico, fórmico o acético, a pH por debajo del punto isoeléctrico de la proteína, donde los grupos amino cargados positivamente pueden captar los aniones colorantes por enlace iónico (salificación).



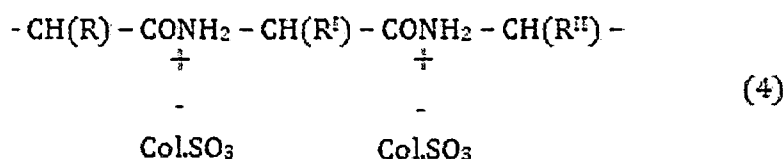
Kirk, (1959). Aparte de los enlaces electrostáticos, intervienen también en la fijación del colorante sobre la fibra fuerzas de Van Der Waals (dipolos, puentes de hidrogeno) cuya intensidad aumenta con el tamaño molecular (carácter coloidal) del colorante y de sus partes hidrófobas. Las fuerzas electrostáticas tienen un carácter cinético, dirigiendo los aniones colorantes a los grupos aminos de la fibra, quedando luego fijados a ella por fuerzas de Van Der Waals, es decir, la salificación facilita la distribución del



colorante sobre la fibra para su fijación definitiva por fuerzas de Van Der Waals. El mecanismo de fijación del colorante sobre la fibra es un mecanismo de intercambio aniónico. Los pequeños aniones ácidos del medio ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCOO}^-$ , etc.) difunden en la fibra más rápidamente que los voluminosos aniones colorantes, fijándose previamente en ella, para ir siendo paulatinamente reemplazados por los aniones colorantes, por la mayor afinidad de éstas con los grupos amino de la fibra proteica.



La cantidad de colorante sorbida por la fibra proteínica, es decir, la posición de equilibrio (1) depende del pH del medio y es independiente de la naturaleza del colorante ácido, como ocurre en general con la sorción de ácidos por las proteínas. Por debajo de pH 0.8 intervienen también en la fijación del colorante los grupos amino cargados de las cadenas peptídicas:



La adición de sal al baño ácido hace disminuir la velocidad de fijación del colorante sobre la fibra, puesto que las acciones electrostáticas entre los cationes de la sal y los aniones del colorante y el ácido del medio hacen retrasar el intercambio entre los aniones del colorante de la fase acuosa y los aniones del ácido sorbidos en la fibra.

## 1.13 EVALUACION POST - TINTURA

### 1.13.1 SOLIDECES

Obando, (2013). Para la evaluación de solidez son utilizadas las escalas de Grises. La evaluación de las solideces muchas veces depende de una comparación entre la tintura antes y después de haber sido sometida a la prueba. Al mismo tiempo se necesita saber cómo afecta la tintura a materiales blancos por si una prenda teñida va tener contacto con ellos

durante su uso o procesamiento. No ha sido fácil encontrar maneras de cuantificar las solidez de una manera inequívoca por ser estas apreciaciones subjetivas. Esta dificultad ha sido disminuida por el uso de escalas de grises, contra las cuales es posible comparar cualquier alteración o pérdida de matiz y/o manchada del material blanco. Para evaluar el cambio o pérdida del matiz se usa la Escala de Grises para cambio de color y para el manchado se usa la Escala de Grises para Descarga. El grado de solidez de una tintura se expresa por cifras adimensionales denominadas "Índices de solidez". Estas cifras van del uno al cinco y su valoración es comparativa y corresponde a una escala de grises de valores lumínicos en la cual aparece como gris base o de punto de partida un gris que a la vista aparece como un promedio entre negro y el blanco, a pesar de que solo refleja el 14% de luz blanca pero eso si es un gris completamente neutro, es decir no tiene ningún grado de cromaticidad. Este gris medio base aparece degradado en su valor numérico en la siguiente forma.

#### **1.13.2 SOLIDEZ AL FROTE**

Obando, (2013). Tinturas de pobre solidez al frote pueden ocasionar manchas de materiales sin teñir o de tonalidades más pálidas cuando tienen roces durante su uso o lavado. Por ejemplo tinturas que no han sido debidamente lavadas después de la tintura y que son utilizadas para la confección de pijamas, pueden manchar las sabanas. La baja solidez al frote pueden ser debido a deficientes tratamientos pre tintura, pobres condiciones de teñido, mala calidad de agua para la tintura, acabados mal aplicados o productos auxiliares ya sea de tintura o de acabado mal elegidos para determinado fin.

#### **1.12.3 SOLIDEZ AL LAVADO**

Obando, (2013). El procedimiento de lavado convencional o en lavandería industrial, depende principalmente del tejido y la fibra que se ha usado en la confección de la prenda. Por ejemplo, se utiliza un lavado suave para lana y fibras especiales o prendas delicadas, mientras que uno más

enérgico para camisas de algodón y otro más enérgico para prendas de trabajo.

#### 1.13.4 SOLIDEZ A LA LUZ

Obando, (2013). Las tinturas durante su uso están expuestas a la acción de la luz solar y artificial que destruyen los colorantes ocasionando el fenómeno de decoloración. La decoloración de las tinturas cuando son expuestas a la acción de la luz solar o artificial han sido objeto de numerosas investigaciones y muy poco se sabe acerca del mecanismo de coloración. De esta manera una tintura va perdiendo gradualmente su color o cambiándolo a la luz artificial. La solidez a la luz está íntimamente por la fibra sobre la que se ha llevado a cabo la tintura, la temperatura del medio en el que el artículo recibe la acción de la luz, la humedad del medio y la clase de atmosfera en que se realiza la exposición. Se sabe además que la mezcla de ciertos colorantes incluso de similares características como el caso de las tricromías, activan la decoloración de las tinturas. El cuadro (1.7), muestra el cuadro de valoración de solidez.

**CUADRO 1.7**  
**VALORACION DE SOLIDEZES**

VALORACION DE SOLIDEZES	DENOMINACION	TEÑIDO
5	EXELENTE	NO SE DESTIÑE
4	MUY BUENA	DESTIÑE UN POCO
3	BUENA	DESTIÑE SENSIBLEMENTE
2	REGULAR	DESTIÑE FUERTEMENTE
1	MALO	DESTIÑE MUY FUERTEMENTE

Fuente: Obando, (2013).

#### 1.13.5 RESISTENCIA

Obando, (2013). Este ensayo permite conocer la tenacidad de rotura del hilado después del teñido, hará tener una idea clara de cuanto afecta el

proceso de teñido a los hilados y evaluar si son aptos para la tejeduría y el acabado.

#### **1.13.6 ELONGACION**

Obando, (2013). Este ensayo se realiza para conocer cuánto ha afectado el proceso de teñido a elasticidad de los hilados, ya que de esto dependerá si el hilado es posible trabajarlo en la tejeduría o no, puesto que es conocido que hilados que poseen limitada elongación dificultan tanto en tejido de punto como en tejido en plano, por las constantes roturas del mismo; provocando pérdidas considerables de productividad en las maquinas.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y METODOS

#### 2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación en su parte experimental se realizó en los siguientes lugares:

- ❖ **Asociación Textil Suri - Sicuani**, Ubicado en la Av. San Felipe N° 140 del distrito de Sicuani - Cusco. Se realizaron Las primeras pruebas de ensayo de teñido.
- ❖ **Facultad de Ingeniería Agroindustrial Filial Sicuani** de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, ubicado en la Av. Arequipa N° 150, del distrito de Sicuani - Cusco. Se realizaron las pruebas preliminares de teñido.
- ❖ **Laboratorio de Tintorería - Incalpaca PTX S.A.** Ubicado en Ubicado en la calle cóndor N° 100 - Urb. Tahuaycani - Sachaca - Arequipa. Se realizaron las pruebas finales de teñido.
- ❖ **Laboratorio de Control de Calidad - Incalpaca PTX S.A** Ubicado en la calle cóndor N° 100 – Urb. Tahuaycani - Sachaca - Arequipa. Se realizó el barrido de pruebas para la determinación de Solidez y resistencia.

La figura (2.1), muestra la planta de la empresa Incalpaca TPX S.A



**FIGURA 2.1: PLANTA INCALPACA TPX S.A**

## **2.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **2.2.1. SUSTRATO TEXTIL**

Se utilizó hilado de fibra de alpaca Suri de título 2/16 con las siguientes características físicas iniciales de:

- ❖ Resistencia : 890 gramos- fuerza
- ❖ Elongación : 17.6 %

### **2.2.2 EQUIPOS DE LABORATORIO**

- ❖ Teñidor de muestras  
Marca : TERMAL  
Modelo : Laboratuvar Aletleri  
Capacidad máx : 12 Tubos/Bach  
Capacidad min : 1 Tubos/Bach  
RPM : 20 (Progammable)  
Temperatura máx.: 130 °C.  
Método de teñido : Inmersión  
Funcionamiento : Semi Aut.  
Accesorios : Tubos de acero
  
- ❖ Estufa de secado  
Marca : BRANCAA  
Modelo : MERCALLO  
Funcionamiento : Programable (T° y t)
  
- ❖ Cabina de luz Espectro light estandarizada.

### **2.2.3 INSTRUMENTAL DE LABORATORIO**

#### ❖ Balanza analítica

Marca : METTLER TOLEDO  
Modelo : ML New classic  
Cap. Máxima : 220 gramos  
Sensibilidad : 0.0001 gramos

#### ❖ Pipeta digital

Marca : RAININ  
Modelo : E4 XLS  
Rango : 2 – 20 ml.

- |                         |               |                  |
|-------------------------|---------------|------------------|
| ❖ pH metro digital      | Marca         | : METTLER TOLEDO |
|                         | Modelo        | : SevenGo        |
|                         | Rango         | : 0 – 14 pH      |
| ❖ Vasos precipitados    | Marca         | : BOECO          |
|                         | Cáp máx       | : 250 ml         |
| ❖ Termómetro industrial | Marca         | : Ebro TTX20     |
|                         | Rango         | : -10 a 150°C    |
| ❖ Cronometro            | Sensibilidad: | Segundos         |
| ❖ Tubos de ensayo       | Marca         | : Pírex          |

#### 2.2.4 REACTIVOS Y PRODUCTOS AUXILIARES

- ❖ Detergente : Hotapal MRN MX
- ❖ Sulfato de Aluminio :  $\text{AlSO}_4$
- ❖ Ácido cítrico :  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
- ❖ Agua blanda :  $\text{H}_2\text{O}$

#### 2.2.5 OTROS MATERIALES:

- ❖ Papel indicador de pH : PANPEHA
- ❖ Litreras de Cáp. 2 Lt. : Basa
- ❖ Guantes Industriales
- ❖ Agitador de vidrio
- ❖ Hilo
- ❖ Tijera
- ❖ Malla de Nylon Strainer 15x20 cm de 75 micras
- ❖ Cocina eléctrica

#### 2.2.6 COLORANTE

- ❖ Cochinilla (estado granulado).

## 2.3 METODOS

La metodología a seguir para la obtención de la fibra teñida de alpaca suri (*Vicugna pacos*), con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*), está basado en los defectos observados en base al teñido artesanal, las cuales son muy determinantes en la calidad de productos finales.

El presente trabajo se realizó a una humedad relativa de 16% y a una temperatura ambiental promedio del día de 20°C de la ciudad de Arequipa.

### 2.3.1 OBTENCION DEL CARMIN DE COCHINILLA

#### 2.3.1.1 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La cochinilla seca se compró de la empresa Agro Industrias del Sur Import Export E.I.R.L. Ubicado en la Joya – Arequipa.



**FIGURA 2.2: LA COCHINILLA**

Fuente: Agro Industrias del Sur  
Import Export EIRL

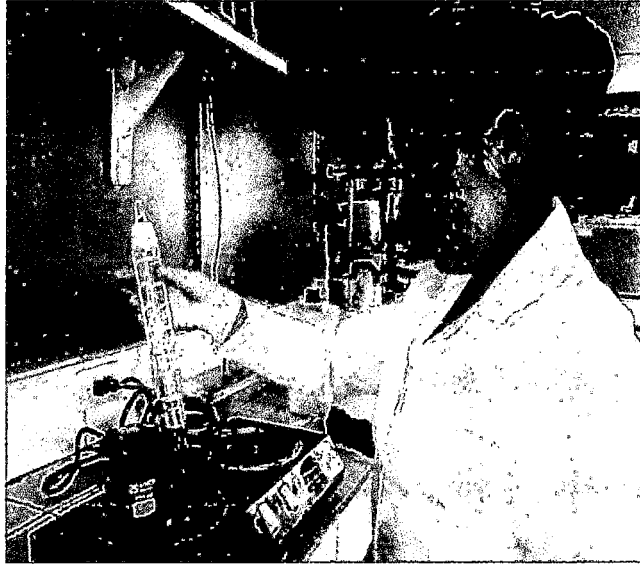
#### 2.3.1.2 LIMPIEZA

Se separó los espinos, palos de la cochinilla.

#### 2.3.1.3 EXTRACCION

Luego de la limpieza se pasó a extraer el colorante, la extracción del colorante se dio en medio acuoso a una temperatura de 88°C por un tiempo de 45 minutos. En la figura (2.3), se muestra el proceso de extracción del colorante en agua.





**FIGURA 2.3: EXTRACCION DEL COLORANTE EN MEDIO ACUOSO**

#### **2.3.1.4 FILTRADO**

La solución inicial obtenida se filtró en malla fina de 75 micras a una temperatura de 80°C, Se eliminó los materiales sólidos, exhausto del colorante.

Seguidamente se obtuvo la solución colorante con un pH de 5.81, En la figura (2.4), se muestra la solución colorante obtenida.



**FIGURA 2.4: SOLUCION COLORANTE**

### 2.3.1.5 MORDENTADO DIRECTO

Se realizó el mordentado con sulfato doble de aluminio y potasio  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , a una temperatura de  $80^\circ C$ . Se utilizó como asistente el ácido Cítrico ( $C_6H_8C_7$ ), para aclarar el color y dar más tonalidad y brillo a la fibra teñida. Finalmente se obtuvo el carmín con un pH de 3.25, en la figura (2.5) se muestra el diagrama de flujo cualitativo de la obtención del carmín de cochinilla.

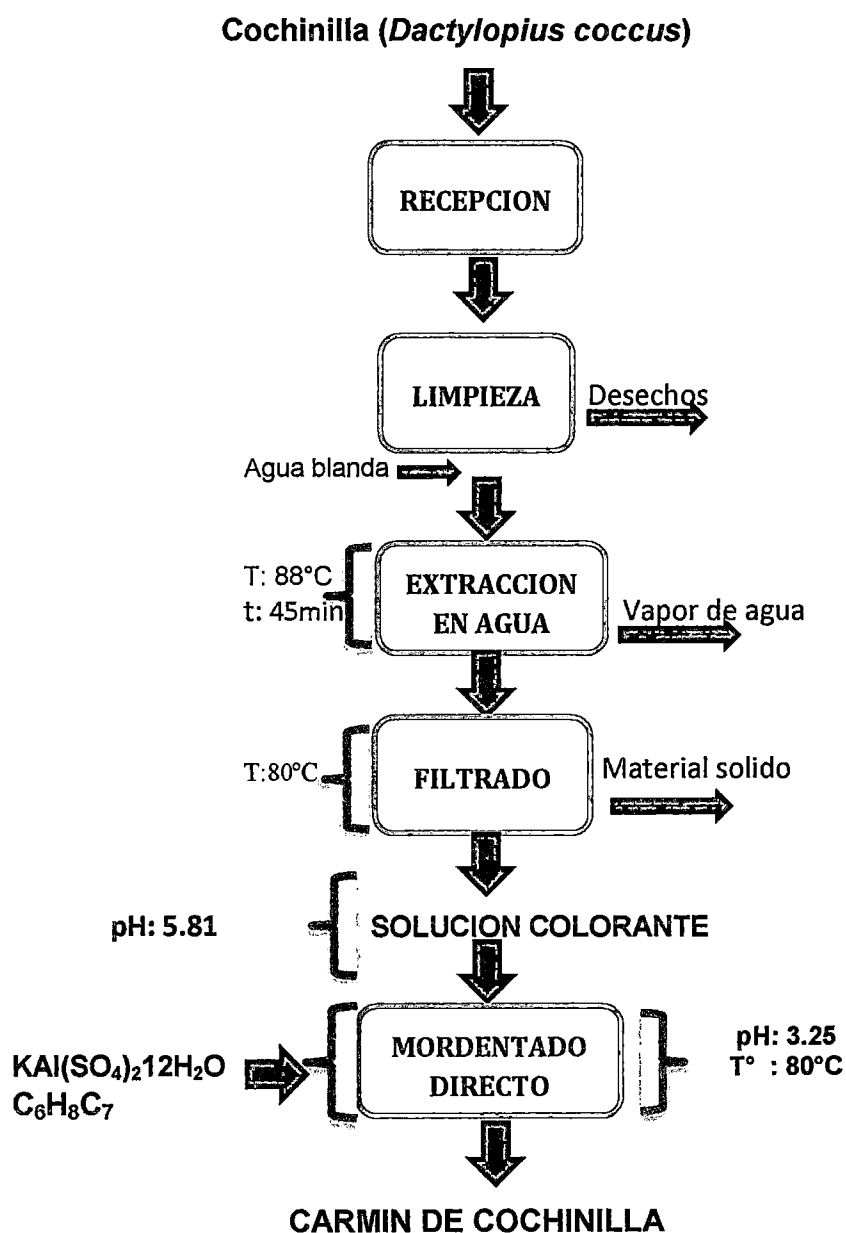


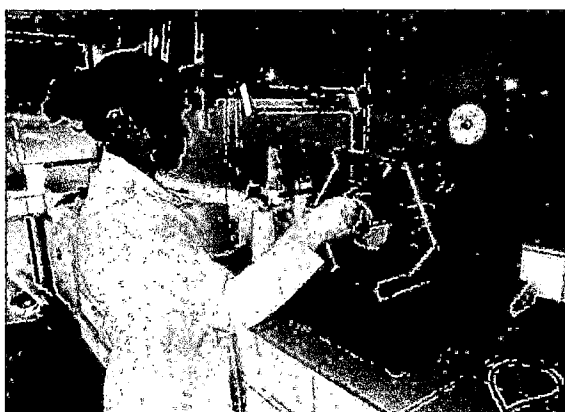
FIGURA 2.5: DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DE LA OBTENCION DEL CARMIN DE COCHINILLA.

### **2.3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA FIBRA TEXTIL**

El hilo de fibra textil de alpaca Suri, se adquirió 2 conos de 1 Kg de la empresa Inca Top S.A. De título 2/16. Ubicado en la Av. Miguel Forga, N° 348 Parque Industrial, Tienda Francisco Velasco N° 126 - Parque Industrial - Arequipa.

#### **2.3.2.1 MADEJADO**

Se confeccionó una madeja de 10g de hilado de fibra de alpaca suri de título métrico  $N_m = 2/16$  es decir, 16 metros del hilado pesan 2 gramos, en nuestro experimento hemos utilizado 80 metros de hilado por cada muestra que pesan 10 gramos. En la figura (2.6), se observa el madejado de la fibra textil.



**FIGURA 2.6: MADEJADO DE LA FIBRA**

#### **2.3.2.2 PESADO**

El pesado se realizó en la balanza analítica de la misma empresa, para realizar los cálculos respectivos. La figura (2.7), muestra el pesado de la muestra textil.

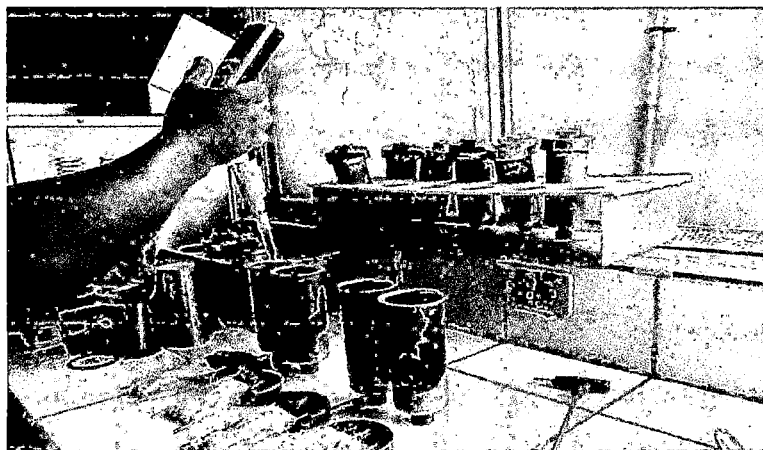


**FIGURA 2.7: PESADO DE LA MUESTRA TEXTIL**

### 2.3.2.3 LAVADO

Las muestras fueron sometidas a los vasos de pruebas, provisto de una solución con detergente Hostapal de 0.8 gramos, en 2000 gramos de agua blanda. Luego acondicionadas a la máquina de teñido durante 10 minutos a una temperatura de 60°C en un baño.

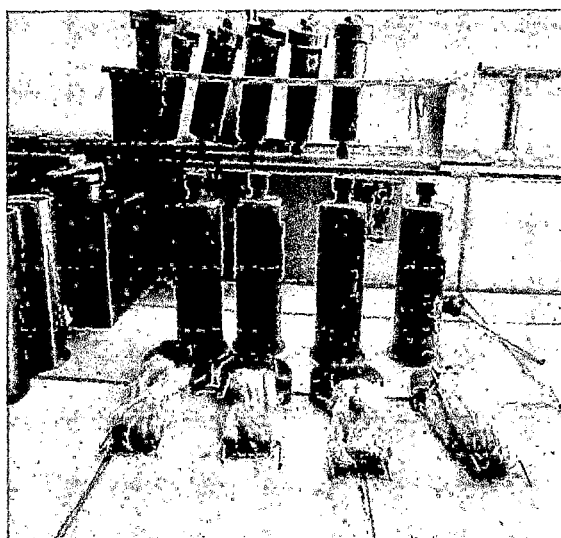
La figura (2.8), muestra la preparación de la solución para el lavado.



**FIGURA 2.8: PREPARACION DE LA SOLUCION PARA EL LAVADO**

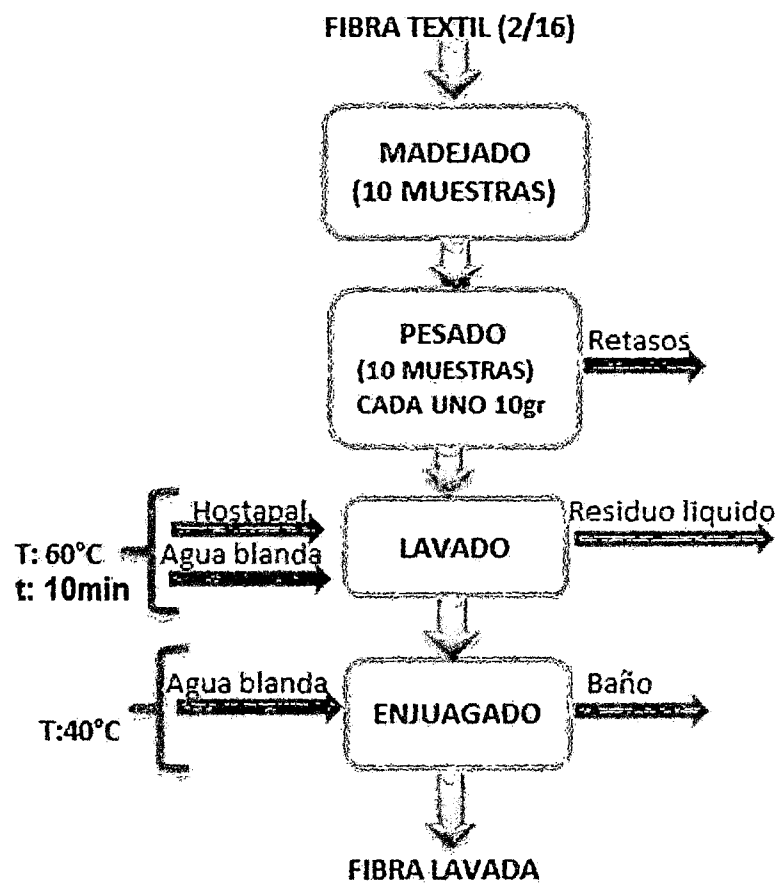
### 2.3.2.4 ENJUAGADO

Para el enjuagado se utilizó agua blanda a una temperatura de 40°C, quedando lista para su tintura. En la figura (2.9), se muestra las fibras lavadas listas para su teñido.



**FIGURA 2.9: FIBRAS LAVADAS LISTAS PARA SU TEÑIDO**

En la figura (2.10), se muestra el Diagrama de flujo cualitativo de la preparación de la muestra (fibra textil).



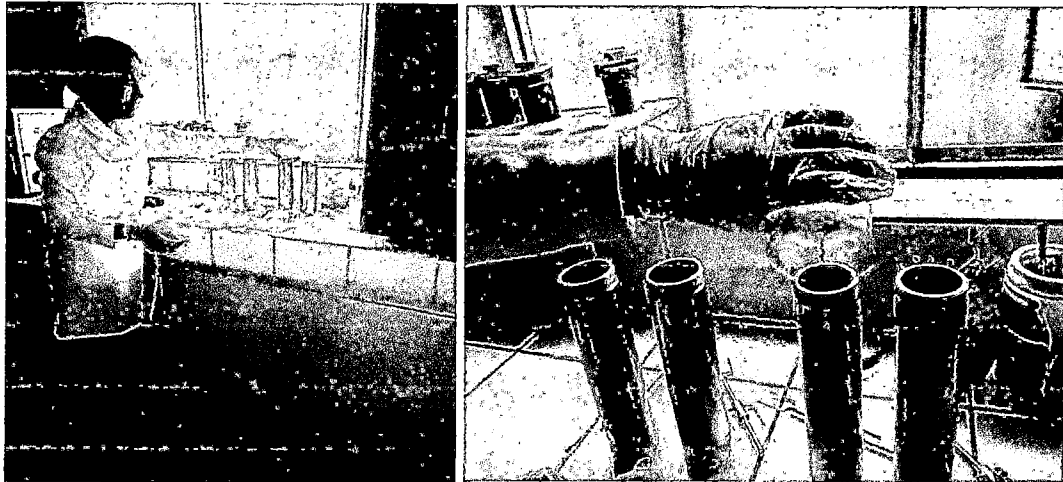
**FIGURA 2.10: DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA TEXTIL**

### **2.3.3 PROCESO DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COCHINILLA**

#### **2.3.3.1 PROCESO DE TEÑIDO**

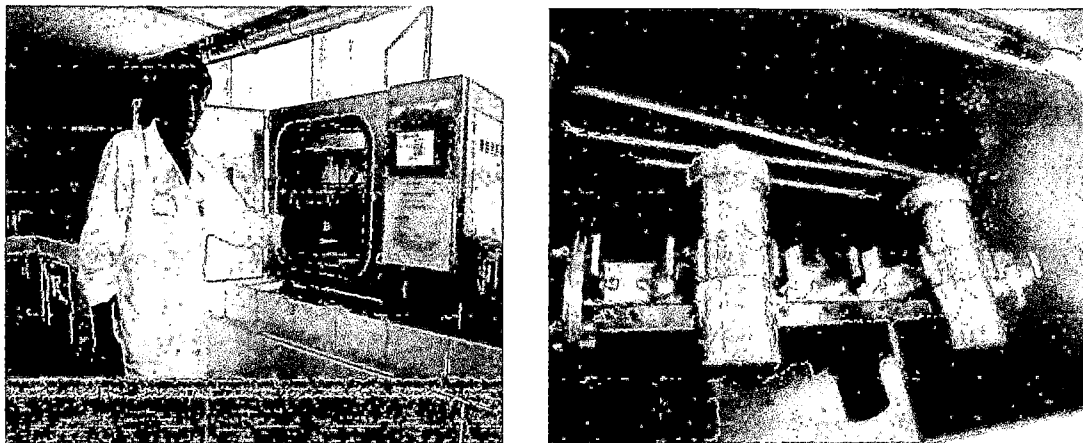
El proceso de teñido de la fibra, se realizó en la máquina de teñido provisto de vasos de acero con sus respectivas tapas. El baño de teñido ya listo se trasvasa al vaso de pruebas junto con la muestra a teñir, Se utilizaron 10 vasos con tapas para cada tratamiento se tapó herméticamente y se aseguró correctamente.

En la figura (2.11), se muestra el trasvasado del baño de teñido y las fibras preparadas a los vasos de prueba.



**FIGURA 2.11: TRASVASADO DEL BAÑO DE TINTO Y LAS FIBRAS ATEÑIR A LOS VASOS DE PRUEBA**

Una vez trasvasado el baño de teñido y las fibras preparadas, se montó en la máquina de pruebas de teñido, donde se controló la temperatura y tiempo de fijación. La figura (2.12), muestra el montaje de vasos a la máquina de pruebas de teñido.



**FIGURA 2.12: MONTADO DE LOS VASOS A LA MAQUINA DE PRUEBAS DE TEÑIDO**

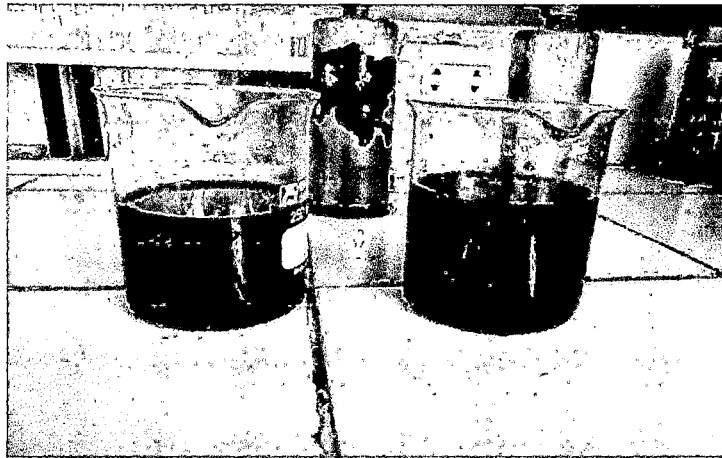
Las variables utilizadas en el proceso de teñido son:

❖ **TEMPERATURA DE TEÑIDO**

Para el proceso del teñido de la fibra se trabajó a temperaturas de 88, 93 y 98°C respectivamente, para ver a que temperaturas se fija mejor el colorante.

#### ❖ TIEMPO DE TEÑIDO.

Se trabajó a tiempos de 30, 45 y 60 min, ya que existe una relación entre el tiempo y el agotamiento del baño de tinte. La figura (2.13), muestra el agotamiento del baño de tinte.



**FIGURA 2.13: AGOTAMIENTO DEL BAÑO DE TINTE**

#### ❖ RELACION DE BAÑO

Se trabajó con una relación de baño de  $1/25$ ,  $1/37.5$  y  $1/50$ , donde se observó el agotamiento del colorante.

Así mismo los parámetros como es el pH del baño de tinte fue de 3.25; La figura (2.14), muestra la máquina donde se controló la temperatura y tiempo de fijación.



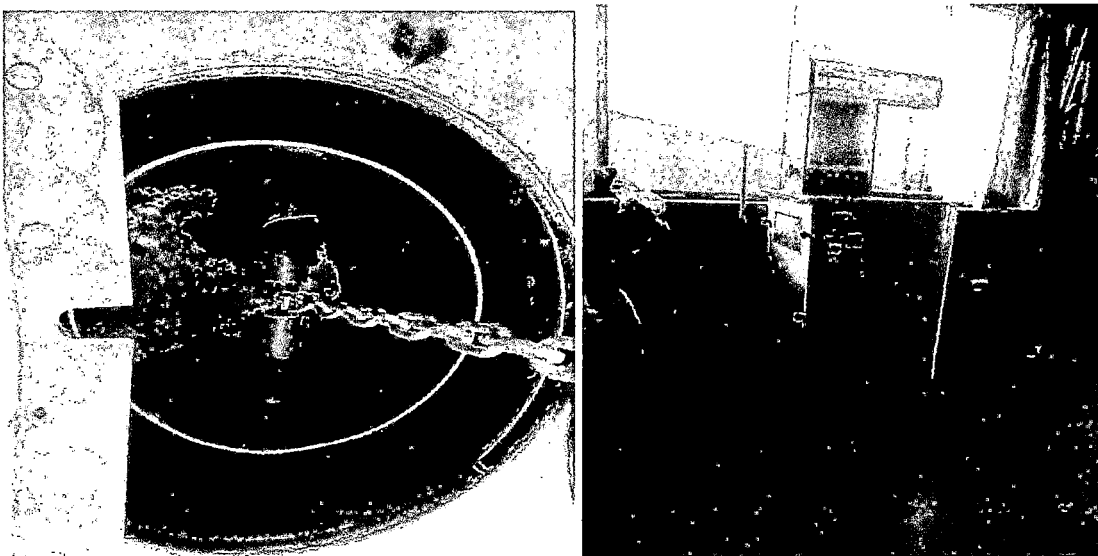
**FIGURA 2.14: MAQUINA DE PRUEBAS DE TEÑIDO**

### 2.3.3.2 ENJUAGADO

En el proceso de enjuagado, las sustancias son eliminadas de la fibra teñida, donde la fibra teñida aumento en su peso, se utilizó agua blanda para el enjuagado.

### 2.3.3.3 SECADO

La fibra ya enjuagada fue sometida a un estufa acondicionado a una temperatura de 50°C, donde se observó que la fibra disminuyo en peso, debido a la eliminación del agua. La figura (2.15), muestra la fibra sometida al secado.



**FIGURA 2.15: SECADO DE LA FIBRA EN LA ESTUFA**

La figura (2.16), muestra el diagrama de flujo cualitativo del proceso de teñido de la fibra de alpaca Suri con Carmín de Cochinilla.



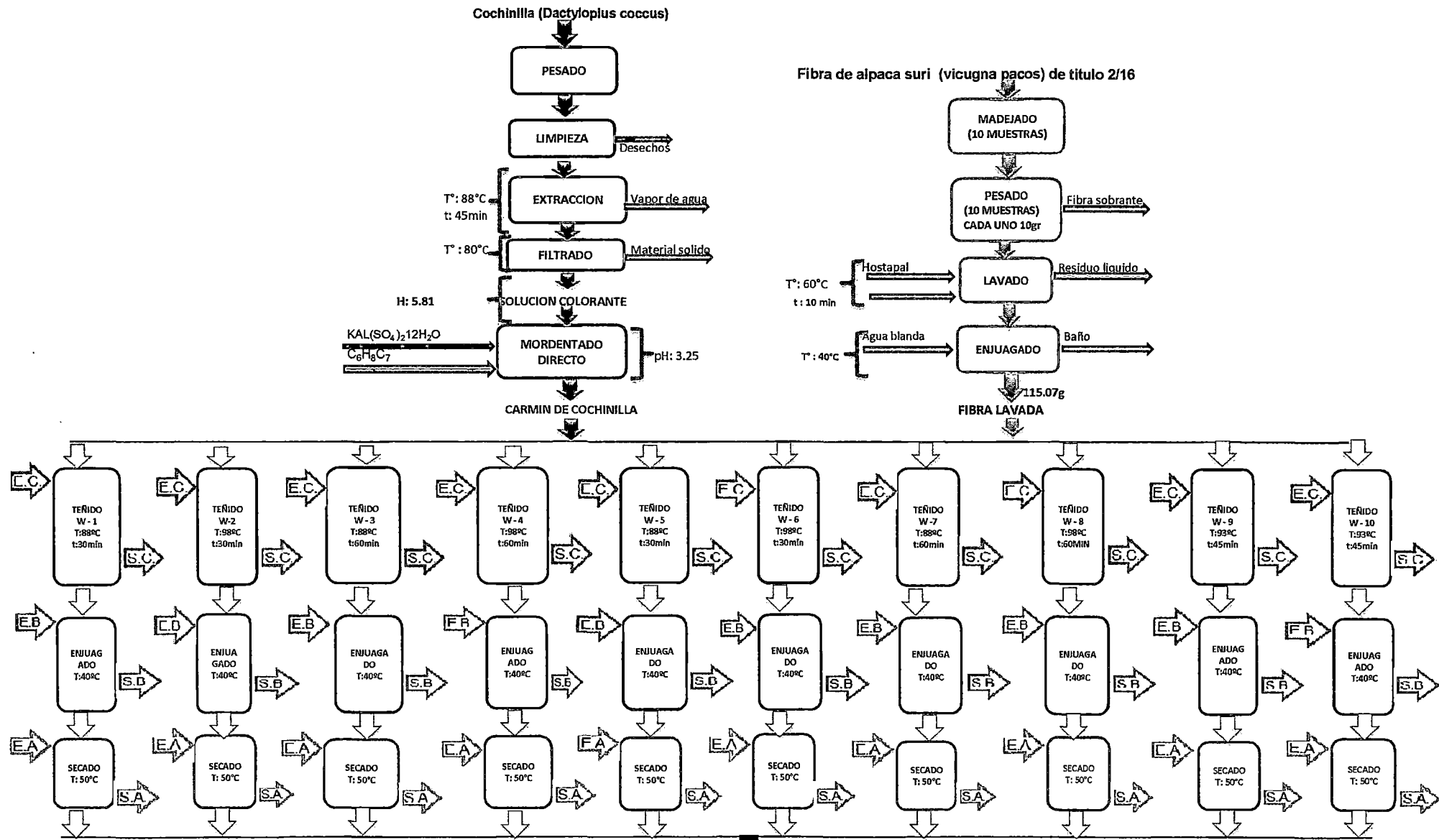


FIGURA 2.12: DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COCHINILLA

**DONDE:**  
 F.E: FIBRA EXPRESIMIDA      E.B: ENTRADA DE BAÑO PARA ENJUAGUE      S.A: SALIDA DE AIRE DE SECADO Y VAPOR  
 E.C: ENTRADA DE SOLUCION DE CARMIN      S.B: SALIDA DE BAÑO DE ENJUAGUE  
 S.C: SALIDA DE SOLUCION DE CARMEN      E.A: ENTRADA DE AIRE CALIENTE PARA SECADO

## 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

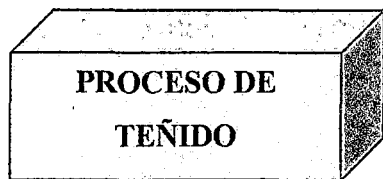
El diseño experimental está referido al proceso de teñido de fibra de alpaca suri con carmín de cochinilla, debido al agotamiento del baño de teñido.

Para evaluar el proceso de teñido se utiliza un diseño experimental, teniendo en cuenta las experiencias realizadas en ensayos preliminares, definiendo las variables y parámetros que nos permitan conseguir nuestros objetivos.

### 2.4.1 VARIABLES DEL PROCESO DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COCHINILLA.

#### VARIABLES INDEPENDIENTES (Controlables)

- Tiempo de teñido ( $X_1$ )
- Temperatura de teñido ( $X_2$ )
- Relación del baño de tinte (f/b) ( $X_3$ )



#### VARIABLES DEPENDIENTES (Respuestas)

- Solidez a la luz ( $Y_1$ )
- Resistencia a la tracción ( $Y_2$ )

#### VARIABLES INDEPENDIENTES (No Controlables)

- Temperatura ambiental
- Efecto mecánico
- Flote del baño

TABLA 2.1

### 2.4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES DEL PROCESO DE TEÑIDO

VARIABLES INDEPENDIENTES	NIVEL INFERIOR	PUNTO INTERMEDIO	NIVEL SUPERIOR
Tiempo de teñido (min)	30	45	60
Temperatura de teñido (°C)	88	93	98
Relación de baño (fibra / baño)	1 / 25	1 / 37.5	1 / 50

### **2.4.2.1 VARIABLES DE ENTRADA**

#### **A. TEMPERATURA**

Se trabajó a 3 temperaturas para el proceso del teñido de 88, 93 y 98°C para ver a que temperaturas la fijación del colorante hacia la fibra absorbe mejor.

#### **B. TIEMPO DE TEÑIDO**

El tiempo de teñido está basado por el agotamiento del colorante en toda la superficie de la fibra, hasta impregnarse por completo; Para el diseño experimental se consideró 30, 45 y 60 minutos.

#### **C. RELACION BAÑO**

La relación de baño está basada en la difusión de colorante del medio acuoso hacia la fibra; el cual se trabajó a niveles de 1/ 25, 1/37.5 y 1/ 50, es decir por 1 gramo de fibra se utiliza 25 gramos de baño (agua).

### **2.4.2.2 VARIABLE DE RESPUESTA**

La variable respuesta son los resultados de los ajustes y la combinación de las variables independientes controlables.

#### **A) SOLIDEZ A LA LUZ**

Se consideró como variable de respuesta, debido a que las características físicas indicó el grado de teñido y a la vez el efecto que tuvo sobre las fibras la combinación de los niveles de las variables de entrada en el proceso de teñido. La norma AATCC 16 - 2004 (Asociación Americana de químicos y Coloristas textiles), es la utilizada para la realización de esta prueba que se asemeja mucho a las condiciones de uso natural tinturas, donde se usa equipo denominado Xenotest, en donde dicho equipo usa fuentes de iluminación espectral similar a la luz diurna, se proporciona condiciones de humedad, temperatura y energía lumínica; proporcionando resultados más rápidos. Con los resultados obtenidos se realizó el tratamiento estadístico.

## **B) RESISTENCIA**

La resistencia o carga máxima se expresa en gramos – fuerza (g-f). Para su determinación se utiliza el Dinamómetro Micro – CX, el cual cuenta con dos mordazas entre las cuales se coloca el hilado muestra sin aplicar tensión procedente directamente del teñido. Al dar marcha al equipo, este aplicará una fuerza necesaria para romper el hilado por tracción deteniéndose automáticamente al lograr su objetivo.

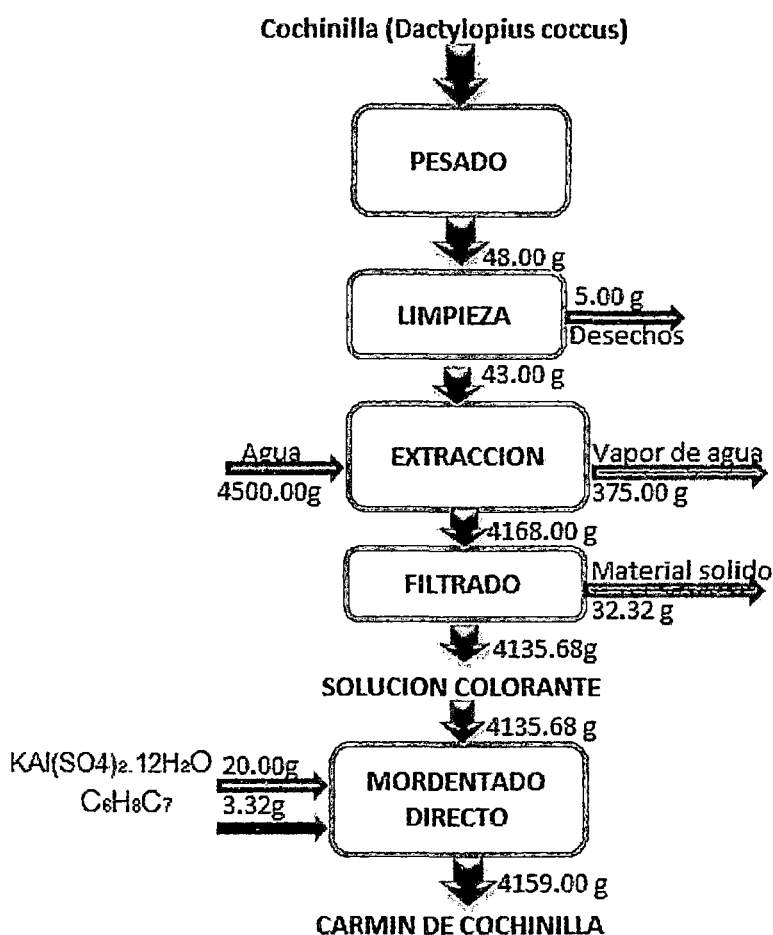
La norma AATCC Método de prueba D2556 es la utilizada para la determinación de resistencia por tracción de mono filamento, multifilamento e hilado de fibras discontinuas solas, dobladas o cableadas.

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 OBTENCION DEL CARMIN

Los resultados de los efectos que comprendió la obtención del carmín a partir de la cochinilla se resume en la figura (3.1).



**FIGURA 3.1: BALANCE DE MASA DE LA PREPARACION DEL CARMIN**

Discusión: De acuerdo a los resultados se ha logrado un rendimiento del 99.42%. Comparado con la tesis de Romero, (2006), que obtuvo un rendimiento menor al 80% con la utilización del 20% de cochinilla, 25% de alumbre y 6% de crémor tártaro con respecto al peso de la fibra. Esto debido a que el porcentaje de cochinilla fue en menor cantidad. Así mismo,

Ojeda. (2012), Utilizo 50% de cochinilla, 10% de alumbre, con respecto al peso de la fibra, con un rendimiento mayor al 80%, esto debido a la mayor cantidad de cochinilla utilizada en la preparación del carmín.

### 3.2 PREPARACION DE LA FIBRA TEXTIL PARA EL TEÑIDO

Los resultados de los efectos que comprendió para la preparación de la muestra textil se resumen en la figura (3.2).

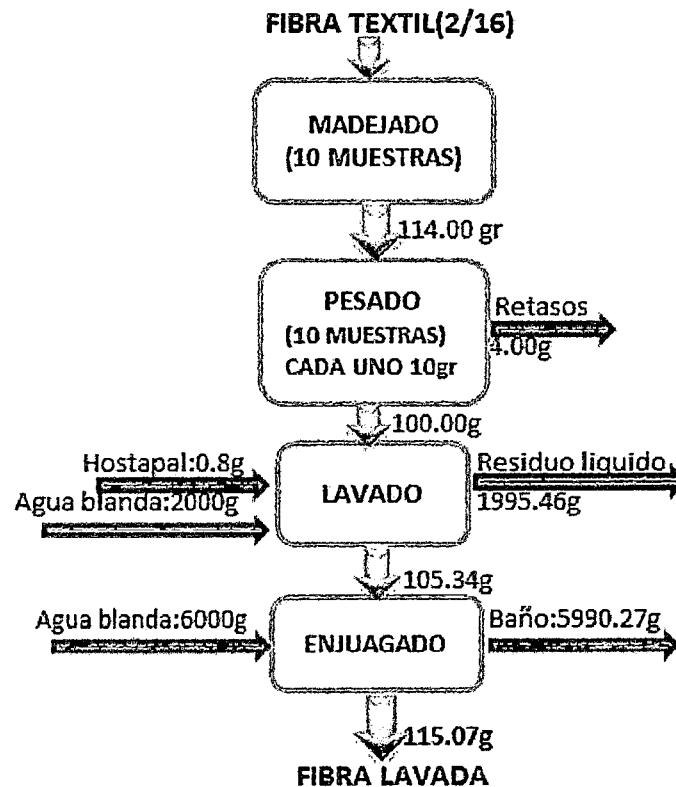


FIGURA 3.2: DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA TEXTIL.

La figura (3.3), muestra la Curva de lavado de la fibra textil.

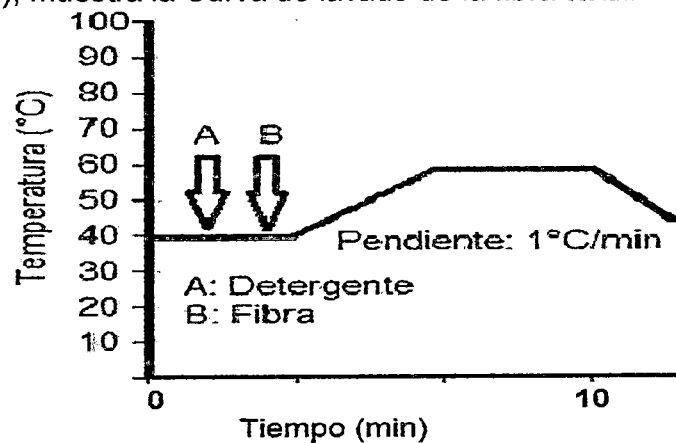


FIGURA 3.3: CURVA DE LAVADO DE LA FIBRA TEXTIL

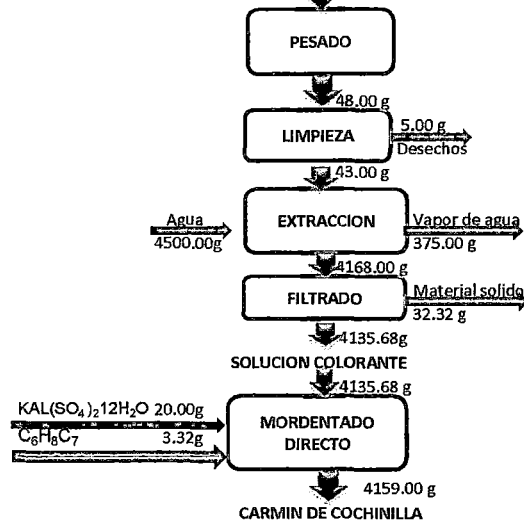
Discusión: De acuerdo a los resultados se obtuvo un rendimiento del 99%, Comparado con Rosas, (2010). Quién obtuvo un rendimiento de 80%, debido a que los trabajos realizados de Rosas estaba en fibra esquilada (fibra virgen); en cambio en nuestro trabajo la fibra ha sido lavada antes de ser convertidos en hilos.

### **3.3 PROCESO DEL TEÑIDO**

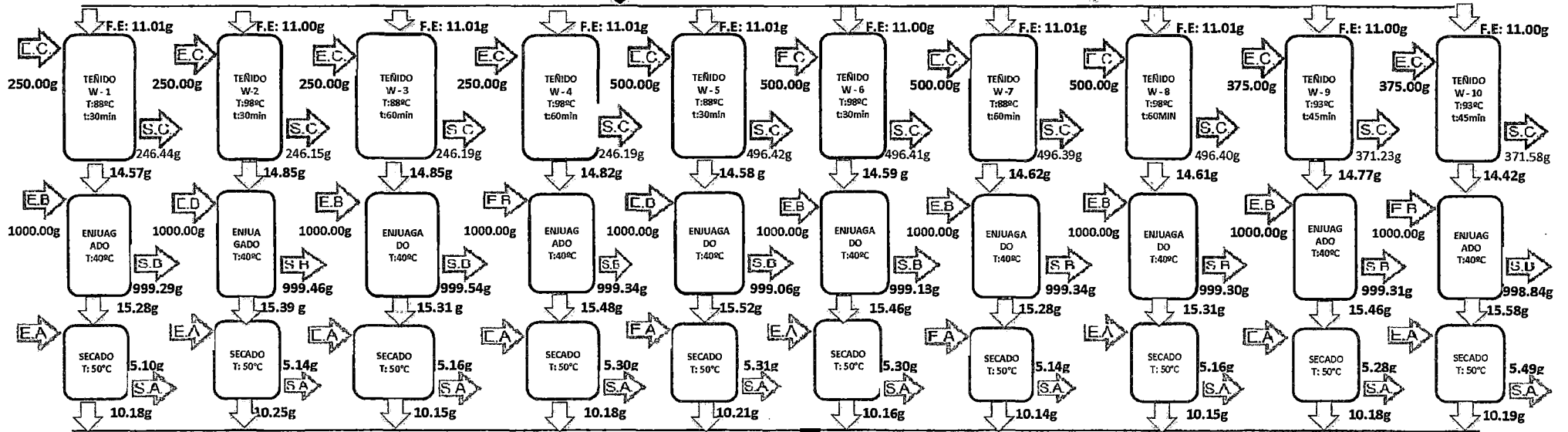
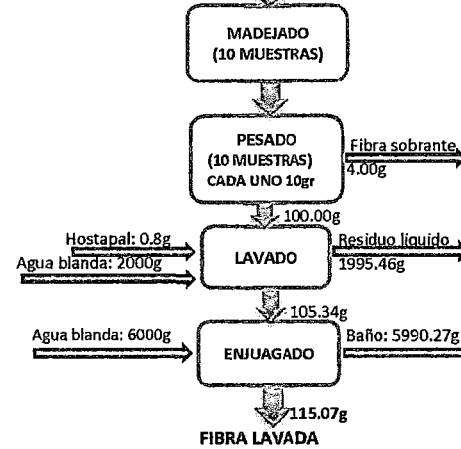
#### **3.3.1 BALANCE MASA**

En el proceso de teñido de la fibra de alpaca suri, el balance de masa se realizó en las diferentes etapas del proceso. La figura 3.4 muestra el diagrama de flujo cuantitativo del proceso de teñido de la fibra de alpaca suri con carmín de cochinilla.

**Cochinilla (*Dactylopius coccus*)**



**Fibra de alpaca suri (*Vicugna pacos*) de titulo 2/16**

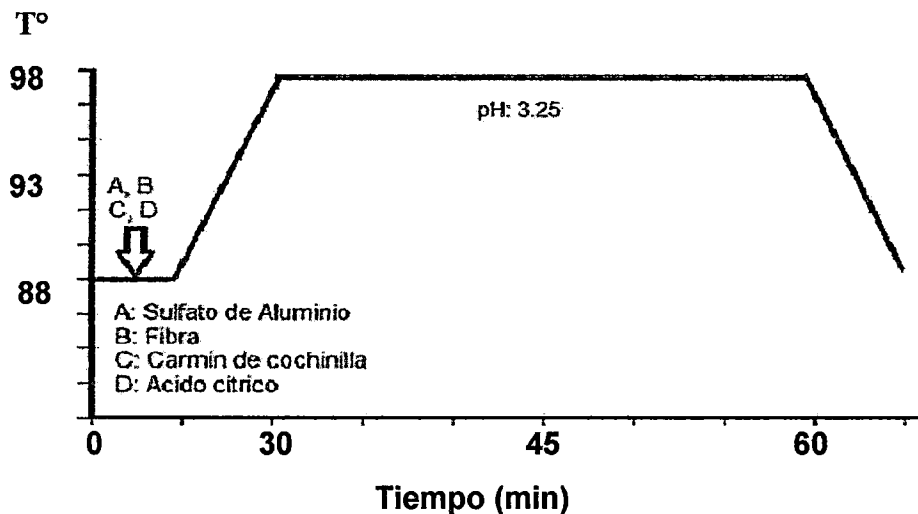


**FIGURA 3.4: DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA SURI CON CARMIN DE COCHINILLA**

- DONDE:**  
 F.E: FIBRA EXPRIMIDA  
 E.C: ENTRADA DE SOLUCION DE CARMIN  
 S.C: SALIDA DE SOLUCION DE CARMIN  
 E.B: ENTRADA DE BAÑO PARA ENJUAGUE  
 S.B: SALIDA DE BAÑO DE ENJUAGUE  
 E.A: ENTRADA DE AIRE CALIENTE PARA SECADO  
 S.A: SALIDA DE AIRE DE SECADO Y VAPOR



En la figura (3.5), se muestra la curva de teñido de la fibra de alpaca con carmín de cochinilla.



**FIGURA 3.5: CURVA DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA CON CARMÍN DE COCHINILLA**

### 3.3.2 BALANCE DE ENERGÍA

Los balances de energía se determinó en tres procesos del teñido de fibra de alpaca suri como: lavado, teñido y secado, para lo cual se utilizó una máquina de pruebas textiles y una estufa para determinar el calor necesario en dichos procesos.

#### A. LAVADO:

Calor necesario para elevar la temperatura del agua para el lavado de la fibra.

$$Q_{60^{\circ}\text{C}} = m_f C_{p_f} (T_2 - T_1)$$

Donde:

$$m_f: \text{masa de la fibra} = 100\text{g.}$$

$$C_{p_f}: \text{Capacidad calorífica de la fibra} = 0,4308 \text{ Kcal/Kg } ^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

$$T_1: \text{Temperatura inicial} = 40 \text{ } ^{\circ}\text{C.}$$

$$T_2: \text{Temperatura final} = 60 \text{ } ^{\circ}\text{C.}$$

Reemplazando y Operando se tiene:

$$Q_{\text{Lavado}} = 0,1 \text{ kg } (0,4308) \text{ Kcal/ Kg}^{\circ}\text{C} (60 - 40) \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Lavado}} = 0,042 \text{ Kcal.}$$

El calor total utilizado para el lavado de la fibra fue de 0.042Kcal a una temperatura de 60°C.

(1) Dato obtenido mediante la fórmula propuesta por DICKERSON (1969); citado por SING Y HELDMAN (1998), para productos de composición conocida.

La fórmula propuesta es:

$$Cp_p = 1.424 m_c + 1.549m_p + 1.675m_f + 0.834m_a + 4.187m_m$$

Donde:

m = Es la fracción en peso.

m<sub>c</sub> = Fracción másico de carbohidratos.

m<sub>p</sub> = Fracción másico de proteínas.

m<sub>f</sub> = Fracción másico de grasa.

m<sub>a</sub> = Fracción másico de cenizas.

m<sub>m</sub> = Fracción másico de humedad

## B. TEÑIDO:

### ❖ TEÑIDO A 88°C DE CUATRO MUESTRAS

Calor necesario para elevar la temperatura del baño y de la fibra de alpaca suri.

$$Q_{88} = m_f C_{p_f} (T_2 - T_1)$$

Donde:

$$m_f: \text{masa de la fibra} = 40\text{g.}$$

$$C_{p_f}: \text{Capacidad calorífica de la fibra} = 0,4308 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_1: \text{Temperatura inicial} = 12 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_2: \text{Temperatura final} = 88^\circ\text{C.}$$

Reemplazando y Operando se tiene:

$$Q_{\text{Teñido a } 88^\circ\text{C}} = 0,04\text{kg.} (0,4308) \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C} (88 - 12) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Teñido a } 88^\circ\text{C}} = 1,312 \text{ Kcal.}$$

### ❖ TEÑIDO A 93°C DE DOS MUESTRAS

Calor necesario para elevar la temperatura del baño y de la fibra de alpaca suri.

$$Q_{93^\circ\text{C}} = m_f C_{p_f} (T_2 - T_1)$$

Donde:

$$m_f: \text{masa de la fibra} = 20\text{g.}$$

$$C_{p_f}: \text{Capacidad calorífica de la fibra} = 0,4308 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_1: \text{Temperatura inicial} = 12 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_2: \text{Temperatura a calentar} = 93 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Reemplazando y Operando se tiene:

$$Q_{\text{Teñido a } 93^\circ\text{C}} = 0,02\text{kg} (0,4308) \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C} (93 - 12) ^\circ\text{C} = 0,697\text{kcal.}$$

## ❖ TEÑIDO A 98°C DE CUATRO MUESTRAS

Calor necesario para elevar la temperatura del baño y de la fibra de alpaca suri.

$$Q_{98^{\circ}\text{C}} = m_f C_{p_f} (T_2 - T_1)$$

Donde:

$m_f$ : masa de la fibra = 40g.

$C_{p_f}$ : Capacidad calorífica de la fibra = 0,4308 Kcal/Kg °C

$T_1$ : Temperatura inicial = 12 °C.

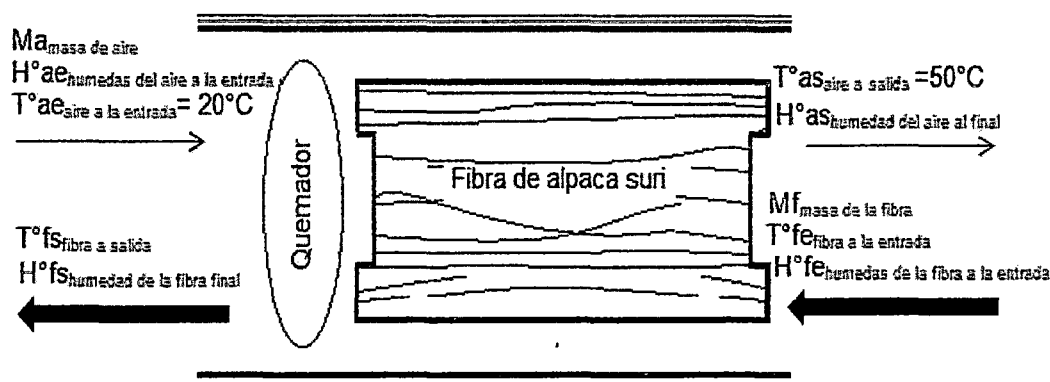
$T_2$ : Temperatura a calentar = 98 °C.

Reemplazando y Operando se tiene:

$Q_{\text{Teñido a } 98^{\circ}\text{C}} = 0,04\text{kg} (0,4308) \text{ Kcal/ Kg}^{\circ}\text{C} (98 - 12) ^{\circ}\text{C}$

$Q_{\text{Teñido a } 98^{\circ}\text{C}} = 1.482 \text{ Kcal.}$

## C. SECADO



**FIGURA 3.6: ESQUEMA DE SECADO DE LA FIBRA TEXTIL**

Aire necesario para el secado de la fibra de alpaca suri se obtiene de balance de masa.

$$M_a (H^{\circ}as - H^{\circ}ae) = M_f (H^{\circ}fe - H^{\circ}fs)$$

**Donde :**

$M_a$ : Masa del aire = ?

$H^{\circ}as$ : Humedad del aire a la salida = 0,029Kg de H<sub>2</sub>O/Kg de aire seco

$H^{\circ}ae$ : Humedad del aire a la entrada = 0,022Kg de H<sub>2</sub>O/Kg de aire seco

$M_f$ : Masa de la fibra humedad = 0,154 kg

$H^{\circ}fe$ : Humedad de la fibra a la entrada = 0,5408Kg de H<sub>2</sub>O/Kg de solido seco

$H^{\circ}fs$ : Humedad de la fibra a la salida = 0,0179Kg de H<sub>2</sub>O/Kg de solido seco

Reemplazando y Operando del se tiene:

$$M_a (0,029 - 0,022) = 0,154 (0,5408 - 0,0179)$$

$$M_a = 7,959\text{Kg de aire.}$$

Calor necesario para elevar la temperatura del aire para el secado de la fibra de alpaca suri.

$$Q_{50^\circ\text{C}} = M_a C_{p_a} (T_2 - T_1)$$

Donde:

$$M_a: \text{masa del aire} = 7,959\text{kg}$$

$$C_{p_a}: \text{Capacidad calorífica del aire} = 0,242 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_1: \text{Temperatura inicial} = 20 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_2: \text{Temperatura a calentar} = 50 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Reemplazando y Operando se tiene:

$$Q_{\text{Secado}} = 7.959\text{kg} (0.2428) \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C} (50 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Secado}} = 57.782 \text{ Kcal.}$$

El calor total necesario en la presente investigación será:

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Lavado}} + Q_{\text{Teñido a } 88^\circ\text{C}} + Q_{\text{Teñido } 93^\circ\text{C}} + Q_{\text{Teñido a } 98^\circ\text{C}} + Q_{\text{Secado}}$$

$$Q_{\text{Total}} = 0,042 \text{ Kcal} + 1,312 \text{ Kcal} + 0,697\text{kcal} + 1,482 \text{ Kcal} + 57,782 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 59,843 \text{ Kcal}$$

Considerando que el calor necesario en los procesos de teñido de fibra de alpaca suri con carmín de cochinilla es de 59,843 Kilocalorías.

### 3.4 RESULTADOS DEL PROCESO DE TEÑIDO

Los resultados del proceso de teñido dado, se muestran como variable de respuesta la Solidez a la luz, tal como se muestra en la tabla (3.1).

**TABLA 3.1: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS  
PARA SOLIDEZ**

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	F/B (g/ml)	AATCC 16
				Solidez
W-1	88	30	1/25	3.5
W-2	98	30	1/25	4.5
W-3	88	60	1/25	3.5
W-4	98	60	1/25	4.5
W-5	88	30	1/50	3.5
W-6	98	30	1/50	4.5
W-7	88	60	1/50	4.0
W-8	98	60	1/50	4.5
W-9	93	45	1/37.5	3.5
W-10	93	45	1/37.5	4.0

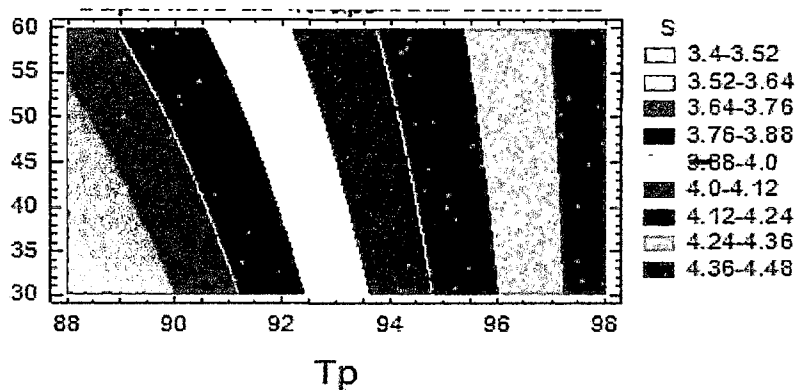
Los parámetros adecuados utilizados para determinar la solidez a la luz fue a temperatura alta de 98°C, con tiempos de 30 y 60 minutos y con una relación de baño de 1/25 y 1/50 respectivamente comparando con la tesis de Robles, (2008), donde obtuvo buenos resultados de solidez a la luz, al utilizar una combinación óptima con temperatura 94°C, tiempo de 30 min y una relación de baño de 1/25.

Obando, (2003). Obtuvo una resistencia a la luz excelente dentro de la valoración de solidez, con un valor de 5 en comparación a nuestros resultados obtenidos de la prueba de solidez a la luz se tiene un valor de 4.5 Como también comparando con la tesis de Ojeda, (2012). Que obtuvo una mejor solidez a la luz utilizando 50% de baño de colorante, 10% de mordiente y 6% de asistente en relación al peso en seco de la fibra.

La figura (3.7), muestra la superficie de respuesta estimada.

**Nota:** A partir de este punto abreviaremos a los variables de entrada y salida, y además el paquete estadístico de STATCRAPHIC no permite y es como sigue:

Temperatura (T°) = Tp  
 Tiempo (t) = t  
 Relacion Baño (f/b) = R  
 Solidez = S



**FIGURA 3.7: SUPERFICIE DE RESPUESTA ESTIMADA**

En el gráfico de superficie de respuesta estimada se observa la relación entre el tiempo y temperatura donde la temperatura se eleva y obtiene valores altos a la solidez.

### 3.4.1 EFECTO DE LAS VARIABLES

Los efectos de las variables de Temperatura, tiempo y relación baño, en la solidez a la luz de la fibra teñida se muestran en la Tabla (3.2)

**TABLA 3.2: EFECTOS ESTIMADOS PARA SOLIDEZ A LA LUZ**

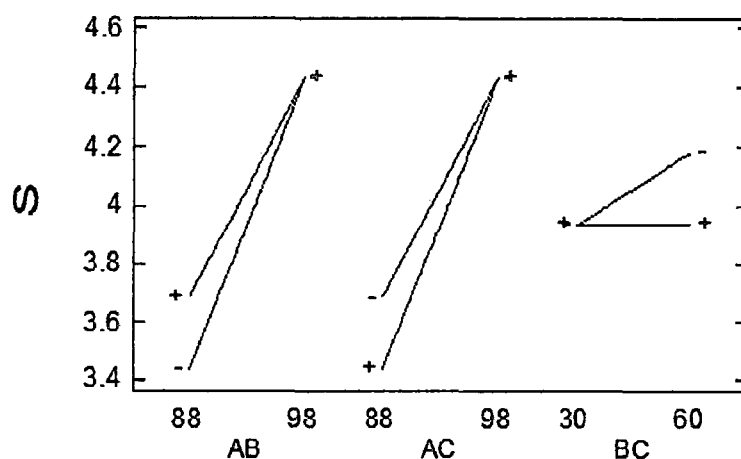
promedio	= 4.000 +/- 0.102062
A:Tp	= 0.875 +/- 0.228218
B:t	= 0.125 +/- 0.228218
C:R	= -0.125 +/- 0.228218
AB	= -0.125 +/- 0.228218
AC	= 0.125 +/- 0.228218
BC	= -0.125 +/- 0.228218

Los errores estándar están basados en un error total con 3 g.l.

De los resultados anteriores, se puede indicar que:

- ❖ Cuando la temperatura en el proceso de teñido aumenta de 88 a 98°C, en promedio la solidez de la fibra teñida aumenta en promedio en 0.875.
- ❖ Cuando se produce un aumento en el tiempo de 30 minutos a 60 minutos, la solidez de la fibra teñida se incrementa en promedio en 0.125.
- ❖ En cambio, cuando la relación de baño aumenta de 1/25 a 1/50, se produce en promedio una disminución de la solidez.

La figura (3.8), muestra el gráfico de interacción para la solidez.



**FIGURA 3.8: GRAFICO DE LA INTERACCIÓN PARA LA SOLIDEZ**

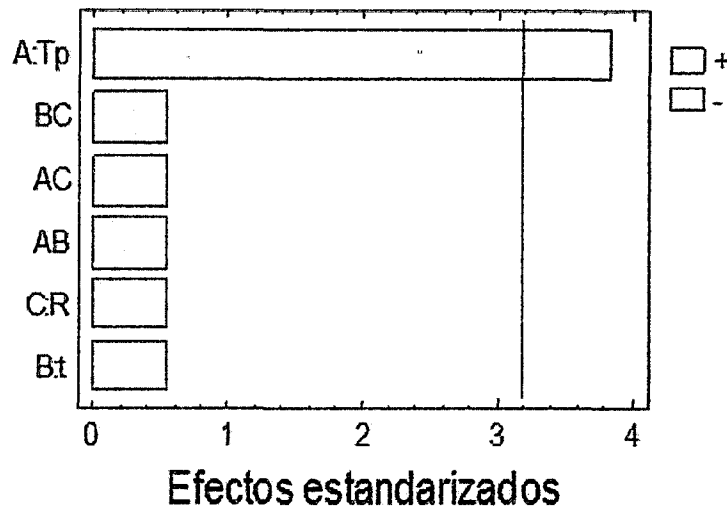
En el gráfico de la interacción, en la que se observa la solidez en función de las combinaciones de las variables, vemos que la interacción del tiempo y relación de baño con la temperatura tienen mayor solidez, en cambio la interacción entre el tiempo y baño tienen menor solidez.

### 3.4.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

**TABLA 3.3: ANÁLISIS DE LA VARIANZA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:Tp	1.53125	1	1.53125	14.70	0.0313
B:t	0.03125	1	0.03125	0.30	0.6220
C:R	0.03125	1	0.03125	0.30	0.6220
AB	0.03125	1	0.03125	0.30	0.6220
AC	0.03125	1	0.03125	0.30	0.6220
BC	0.03125	1	0.03125	0.30	0.6220
Error Total	0.31250	3	0.104167		
Total (corr.)	2.0	9			

La figura (3.9), se muestra el grafico de pareto estandarizado para la solidez.



**FIGURA 3.9: GRAFICO DE PARETO ESTANDARIZADO PARA SOLIDEZ**

La figura (3.9), muestra el análisis de varianza donde se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre la prueba de solidez.

Los efectos de color rojo (-) son inversamente proporcionales a la variable de respuesta, mientras que los de color morado (+) son efectos directamente proporcionales a la variable de respuesta. El diagrama incluye una línea vertical cuya ubicación depende del intervalo de confianza determinado (95% para el caso de estudio). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Del diagrama se observa claramente que el factor más influyente sobre el proceso es la temperatura, no hay interacciones que directamente proporcione un cambio directo, esto indica que un cambio en la temperatura tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual la temperatura es la de mayor importancia en el control del proceso. Las otras interacciones son fuentes insignificantes de variación para el proceso.

La temperatura presenta los p-valores inferiores a 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95% de nivel de confianza.

### 3.4.3 MODELO MATEMATICO



**TABLA 3.4: COEFICIENTE DE REGRESIÓN PARA SOLIDEZ**

---

Constante	=	-4.7
A:Tp	=	0.0875
B:t	=	0.0941667
C:R	=	-103.75
AB	=	-0.0008333333
AC	=	1.25
BC	=	-0.416667

---

La ecuación del modelo ajustado a los datos es:

$$S = -4.7 + 0.0875*Tp + 0.0941667*t - 103.75*R - 0.000833333*Tp*t + 1.25*Tp*R - 0.416667*t*R$$

R-cuadrado = 84.375 por ciento

El estadístico R-cuadrado, indica que el modelo ajustado explica el 84.375% de variabilidad en S.

#### 3.4.4 PARAMETROS EN EL TEÑIDO DE LA FIBRA

Para determinar los parámetros de tiempo, temperatura y relación de baño adecuados para el teñido de fibra de alpaca Suri con Carmín de Cochinilla, se procedió a realizar las pruebas de Resistencia a la fibra de alpaca teñidas, obtenidas de los experimentos W-2, W-4, W-6 Y W-8, que lograron valores mayores de solidez a la luz.

La tabla (3.5), presenta las muestras con valores óptimos de solidez.

**TABLA 3.5: MUESTRAS CON VALORES OPTIMOS A LA SOLIDEZ**

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	F/B (g/ml)	AATCC 16	ASTM D2556
				Solidez	Resistencia(g-f)
W-2	98	30	1/25	4.5	861.60
W-4	98	60	1/25	4.5	685.00
W-6	98	30	1/50	4.5	620.00
W-8	98	60	1/50	4.5	531.60

Los valores obtenidos para la resistencia fueron evaluadas mediante la selección de las muestras que dieron mejores resultados a la solidez siendo 4

las muestras con buena resistencia (ver tabla 3.5). Donde la muestra w-2 es la que tiene mayor resistencia con 861.60 g-f, superior al resultado de Robles, (2008), que obtuvo una resistencia de 450 g-f.

De los resultados anteriores se puede concluir que los parámetros más adecuados corresponde al experimento w-2, con Temperatura de 98°C, tiempo de 30min y Relación de baño de 1/25.

## CONCLUSIONES

1. Se obtuvo fibra teñida de alpaca Suri con Carmín de la Cochinilla, con características de calidad (solidez a la luz y resistencia).
2. La obtención del carmín a partir de la cochinilla, se realizó mediante extracción acuosa a 88°C, con rendimiento de 91%.
3. Se estudió la influencia de las variables de Tiempo, Temperatura y relación de baño, en la calidad de la fibra, siendo la variable más significativa la temperatura.
4. El modelo matemático fue referente a las 10 pruebas realizadas con valores de Temperatura, (98°C, 88°C y 93°C), Tiempo, (30min, 60min y 45min) y F/B, (1/25, 1/5 y 1/37.5), es:

$$S = -4.7 + 0.0875*Tp + 0.0941667*t - 103.75*R - 0.000833333*Tp*t + 1.25*Tp*R - 0.416667*t*R \quad R\text{-cuadrado} = 84.375 \text{ por ciento}$$

5. Los parámetros adecuados para el teñido de la fibra de alpaca con carmín de Cochinilla son: De temperatura de 98°C, tiempo de 30min y Relación de baño 1/25, con estos valores se logró un producto de calidad con una solidez a la luz del día de 4.5 y una resistencia a la tracción de 861.60 (g-f).

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se sugiere el desarrollo de otros estudios en los que se realicen el teñido de fibra de alpaca con carmín de cochinilla utilizar como mordientes como el Alumbre, sales como el Sulfato de Cobre y el sulfato ferroso, debido a que son los más fáciles de encontrar en el mercado y debido a las características que poseen nos ayudan a obtener buenos resultados tintóreos como son colores firmes, homogéneos y resistentes.
- ❖ La acidez o alcalinidad de la fibra después del lavado afecta al proceso de teñido, por lo que es importante para los tintoreros saber el valor del pH que se utiliza en el baño de tintura, dependiendo del tipo de colorante natural a usar.
- ❖ Utilizar el carmín de cochinilla para obtener otros colores en el teñido de fibra de alpaca variando el pH.
- ❖ Mediante la aplicación de diseños experimentales se puede estudiar de manera profunda las variables que intervienen en los procesos de teñido para optimizar los procesos de teñido logrando productos de mejor calidad y a menor precio. Se puede experimentar con distintos niveles y obtener mejores resultados.

# BIBLIOGRAFÍA

## TEXTOS

- 1.- ADOT, Oscar G. **“introducción a la industrialización de la lana y fibras especiales”**; Editorial MICHILE. ARGENTINA. 2010.
- 2.- BUSINZA J. **“Caracterización de la producción regional de la fibra de alpaca a la post cosecha en el corredor económico central de Huancavelica”**. Huancavelica 2010.
- 3.- GIBAJA OVIEDO, S. y ALDALANA GIBAJA, L.D. **“Evaluación de los cuatro procesos para preparar Camín”**; Boletín de la sociedad química del Perú. Vol. XLIII, Nº 3, Año – Septiembre de 1977.
- 4.- HOLLEN, Norma. **“Introducción a los textiles”**; Edit. Limusa SA., Año – 2002.
- 5.- INTEXTER, Jhon **“comportamiento cinético de fibras con colorantes directos”** España 1990.
- 6.- KIRK, Robert y OTHMER, Donalds **“Enciclopedia de tecnología Química”**; Edit. Interscience Publisher Inc. N.Y. USA. 1957.
- 7.- MANSO MARTINEZ, Cristina. **“Determinación de la calidad de fibra de alpaca”**; Huancavelica – Perú, Año – Abril del 2011.
- 8.- MCGREGOR, B.A., AND BUTLER K. L. 2004. **“Sources of variation in fiber diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection”**. Australian journal of Agricultural
- 9.- MIRCO R.COSTA **“Fibras textiles y su tintura”** Editorial TORRES. Lima 1990.
- 10.- ROJAS TAPIA, Benedicto Lorenzo. **“Tecnología de fibras animales”**; Publicado Por Investigación – OURA – UNA, Puno, Año – 2011.
- 11.- SANCHEZ REYES, Cristian. **“Crianza y producción de alpacas”**; Ediciones RAPALMA. Lima 2004.
- 12.- SAFLEY M. **“Alpacas síntesis of a miracle”** Article científico Año 2001

- 13.- SOBERO, O. Vidal. **"Manual de selección y clasificación de la fibra alpaca"**, Serie de informes técnicos N° 4 Coordinadora Inter-institucional del sector alpaqueros. Arequipa, Perú. Año – 1996.
- 14.- TÉLLEZ VILLENA, José **"manual de producción de alpacas"** Ediciones ediagraria 1° edición. Lima 1993.
- 15.- VILLARROEL, J. **"Fibra de camélidos sudamericanos y su producción"** Lima 2009.

## **TRABAJOS DE INVESTIGACION (TESIS)**

- 1.- Agreda Rodríguez. **"Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (*Dactylopius coccus*)"**. Acto de investidura como Ingeniero Agrónomo En Sistemas de Producción Agrícola En el grado académico de Licenciado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala - 2009.
- 2.- Carvallo, M. **"Colorantes naturales derivados de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) y su comercio mundial"**. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Año – 2000.
- 3.- ELENA PRADA, Laura **"Obtención Industrial del Ácido Carmínico a Partir de *Dactylopius coccus*, Cochinilla en Apurímac"**. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. UNSAAC - Cusco, Año - 1985.
- 4.- ESCOBEDO VELANDO, **"Investigación tecnológica sobre el teñido de lana de oveja y de alpaca con carmín de cochinilla"**. Tesis para optar al Título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de San Agustín- Arequipa, Año – 1999.
- 5.- OJEDA BRITO, Galo Antonio **"tenido de fibra de abacá (*textiles musa*) utilizando colorante extraído de la cochinilla (*Dactylopius Coccus*)"**. Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Universidad de Loja – Ecuador, Año – 2012.

- 6.- OBANDO PORTILLO, **"tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales"**, tesis previa a la obtención del título de Ingeniera textil Universidad técnica del Norte Ecuador - Ibarra, Año - 2013.
- 7.- ROBLES FERNANDEZ, Álvaro **"Evaluación de los parámetros en el proceso de teñido de fibra de alpaca con colorantes reactivos"**, Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico, UNSA - Arequipa, Año – 2010.
- 8.- ROMERO CANSECO, Jorge Alberto. **"Descripción de la Técnica de Teñido en Lana con Grana de Cochinilla hacia un Sistema de Producción Alternativo del Diseño Textil"**, Tesis para Obtener el Título de Ingeniero en Diseño. UTM-Mixteca- Mexico, Año - 2006.
- 9.- ROSAS ESPEJO, **"Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado"**. tesis para optar el título de: Ingeniero textil. UNI - Lima - 2010.
- 10.- TOVAR PUENTE, Aldo **"Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae)"** en dos localidades del sur del estado de Nuevo León; Tesis para optar maestría en ciencias forestales, UANL – México, setiembre del 2000.

## **ARTICULOS Y MONOGRAFIAS**

- 1.- Álvarez, J. (1997); Cultivo de la tuna y crianza de la cochinilla; Folleto. N° 1-97 CEGARRA, José **"Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles"**, Barcelona, año – 2010.
- 2.- DE LOS RIOS PEREA, Eliseo. **"Estado de situacion Del sector têxtil camelidos en Perú (Diagnostico nacional)"**. ONUDI - ADREAN PRODUCTOS Lima, Año – 2009.
- 3.- Frank, E. N. **"Revista de producción de camélidos sudamericanos, producción de fibra, bases físicas y genéticas"**; Argentina; Año – 2008.
- 4.- INTEXTER, Jhon **"comportamiento cinético de fibras con colorantes directos"**: España 1990.
- 5.- KRYSSIA MADRIGAL, Felipe **"El Clúster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas"**; INCAE - Lima, Año – 2001.

- 6.- Mencia G. "producción de alpaquera en Perú". Boletín de informativo de INIA. 2007.
- 7.- ORTIZ ALFARO Conrad "Aplicación de la técnica del ADN polifórmico amplificado al azar (RAPDVC) en el estudio de lama pacos. Lima - 2004.
- 8.- QUISPE E. C. "Revisión sobre fibra de alpaca (vicugna pacos) huacaya y su mejoramiento: Aportes del PROCASUD", Huancayo - Perú, Año – 2011.

## **NORMAS**

- 1.- AATCC Método de Prueba D 2556-88, (Método Estándar de Prueba para propiedades de Tracción al Hilo por el método para un cabo).
- 2.- AATCC Método de Prueba 16-1998, (Estabilidad de color a la luz)

## **PAGINA WEB**

- 1.- CONACS "camélidos sudamericanos, ministerio de Agricultura"; <http://www.fdta-altiplano.org/camelidos>, Año – 2009.
- 2.- COLORCREATORS "Colorantes naturales " <http://www.colorcreators.com/19cmin>
- 3.- MICROSOFT CORPORACIÓN "Biblioteca de Consultas Microsoft ®Encarta"; Año – 1993 – 2009. Reservados todos los derechos.
- 4.- MINAG " Ministerio de Agricultura del Perú"  
WWW. Minag.gob.pe
- 9.- ZOLOTUCHO, H.A.GONZALES OLIVER. Síntesis y propiedades físicas de polímeros naturales desde temperatura ambiente hasta 623 °k Congreso CONANET, Simposio Materia Disponible en PDF <http://www.material.sam.org.ar/sitio/biblioteca/Bariloche/trabajos/A10/1017.PDF>.2003.



# ANEXOS

1. RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA FIBRA DE ALPACA SURI, DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA - UNSAAC
2. CONSTANCIA DE LABORATORIO DE QUIMICA, FIA – UNSAAC.
3. CONSTANCIA DE BARRIDO DE PRUEBAS DE TEÑIDO, INCALPACA TPX SA. AREQUIPA.
4. CONSTANCIA DE PRUEBAS DE TEÑIDO, ASOCIACION TEXTIL SURI – SICUANI.
5. NORMA AATCC 16
6. NORMA AATCC D2556 - 88
7. RESULTADOS DE BARRIDO DE PRUEBAS DE TEÑIDO, BARRIDO DE SOLIDEZ A LA LUZ Y RESISTENCIA.
8. RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS.
9. ETAPAS DE PRODUCCION DE HILOS EN INCALPACA TPX S.A.
10. CARTA PSICOMÉTRICA Y PROPIEDADES DE AIRE.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

Av. de la Cultura 722  
 Pabellón C - Of. 106

Apartado Postal 921 - Cusco Perú  
 Teléfono - fax - modem: 224831

**UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA**  
**INFORME DE ANALISIS**      Nº00003-14-LAQ

SOLICITANTE:    GLODO PAULINO ILLA CGARITA  
                          GLORIA TAIRO HUAITA

MUESTRA        :    FIBRA DE ALPACA SURI

FECHA            :    0/03/01/2014

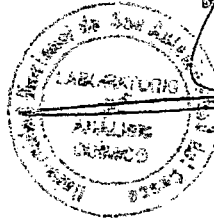
RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====

Humedad %	11.20
Proteina %	74.02
Grasa %	6.96
Ceniza %	3.60
Carbohidratos %	3.12
Impurezas %	1.10

=====

Cusco, 09 de Enero 2014



*[Signature]*  
 Ing. Gladys Herrera Arévalo  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 DE ANALISIS QUIMICO

que suscribe FEDATARIO de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. AUTENTICA. La presente copia fiel del original se presenta para su verificación, válido solo para trámite en la institución.

1  
 J. MANZANA  
 FEDATARIO - UNSAAC  
 R-1577-2013-UNSAAC

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL  
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO  
Calle Tigre N° 127  
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA  
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210  
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL  
Plaza de Armas s/n  
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA  
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA  
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"  
Av. De la Cultura N° 721  
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

## CONSTANCIA

El que suscribe, Mgt. Miriam CALLA FLOREZ, Coordinadora de la facultad de Ingeniería Agroindustrial de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.

### Certifico que:

Los señores Clodo Paulino ILLA CCARITA y Gloria TAIRO HUAITA, estudiantes de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial. Han realizado sus pruebas preliminares de teñido de fibra de alpaca Suri (*Lama pacos*) con cochinilla (*Dactylopius coccus*); en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Ubicado en Av. Arequipa N° 150 del distrito de Sicuani – Canchis.

Fecha de trabajo: 28 de Noviembre del 2014.

Se expide la presente constancia en honor a la verdad a petición del interesado para los fines que vieran por conveniente.

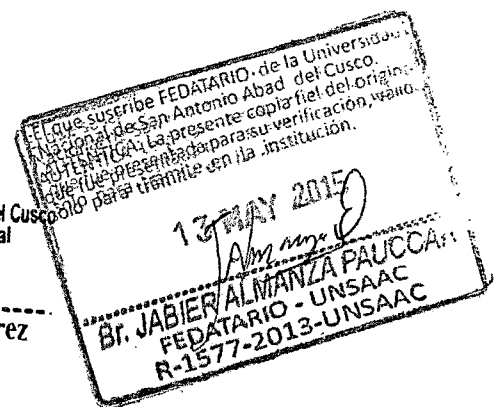
Sicuani, 05 de Enero del 2015.

Atentamente;



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Ing. Mgt. Miriam Cáliz Florez  
COORDINADORA





## CONSTANCIA

Quien suscribe, Jefe de Tintorería de Incalpaca TPX S.A., por medio de la presente deja constancia que los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- ILLA CCARITA, Clodo Paulino
- TAIRO HUAITA, Gloria

Con motivo de elaboración de tesis han realizado en el Laboratorio de Tintorería el barrido de pruebas de teñido y en el Laboratorio de Control de Calidad el barrido de pruebas de solidez a la luz y resistencia.

El período de trabajo se suscita del 30/10/2014 al 10/11/2014.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estimen convenientes.

Arequipa, 30 de Marzo de 2015

  
INCALPACA TPX S.A.

Ing. Miguel Sánchez  
Jefe de Tintorería

## ASOCIACION TEXTIL SURI – SICUANI

El que suscribe, **Laura CABALLERO RIMAYHUAMAN**, presidenta de la asociación textil suri. Certifico que:

Los señores **Clodo Paulino ILLA CCARITA** y **Gloria TAIRO HUAITA**, estudiantes de la **UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**, de la carrera profesional de ingeniería agroindustrial. Han realizado sus pruebas de teñido de fibra de alpaca Suri (*lama pacos*) con carmín de cochinilla; durante los meses de Diciembre del 2014 a Enero del 2015, en el taller de **ASOCIACION TEXTIL SURI**, Ubicado en Av. San Felipe N° 140 del distrito de Sicuani – Canchis.

Se expide el presente constancia en honor a la verdad a petición del interesado para los fines que vieran por conveniente.

Sicuani, 15 de Enero del 2015.



## Estabilidad del color a la luz

### 1. Objetivo y alcance

1.1 En este método de prueba se proporcionan los principios y procedimientos generales que se usan en la actualidad para determinar la estabilidad del color de los materiales textiles a la luz. Las opciones de prueba descritas son aplicables a materiales textiles de todo tipo y a los colorantes, acabados y tratamientos que se aplican a estos materiales. Las opciones de prueba que se incluyen son:

- A—Lámpara de arco con electrodos de carbón, Luz continua
- B—Luz solar (Discontinua)
- C—Luz natural
- D—Lámpara de arco con electrodos de carbón, Luz y oscuridad intermitentes
- E—Lámpara de arco de xenón refrigerada por agua, Luz continua
- F—Lámpara de arco de xenón refrigerada por agua, Luz y oscuridad intermitentes
- G—Estabilidad del color sobre L-7 (Discontinuada)
- H—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz continua
- I—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz continua
- J—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz y oscuridad intermitentes.

1.2 El uso de estas opciones de prueba no implica, ya sea en forma expresa u otra, una prueba acelerada para una aplicación específica. El grado de correlación entre cualquier prueba de estabilidad del color a la luz y la exposición real en las condiciones de uso debe ser determinado matemáticamente y acordado por las partes contractuales.

1.3 Este método de prueba contiene las siguientes secciones como ayuda en el uso e implementación de las distintas opciones para determinar la estabilidad del color a la luz de los materiales textiles.

	Sección
Terminología .....	3
Medidas de seguridad.....	4
Usos y limitaciones .....	5

Aparatos y materiales.....	6
Patrones de comparación .....	7
Preparación de las muestras de prueba.....	8
Condiciones de operación de los equipos.....	9
Calibración y verificación.....	10-12
Medición de las unidades de decoloración AATCC.....	13-14
Procedimientos de exposición de los equipos.....	15-18
Procedimientos de exposición a la luz natural.....	19-22
Evaluación de los "resultados".....	23-27
Reporte.....	28
Precisión y sesgo.....	29-30
Referencias .....	31
Notas.....	32
Anexos.....	A-D

### 2. Principio

2.1 Las muestras del material textil que se va a probar y el o los patrones de comparación que se acordaron se exponen simultáneamente a una fuente de luz bajo condiciones específicas. La estabilidad del color de la muestra a la luz se evalúa comparando el cambio de color de la parte expuesta de la muestra de prueba con la parte de control enmascarada o con el material original no expuesto, usando la Escala de grises para cambio de color de AATCC o mediante una medición instrumental del color. La clasificación de la estabilidad del color a la luz se realiza mediante su evaluación con respecto a una serie expuesta simultáneamente de Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

### 3. Terminología

3.1 Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, s.—uno de un grupo de tejidos de lana teñidos distribuidos por AATCC, usados para determinar la cantidad necesaria de exposición a la luz de las muestras durante pruebas de estabilidad del color a la luz.

3.2 Unidad de decoloración AATCC (AFU, en su sigla en inglés), s.—cantidad específica de exposición realizada en las condiciones especificadas en distintos métodos de prueba, en que una AFU es un vigésimo (1/20) de la exposición a la luz necesaria para producir un cambio de color igual al cambio del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color o  $1.7 \pm 0.3$  de unidades CIELAB de diferencia de color en el Patrón L4 de AATCC para la estabilidad del color a la luz de lana azul.

3.3 termómetro con panel negro, s.—dispositivo para medir la temperatura, cuya unidad de lectura está revestida con negro para absorber la mayor parte de la energía radiante que se encuentre en las pruebas de estabilidad del color a la luz.

3.3.1 Este dispositivo entrega una estimación de la temperatura máxima que una muestra puede alcanzar durante la exposición a la luz natural o artificial. Cualquier desviación de la relación física y simetría de las partes de este dispositivo que se describen en el punto 32.4 puede influir en la temperatura medida.

3.4 termómetro estándar negro, s.—dispositivo para medir la temperatura, cuya unidad de lectura está revestida con negro para absorber la mayor parte de la energía radiante que se encuentre en las pruebas de estabilidad del color a la luz y que está aislado térmicamente con una placa de plástico.

3.4.1 Este dispositivo entrega una estimación de la temperatura máxima que una muestra puede alcanzar durante la exposición a la luz natural o artificial. Cualquier desviación de la relación física y simetría de las partes de este dispositivo que se describen en el punto 32.5 puede influir en la temperatura medida. La temperatura medida con el termómetro estándar negro no será la misma que aquella medida con el termómetro con panel negro; en consecuencia, no se pueden usar indistintamente.

3.5 radiómetro de paso de banda ancha, s.—término relativo aplicado a los radiómetros que tienen un ancho de banda de más de 20 nm a un 50% de transmitancia máxima y que se puede usar para medir la irradiación en longitudes de onda como 300-400 nm o 300-800 nm.

3.6 cambio de color, s.—cuando se usa en pruebas de estabilidad del color, un cambio de color de cualquier tipo (ya sea un cambio en la tonalidad, intensidad de color o claridad).

3.7 estabilidad del color, s.—la resistencia de un material a cambiar cualesquiera de sus características de color, a transferir su o sus colorantes a materiales adyacentes, o a ambos, como resultado de la exposición del material a cualquier ambiente que pueda existir durante el procesamiento, prueba, almacenamiento o uso del material.

3.8 estabilidad del color a la luz, s.—la resistencia de un material a cambiar sus características de color como resultado de la exposición del material a la luz solar o a una fuente de luz artificial.

3.9 radiación infrarroja, s.—energía radiante en la cual las longitudes de onda de los componentes monocromáticos son mayores que aquellas de la radiación visible y menos de 1 mm.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación infrarroja no están bien definidos y pueden variar según el usuario. En el rango espectral, el Comité E-2.1.2 de CIÉ distingue entre 780 nm y 1 mm:

IR-A	780-1400 nm
IR-B	1.4-3.0 um
IR-C	3 um a 1 mm

3.10 irradiación, s.—energía radiante por área de unidad como una función de la longitud de onda expresada en watt por metro cuadrado, W/m<sup>2</sup>.

3.11 designación "L", s.—el número de secuencia dado a cada Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, de acuerdo con la cantidad de Unidades de decoloración necesarias para producir un cambio de color igual a aquel del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC.

NOTA: En la Tabla II se entrega la relación numérica entre las designaciones "L" de los patrones y su estabilidad del color a la luz en AFU. La estabilidad del color a la luz de una muestra de tejido se puede determinar comparando el cambio de color experimentado después de la exposición a la luz con el Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul más similar que se muestra en la Tabla m.

3.12 langley, s.—unidad de radiación solar total equivalente a una calorímetro por centímetro cuadrado de superficie irradiada.

NOTA: Las unidades recomendadas internacionalmente son: Julio (J) para cantidad de energía radiante, watt (W) para cantidad de energía radiante y metro cuadrado (m<sup>2</sup>) para área. Se deben usar los siguientes factores: 1 langley = 1 cal/cm<sup>2</sup>; 1 cal/cm<sup>2</sup> = 4.184 J/cm<sup>2</sup> ó 41840 J/m<sup>2</sup>.

3.13 estabilidad del color a la luz, s.—propiedad de un material, generalmente un número asignado, que representa un cambio ordenado por rangos de sus características de color como resultado de la exposición del material a la luz solar o a una fuente de luz artificial.

3.14 radiómetro de paso de banda estrecha, s.—término relativo aplicado a los radiómetros que tienen un ancho de banda de 20 nm o menos a un 50% de transmitancia máxima y se puede usar para medir la irradiación en longitudes de onda como 340 ó 420, ±0.5 nm.

3.15 fotocromismo, s.—designación cualitativa para un "cambio reversible de color de cualquier tipo (ya sea un cambio en tonalidad o intensidad de color) que se advierte de inmediato luego del término de las exposiciones a la luz cuando el área expuesta de una muestra es comparada con el área no expuesta.

NOTA: La reversión del cambio de color o inestabilidad de la tonalidad o intensidad de color después de permanecer en la oscuridad diferencia al fotocromismo de la decoloración.

3.16 piranómetro, s.—radiómetro utilizado para medir la irradiación solar global o, si está inclinado, la irradiación solar hemisférica.

3.17 energía radiante, s.—energía por unidad de tiempo emitida, transferida o recibida como radiación.

3.18 radiómetro, s.—instrumento utilizado para medir la energía radiante.

3.19 irradiación total, s.—energía radiante integral en todas las longitudes de onda en un punto en el tiempo expresada en watt por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

3.20 radiación ultravioleta, s.—energía radiante en la cual las longitudes de onda de los componentes cromáticos son más pequeñas que aquellas de la radiación visible y de más de 100 nm.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación ultravioleta no están bien definidos y pueden variar según el usuario. En el rango espectral, el Comité E-2.1.2 de CIÉ distingue entre 400 y 100 nm:

UV-A	315-400 nm
UV-B	280-315 nm
UV-C	100-280 nm

3.21 radiación visible, s.—toda energía radiante capaz de causar una sensación visual.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación visible no están bien definidos y pueden variar según el usuario. El límite inferior generalmente se toma entre 380 y 400 nm y el límite superior entre 760 y 780 nm (1 nanómetro, 1 nm = 10<sup>-9</sup> m).

3.22 tejido de referencia de xenón, s.—tejido de poliéster teñido que se utiliza para verificar las condiciones de temperatura de la cámara de prueba del equipo de arco de xenón durante un ciclo de pruebas de estabilidad del color a la luz (ver 32.6, 32.7 y 32.9).

3.23 En el *Glosario de Terminología de Estándares de AATCC* se encuentran definiciones de otros términos relativos a la estabilidad del color a la luz utilizados en este método de prueba.

#### 4. Medidas de seguridad

NOTA: Las siguientes medidas de seguridad sólo se entregan a modo de información. Estas medidas son adicionales a los procedimientos de prueba y no pretenden abarcar todas las medidas de precaución. Es responsabilidad del usuario usar técnicas seguras y adecuadas durante la manipulación de los materiales en este método de prueba. Se DEBE consultar a los fabricantes sobre detalles específicos, solicitándoles las hojas de datos de seguridad de materiales y otras recomendaciones del fabricante. También se deben consultar y seguir todas las normas y reglas OSHA.

4.1 Antes de hacer funcionar los equipos de prueba, lea y comprenda las instrucciones del fabricante. El operador es responsable de respetar las instrucciones del fabricante acerca de la operación segura.

4.2 Los equipos de prueba contienen fuentes de luz de alta intensidad. No mire directamente la fuente de luz. La puerta de la cámara de pruebas se debe mantener cerrada durante la operación de los equipos.

4.3 Antes de hacer el mantenimiento de las fuentes de luz, espere 30 minutos después que haber finalizado la operación de las lámparas para que éstas se enfrién.

4.4 Cuando esté haciendo el mantenimiento de los equipos de prueba, apague el interruptor de apagado (off) en el panel frontal y el interruptor principal de desconexión de la alimentación. En caso de existir, asegúrese de que esté apagada la luz indicadora de alimentación principal que está ubicada en el panel frontal del equipo.

4.5 Una exposición prolongada de la piel y los ojos a la luz natural puede ser peligrosa para la salud y, por lo tanto, es necesario tomar las medidas de precaución necesarias para proteger estas áreas del cuerpo. En ninguna circunstancia debe mirar directamente al sol.

4.6 Se deben seguir procedimientos de laboratorio seguros. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

#### 5. Usos y limitaciones

5.1 No todos los materiales se ven afectados del mismo modo cuando están expuestos a la misma fuente de luz y entomo. Es posible que los resultados obtenidos mediante alguna de las opciones de prueba no sean representativos de aquellos logrados en alguna otra opción de prueba u otra aplicación de empleo final, salvo que se determine una correlación matemática para un material y/o aplicación dados. Las Opciones A, C y E de estabilidad del color a la luz han sido utilizadas de manera generalizada en el comercio para pruebas de aceptación de materiales textiles. Es probable que entre los equipos suministrados por diferentes fabricantes haya una diferencia notoria en la distribución de la energía espectral, las ubicaciones de los sensores de temperatura y humedad del aire y el tamaño de las cámaras de prueba, lo que puede originar diferencias en los resultados de prueba reportados. El Comité RA50 de AATCC no conoce ninguna correlación entre los aparatos de prueba construidos en forma diferente.

5.2 Los resultados obtenidos mediante el Arco de xenón, Opción E, para todos los materiales deberían coincidir bastante con los resultados obtenidos mediante el método de Luz natural, Opción C (ver la Tabla II). Puesto que la distribución espectral del Arco de xenón, Opciones F, H, I y J, al estar equipado con el vidrio martinico especificado, es muy similar a la luz natural promedio o común tras el vidrio de una ventana, se espera que los resultados concuerden con los resultados obtenidos en Luz natural, Opción C. Las dos opciones de arco con electrodos de carbón, A y D, de acuerdo a las condiciones especificadas, generarán resultados coincidentes con los obtenidos en la Opción C, Método de luz natural, a menos que el material que se esté probando se vea afectado adversamente por la diferencia de las características espectrales del arco con electrodos de carbón y la luz natural.

5.3 Al usar este método de prueba, la opción de método de prueba seleccionada debe incorporar los efectos de luz, humedad y calor basados en la experiencia y los datos históricos. La opción seleccionada también debe reflejar las condiciones de empleo final esperadas para el material que se va a probar.

5.4 Al usar este método de prueba, use un patrón de comparación que tenga un cambio conocido en la estabilidad del color a la luz después de una exposición específica, para poder compararla con el material que se va a probar. Para este propósito, se han usado de manera generalizada los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

## 6. Aparatos y materiales

6.1 Patrones L2 a L9 de estabilidad del color a la luz de lana azul de AATCC (ver 32.3 y 32.8).

6.2 Tejido de referencia de xenón (ver 32.6, 32.7, 32.8 y 32.9).

6.3 Patrón L2 de decoloración de lana azul de AATCC para 20 Unidades de decoloración (AFU) de AATCC (ver 32.8).

6.4 Patrón L4 de decoloración de lana azul de AATCC para 20 Unidades de decoloración (AFU) de AATCC (ver 32.8).

6.5 Patrón de decoloración para tejido de referencia de xenón (ver 32.8).

6.6 Escala de grises para cambio de color de AATCC (ver 32.8).

6.1 Cartulina: una hoja de 163 g/m<sup>2</sup> (90 lb), White Bristol Index (ver 32.7 y 32.10).

6.8 Máscaras de prueba elaboradas de un material con una transmitancia de luz cercana a cero y adecuadas para múltiples niveles de exposición, tales como 10, 20, 40, etc., AFU (ver 32.11).

6.9 Termómetro con panel negro (ver 3.3, 32.4 y 32.12).

6.10 Termómetro estándar negro (ver 3.4 y 32.12).

NOTA: No se debe confundir el Termómetro con panel negro con el Termómetro estándar negro que se usa en las Opciones H, I, J y en algunos procedimientos de prueba europeos. Las temperaturas, cuando se miden con estos dos dispositivos diferentes, generalmente no concuerdan al realizarse bajo las mismas condiciones de prueba. El término *Termómetro negra*, cuando se usa en este método, se refiere tanto al Termómetro con panel negro como al Termómetro estándar negro.

6.11 Espectrofotómetro o Colorímetro (ver 31.2).

6.12 Aparato de decoloración con lámpara de arco de xenón, opcionalmente equipado con monitores de luz y sistemas de control (ver 32.12 y los Anexos A y D).

6.13 Gabinete de exposición a la luz natural (ver 32.13 y el Anexo B).

6.14 Aparato de decoloración con lámpara de arco con electrodos de carbón (ver 32.12 y el Anexo C).

## 7. Patrones de comparación

7.1 Para todas las opciones se prefieren los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, según están definidos en el Método 16. Sin embargo, es posible que el grado de decoloración de cualquier Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul realizado mediante una opción de prueba no concuerde con el de otras opciones de prueba.

7.2 El patrón de referencia puede ser cualquier material textil adecuado del cual se conozca el índice de cambio de color. Las partes contractuales deben determinar y acordar los patrones de referencia que se usarán para la comparación. Los patrones deben ser expuestos al mismo tiempo que la muestra de prueba. El uso del patrón ayuda a que cada cierto tiempo se pueda determinar cualquier variación de los equipos y los procedimientos de prueba. Si los resultados de las pruebas realizados con los patrones expuestos difieren en más de un 10% de los datos conocidos de éstos, revise completamente las condiciones de operación de los equipos de prueba y corrija cualquier funcionamiento defectuoso o parte defectuosa. Después de eso, repita la prueba.

## 8. Preparación de las muestras de prueba

8.1 Número de muestras—Para las pruebas de aceptación, use al menos tres muestras repetidas tanto del material que se va a probar como del patrón para comparación a fin de asegurar la precisión, a menos que el comprador y el proveedor hayan acordado otra cosa.

NOTA: Se tiene conocimiento de que en la práctica se usa una muestra de prueba y una de control para propósitos de prueba. Aunque dicho procedimiento no es aceptable en casos de litigio, es posible que sea suficiente en pruebas de rutina.

8.2 Corte y montaje de las muestras—Identifique cada muestra usando una etiqueta resistente al entomo que existirá durante la prueba. Monte las muestras en marcos, de modo que la superficie de la muestra de prueba y de la muestra de referencia estén a la misma distancia de la fuente de luz. Use cubiertas que eviten la compresión de la superficie de las muestras, especialmente al probar tejidos de pelo. La muestra de prueba y los patrones de referencia deben tener el mismo tamaño y la misma forma. Cuando use un portamuestras de 150.0 mm (6.0 pulgadas) de cuatro posiciones en un bastidor para muestras de dos niveles, no coloque las muestras de prueba o de referencia en las posiciones más externas. Corte y prepare las muestras de prueba para su exposición de la siguiente manera:

8.2.1 Respaldo de las muestras—Para todas las opciones, monte las muestras y patrones en cartulina blanca. Cuando las muestras de prueba se enmascaran, use máscaras de prueba de transmitancia de luz cercana a cero. Para la Opción C, coloque las muestras de prueba montadas, o montadas y enmascaradas, en marcos con respaldo como se indica en una especificación aplicable: como respaldo abierto, metal sólido o respaldo sólido (ver 32.7, 32.10 y 32.11).

8.2.2 Tejido—Corte muestras de tejido con el sentido longitudinal en dirección paralela al sentido de fabricación (urdimbre), de 70.0 x 120.0 mm (2.75 x 4.7 pulgadas) como mínimo, y asegúrese de que el área expuesta no mida menos de 30.0 x 30.0 mm (1.2 x 1.2 pulgadas). Fije las muestras con respaldo en los marcos que se suministran con el aparato de prueba. Asegúrese de que las cubiertas frontal y trasera de los portamuestras hagan buen contacto con las muestras y trace una línea clara de demarcación entre el área expuesta y no expuesta sin, comprimir innecesariamente la muestra (ver 32.14 y 32.15). Cuando sea necesario para evitar el deshilachamiento, las muestras se pueden ribetear cosiéndolas, festoneándolas o fundiéndolas.

8.2.3 Hilados—Enrolle o fije los hilados en bastidores de cartulina blanca a una longitud de aproximadamente 150.0 mm (6.0 pulgadas). Sólo se evalúa aquella parte de los hilados que queda expuesta directamente a la energía radiante para ver si experimenta un cambio de color. Enrolle los hilados muy apretados en el marco, hasta un ancho de 25.0 mm (1.0 pulgadas) como mínimo. La muestra de control debe contener el mismo número



de hebras que la muestra sujeta a exposición. Después de completada la exposición, junte aquellas hebras que están expuestas de frente a la fuente de luz usando una cinta adhesiva u otro tipo de cinta de 20.0 mm (0.75 pulgadas) para mantener unidos los hilados en el marco de exposición para su evaluación (ver 32.15).

#### Condiciones de operación de los equipos

##### 9. Preparación del aparato de prueba

9.1 Si es posible, instale el aparato de prueba en una habitación en que la temperatura y la humedad relativa del aire puedan ser controlados, con el propósito de minimizar los efectos de las variaciones en el suministro de aire.

9.2 Asegúrese de que la calibración del aparato de prueba sea verificado al inicio de cada prueba. Reemplace los filtros aspillados, rotos o cuando se produzca decoloración u opacidad. Para las opciones con lámparas de xenón, en los casos en que no haya disponible ningún equipo automático de monitoreo de luz, elimine los tubos y filtros de las lámparas de xenón en los intervalos recomendados por el fabricante o antes, o cuando ya no se puedan obtener 20 Unidades de decoloración AATCC en  $20 \pm 2$  horas (de reloj) de operación con luz continua (ver 32.16).

9.3 Detenga todas las unidades de nebulización de las muestras y bastidores.

9.4 Las unidades termométricas con panel negro y estándar negra indican la irradiancia absorbida, menos el calor disipado por conducción y convección. Mantenga en buenas condiciones el lado negro de estas unidades termométricas. Aunque está revestido con un acabado de alta calidad, puede sufrir deterioro cuando está expuesto en el aparato de prueba. Por lo tanto, límpielo y púlalo periódicamente con una cera para automóviles de buena calidad. Mantenga una unidad termométrica de control para verificar periódicamente que la unidad en operación esté en conformidad con las normas. Cuando una unidad termométrica en operación no cumple con los límites establecidos para el procedimiento de prueba con respecto a la unidad de control, reemplace la unidad.

9.5 Fije las condiciones de operación del equipo de acuerdo con la Tabla I y la opción especificada.

9.6 Instale una tarjeta o leva de programa u otro mecanismo en el aparato de prueba cuando sea necesario obtener el ciclo de luz especificado. Complete el bastidor para muestras con cartulina blanca con marcos y el termómetro negro requerido. La cartulina blanca se usa para simular el flujo en la cámara de prueba durante la exposición de prueba y no se deben incluir las muestras de prueba reales. Sostenga la unidad termométrica ne-

gra en el bastidor o tambor para muestras de la misma manera que los marcos de muestra de prueba. Cuando no hay indicadores externos, lea la unidad termométrica negra a través de la ventana en la puerta de la cámara de prueba. Opere y controle el aparato de prueba como se especifica en la Tabla I y de acuerdo a lo indicado por el fabricante. Opere el aparato de prueba en este modo y ajuste la temperatura de los termómetros de bola seca y húmedos de la cámara, o el termómetro e higrómetro de la cámara, para proporcionar la temperatura requerida en el termómetro con panel negro o termómetro estándar negro, termómetro de bola seca y humedad relativa del aire.

9.7 Apague el aparato de prueba después de hacerlo funcionar en las condiciones controladas durante un mínimo de 24 horas. Saque la cartulina blanca del bastidor para muestras.

9.8 Para obtener información adicional para preparar y operar el aparato de prueba, consulte las instrucciones del fabricante y lo siguiente:

9.8.1 Para las Opciones A y D, use la Norma de prueba ASTM G 23, Método 3 (ver 313).

9.8.2 Para la Opción C, use la Norma de prueba ASTM G 24 (ver 31.4).

9.8.3 Para las Opciones E, F, H, I y J, use la Norma de prueba ASTM G 26, Método C o D, según corresponda (ver 31.5).

9.8.4 Para las Opciones pertinentes, consulte ISO 105, Parte B.

#### Calibración, verificación y medición de la unidad de decoloración AATCC

##### 10. Calibración por los patrones de estabilidad del color de la azul de AATCC

10.1 Opciones A, D, E, F, H, I y J: exponga el Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul a la temperatura y humedad especificadas y en la opción seleccionada durante  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua (en la Tabla II se muestran las Unidades de decoloración AATCC pertinentes para las opciones de lámparas de xenón). Después de la exposición, evalúe la muestra del patrón expuesto, ya sea en forma visual o con instrumentos. Aumente o disminuya el vatiaje de las lámparas, el tiempo de exposición o ambos y siga exponiendo muestras de patrones adicionales hasta que el cambio de color de las muestras expuestas cumpla con uno de los siguientes criterios.

10.1.1 Comparación visual: es igual al cambio de color del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color o es igual al Patrón L4 de decoloración aplicable a la designación del Lote

utilizado.

10.1.2 Medición de color por medio de instrumentos: para el Lote 5, Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, es igual a  $1.7 = 0.3$  unidades de cambio de color CIELAB según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC. Otras designaciones de Lote del Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul son iguales a las unidades de cambio de color CIELAB especificadas en el certificado de calibración suministrado con el patrón, según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC.

10.2 Alternativa para las Opciones A, D, E, F, H, I y J: el Patrón L2 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul puede ser expuesto a la temperatura y humedad especificadas y en la opción seleccionada durante  $20 = 2$  horas de operación con luz continua. Después de la exposición, evalúe la muestra del patrón expuesto con instrumentos o compárela con el Patrón L2 de decoloración. Cuando sea necesario, aumente o disminuya el vatiaje de las lámparas, el tiempo de exposición o ambos y siga exponiendo muestras de patrones-adicionales hasta que el cambio de color de las muestras expuestas cumpla uno de los siguientes criterios.

10.2.1 Comparación visual—es igual al cambio de color que muestra el Patrón L2 de decoloración aplicable a la designación del Lotes utilizado (ver 32.8).

10.2.2 Medición de color por medio de instrumentos: para el lote 7, Patrón L2 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, es igual a  $5.96 \pm 0.60$  unidades de cambio de color CIELAB según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC. Otras designaciones de Lote del Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul son iguales a las unidades de cambio de color CIELAB especificadas en el certificado de calibración suministrado con el patrón, según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC.

NOTA: El tejido de referencia de xenón está discontinuado para efectuar calibraciones, porque es sensible a la temperatura. Su uso más adecuado es para monitorear la conformidad de la temperatura de la cámara de prueba (ver las Secciones 12, 32.6, 32.7 y 32.9).

## Método Estándar de Prueba para propiedades de Tracción del Hilo por el método para un cabo

Este estándar se emite bajo la designación fija D2256; el número inmediatamente después de la designación indica el año original de adopción o en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última re-aprobación. Un superíndice epsilon ( $\epsilon$ ) indica un cambio en la editorial desde la última revisión o re-aprobación.

### 1. Alcance

- 1.1 Este método de prueba cubre la determinación de propiedades de tracción de monofilamento, multifilamento e hilado de fibras discontinuas solas, dobladas o cableadas a excepción de hilos que se estiran más de 5.0% cuando la tensión incrementa de 5 a 10 mN/tex (0.5 a 1.0 gf/tex)
- 1.2 Este método de prueba cubre las mediciones de fuerza de rotura y elongación de hilos e incluye direcciones para el cálculo de tenacidad de rotura, módulo inicial, módulo secante y resistencia a la rotura.

### 2. Resumen del Método de Prueba

Los ejemplares de hilos a un cabo son rotos en una máquina de prueba de tensión a un valor de elongación predeterminado y la fuerza de rotura y elongación al quiebre son determinados. La elongación a una fuerza específica o fuerza o tenacidad a una elongación específica puede también ser obtenida. La fuerza de rotura, tenacidad de rotura, elongación, módulo inicial y secante y resistencia a la rotura del ejemplar de prueba en términos de densidad lineal pueden ser calculados de la escala de la máquina, cuadrantes, tablas de registro o por una computadora.

### 3. Uso y Significancia

Aceptación de la Prueba Opción A1 del método de prueba D 2256 es considerada satisfactoria por la aceptación de la prueba para embarques comerciales desde que el método de prueba ha sido utilizado extensivamente en la industria para aceptación de pruebas. Como quiera, esta manifestación no es aplicable para la prueba de fuerza de rotura en nudos y rizos, en ejemplares húmedos, ejemplares secados al horno o en ejemplares expuestos a bajas o altas temperaturas. El procedimiento en este método de prueba debe ser usado con cuidado para la aceptación de la prueba debido a que la información objetiva entre la precisión de laboratorio y el sesgo no está disponible

3.1 En casos de presentarse una disputa por las diferencias en los resultados de las pruebas reportadas utilizando el método D 2256 para la aceptación de la prueba en embarques comerciales, el comprador y el proveedor deben conducir las pruebas comparativas para determinar si es que hay un sesgo estadístico entre laboratorios. La asistencia estadística competente es recomendada para la investigación del sesgo. Como mínimo, las dos partes deben tomar un grupo de ejemplares de pruebas que sean lo más homogéneos posible y que sean del tipo de lote del material en cuestión. Los ejemplares de prueba deben ser asignados de manera aleatoria en números iguales para cada prueba de laboratorio. El resultado promedio de los dos laboratorios debe ser comparado utilizando la prueba T de Student para datos impares y con un nivel de probabilidad de aceptación escogido por los dos grupos antes de que la prueba empiece. Si un sesgo es encontrado, su causa debe ser encontrada y corregida o el comprador y el proveedor deben ponerse de acuerdo para interpretar resultados de pruebas futuras en el conocimiento del sesgo.

3.2 Propiedades fundamentales: La tenacidad de rotura calculada desde la fuerza de rotura y la densidad lineal y elongación son propiedades fundamentales que son ampliamente usadas para establecer límites en el procesamiento o conversión del hilo y en las aplicaciones finales de uso. El módulo inicial es una medida de la resistencia del hilo a la extensión en fuerzas debajo del punto a ceder. El módulo secante es usado para estimar la resistencia a la tensión impuesta. La resistencia a la rotura es la medida de trabajo necesario para romper el hilo.

3.3 Comparación con la Prueba de la Madeja: El método de un cabo da una medida más precisa de la fuerza de rotura presente en el material que la del método de la madeja y utiliza menos material. La fuerza de rotura de la madeja siempre es menor que la suma de fuerzas de rotura para el mismo número de puntas rotas individualmente.

3.4 Aplicabilidad: La mayoría de los hilos pueden ser probados por este método de prueba. Algunas modificaciones en las técnicas para sujetar pueden ser necesarias para un hilo dado dependiendo de su estructura y composición. Para prevenir deslizamientos en las abrazaderas o daño como resultado de ser agarrado en las abrazaderas, adaptaciones especiales de abrazaderas podrían ser necesarias con un módulo alto de hilos hechos de fibras como vidrio o aramid o cadenas extendidas de poliolefín. Los ejemplares para sujetar pueden ser modificados según lo requerido en la discreción del laboratorio individual provisto, una curva de fuerza de elongación representativa es obtenida. En algún evento, el procedimiento descrito en este método de prueba para la obtención de las propiedades de tracción debe ser mantenido.

3.5 Fuerza de Rotura: La fuerza de rotura de un hilo influencia la fuerza de rotura de tejidos hechos de hilo, aunque la fuerza de rotura de un tejido también depende de su construcción y puede ser afectada por operaciones de manufactura.

3.6 Desde que la fuerza de rotura de un tipo de fibra es aproximadamente proporcional a la densidad lineal, las tensiones de los diferentes tamaños pueden ser comparados por la conversión de las fuerzas de rotura observadas a la tenacidad de rotura (miliNewtons por tex, gramos-fuerza por tex o gramos-fuerza por denier).

3.7 Elongación: La elongación de un hilo tiene una influencia en el proceso de manufactura y los productos hechos. Esto provee una indicación del comportamiento del estiramiento en prendas en áreas como rodillas, codos u otros puntos de tensión. También provee criterio diseñado para el comportamiento del estiramiento de hilos o cordones usados como reforzamiento para artículos como productos de plástico, medias y llantas.

#### 4. Medida de las Propiedades de Tracción

Enciender la máquina de prueba de tensión y el integrador de área, si es que se utiliza, y continúa corriendo la prueba hasta la rotura. Parar la máquina y reiniciar en la posición inicial de la galga. Registrar los resultados de prueba para 3 cifras significantes.

Si un ejemplar se desliza en la boquilla, romper el extremo de la boquilla o si por alguna razón se atribuyó la falla de la operación, el resultado cae en 20% debajo del promedio de fuerza de rotura para el conjunto de ejemplares, descartar el resultado y probar otro ejemplar. Continuar hasta que el número requerido de roturas aceptables haya sido obtenido.

La decisión de descartar los resultados de una rotura deben ser basados en la observación del ejemplar durante la prueba y en la variabilidad inherente del hilo. En la ausencia de otro criterio para rechazar la llamada rotura de boquilla, cualquier rotura ocurrida con 3 mm (1/8 pulg.) de la boquilla que resulta en un valor debajo del 20% del promedio de la fuerza de rotura de todas las demás roturas debe ser descartado. Ninguna otra rotura debe ser descartada a menos que la prueba sea sabida como fallada. Es difícil determinar la razón precisa para la rotura de algunos ejemplares cerca del límite de la boquilla. Si la rotura en una boquilla es causada por daño del ejemplar por la boquilla, entonces el resultado debe ser descartado. Si, como quiera, se debe meramente lugares débiles distribuidos al azar, es un resultado perfectamente legítimo. Tomar como referencia la Práctica E 178 para tratamiento de datos de área.

Si un hilo manifiesta algún deslizamiento en la boquilla o si más del 24% del ejemplar se rompe en un punto a 3 mm (1/8 pulg.) del límite de la boquilla, entonces (1) la boquilla puede ser acolchada, (2) el hilo puede ser revestido debajo del área de la cara de la boquilla o (3) la superficie de la cara de la boquilla puede ser modificada. Si alguna de las modificaciones listadas anteriormente es usada, sentar el método de modificación en el reporte.

Para instrucciones respecto a la preparación de ejemplares hechos de fibra de vidrio para minimizar el daño en las boquillas, ver la Especificación D 578.

Las medidas de Elongación del hilo para 3 cifras significantes en cualquier estado de fuerza por medio de un adecuado dispositivo de grabación al mismo tiempo que la fuerza de rotura está determinada a menos que se acuerde de otra manera según lo provisto por una especificación aplicable al material.

INFORME TECNICO N°	234-14
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-0

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



6. TEST RESULTS

TEST N° 01

TEST METHOD : ASTM D1907  
STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

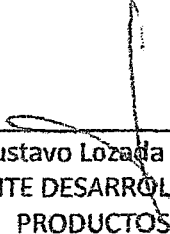
	SAMPLE
RATING:	2/15.94

TEST N° 02

TEST METHOD : ASTM D2256  
STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	890	17.6

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS



<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>224-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Career: Ingeniería Agroindustrial.	Contact : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Yarn: 2/16 Color: W-1

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



**6. TEST RESULTS**

TEST N° 01

TEST METHOD

: ASTM D1907  
STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/14.93

TEST N° 02

TEST METHOD

: ASTM D2256  
STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	858.3	18

TEST N° 07

TEST METHOD

: AATCC 16  
COLORFASTNESS TO LIGTH  
1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE


TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	3.5

KEYS:

**EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS**

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>225-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  Career: Ingeniería Agroindustrial.	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS  Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Yarn: 2/16  Color: W-2

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : ASTM D1907  
 STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
 YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/16.19

**TEST N° 02**

TEST METHOD : ASTM D2256  
 STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
 OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	861.6	14.33

**TEST N° 07**

TEST METHOD : AATCC 16  
 COLORFASTNESS TO LIGTH  
 1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE


TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.5

KEYS:

**EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS**

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>226-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-3

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD

**: ASTM D1907  
STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
YARN BY SKEIN METHOD**

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/15.50

**TEST N° 02**

TEST METHOD

**: ASTM D2256  
STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD**

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	816.6	13.3

**TEST N° 07**

TEST METHOD

**: AATCC 16  
COLORFASTNESS TO LIGTH  
: COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE**

1. EVALUATION


TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	3.5

KEYS:

**EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS**

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE.
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>227-14</b>	
<b>1. LAB INFORMATION</b>		
Received	: 03/11/2014	
Completed	: 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-4

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED

**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : **ASTM D1907**  
**STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF YARN BY SKEIN METHOD**

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/14.82

**TEST N° 02**

TEST METHOD : **ASTM D2256**  
**STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD**

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	685	10

**TEST N° 07**

TEST METHOD : **AATCC 16**  
**COLORFASTNESS TO LIGTH**  
 1. EVALUATION : **COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE**


TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.5

KEYS:

EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 Ing. Gustavo Lopez Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS PRODUCTOS



INFORME TECNICO N°	228-14
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Ila Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-5

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



6. TEST RESULTS

TEST N° 01

TEST METHOD : ASTM D1907
STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF
YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

Table with 2 columns: RATING, SAMPLE. Value: 2/15.39

TEST N° 02

TEST METHOD : ASTM D2256
STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES
OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

Table with 3 columns: Average, MAX. LOAD (g-f), ELONGANTION (%). Values: 930, 15.3

TEST N° 07

TEST METHOD : AATCC 16
COLORFASTNESS TO LIGTH
1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE

TEST RESULTS

Table with 2 columns: 1. COLOR CHANGE, SAMPLE. Value: 3.5

KEYS:

EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

Handwritten signature and stamp of Ing. Gustavo Lozada Sotomayor, GERENTE DESARROLLO NUEVOS PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>229-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-6

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED



**6. TEST RESULTS**

TEST N° 01

TEST METHOD : ASTM D1907  
 STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
 YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/14.33

TEST N° 02

TEST METHOD : ASTM D2256  
 STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
 OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	620	6.83

TEST N° 03

TEST METHOD : AATCC 16  
 COLORFASTNESS TO LIGTH  
 1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE

TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.5

KEYS:

EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>230-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-7

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED

**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : ASTM D1907  
 STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/15.63

**TEST N° 02**

TEST METHOD : ASTM D2256  
 STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	818.3	10.66

**TEST N° 03**

TEST METHOD : AATCC 16  
 COLORFASTNESS TO LIGTH  
 1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE


TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.0

KEYS:

EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>231-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  Career: Ingeniería Agroindustrial.	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS  Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Yarn: 2/16  Color: W-8

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED

**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : ASTM D1907  
**STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF YARN BY SKEIN METHOD**

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/14.66

**TEST N° 02**

TEST METHOD : ASTM D2256  
**STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD**

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	531.6	7.5

**TEST N° 03**

TEST METHOD : AATCC 16  
**COLORFASTNESS TO LIGTH**  
 1. EVALUATION : **COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE**

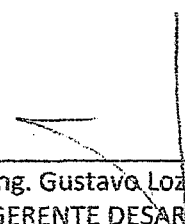
TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.5

KEYS:

**EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS**

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS PRODUCTOS

<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>232-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-9

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED

**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : ASTM D1907  
 STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
 YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/14.84

**TEST N° 02**

TEST METHOD : ASTM D2256  
 STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
 OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	838.3	10.5

**TEST N° 03**

TEST METHOD : AATCC 16  
 COLORFASTNESS TO LIGTH  
 1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE

TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	3.5

KEYS:

EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Gustavo Lozada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS



<b>INFORME TECNICO N°</b>	<b>233-14</b>
<b>1. LAB INFORMATION</b>	
Received : 03/11/2014	
Completed : 10/11/2014	

<b>2. CLIENT INFORMATION</b>	
Applicant: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Contac : Clodo Paulino Illa Ccarita Gloria Tairo Huaita
Career: Ingeniería Agroindustrial.	

<b>3. SAMPLE INFORMATION</b>	
Sample: YARNS	Yarn: 2/16
Fiber Content: 100% ALPACA SURI 26.5 MIC	Color: W-10

<b>4. SUBMITTED CARE INSTRUCTIONS</b>	<b>5. SUGGESTED CARE INSTRUCTIONS</b>
NOT PROVIDED	NOT PROVIDED





**6. TEST RESULTS**

**TEST N° 01**

TEST METHOD : ASTM D1907  
STANDARD TEST METHOD FOR LINEAR DENSITY OF  
YARN BY SKEIN METHOD

TEST RESULTS

	SAMPLE
RATING:	2/15.16

**TEST N° 02**

TEST METHOD : ASTM D2256  
STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES  
OF YARNS BY THE SINGLE-STRAND METHOD

TEST RESULTS

	MAX. LOAD (g-f)	ELONGANTION (%)
Average	805	10.33

**TEST N° 03**

TEST METHOD : AATCC 16  
COLORFASTNESS TO LIGTH  
1. EVALUATION : COLOR CHANGE AND STAINING AATCC GREY SCALE

TEST RESULTS

	SAMPLE
1. COLOR CHANGE:	4.0


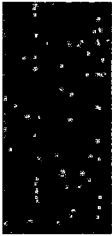


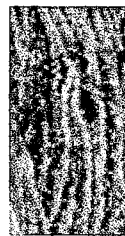

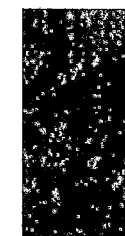



KEYS:

**EXPLANATION OF COLORFASTNESS RESULTS**

- CLASS 5 = NO STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 4 = SLIGHT STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 3 = NOTICEABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 2 = CONSIDERABLE STAINING / COLOR CHANGE
- CLASS 1 = EXCESIVE STAINING / COLOR CHANGE

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Gustavo Lezada Sotomayor  
 GERENTE DESARROLLO NUEVOS  
 PRODUCTOS

## RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS

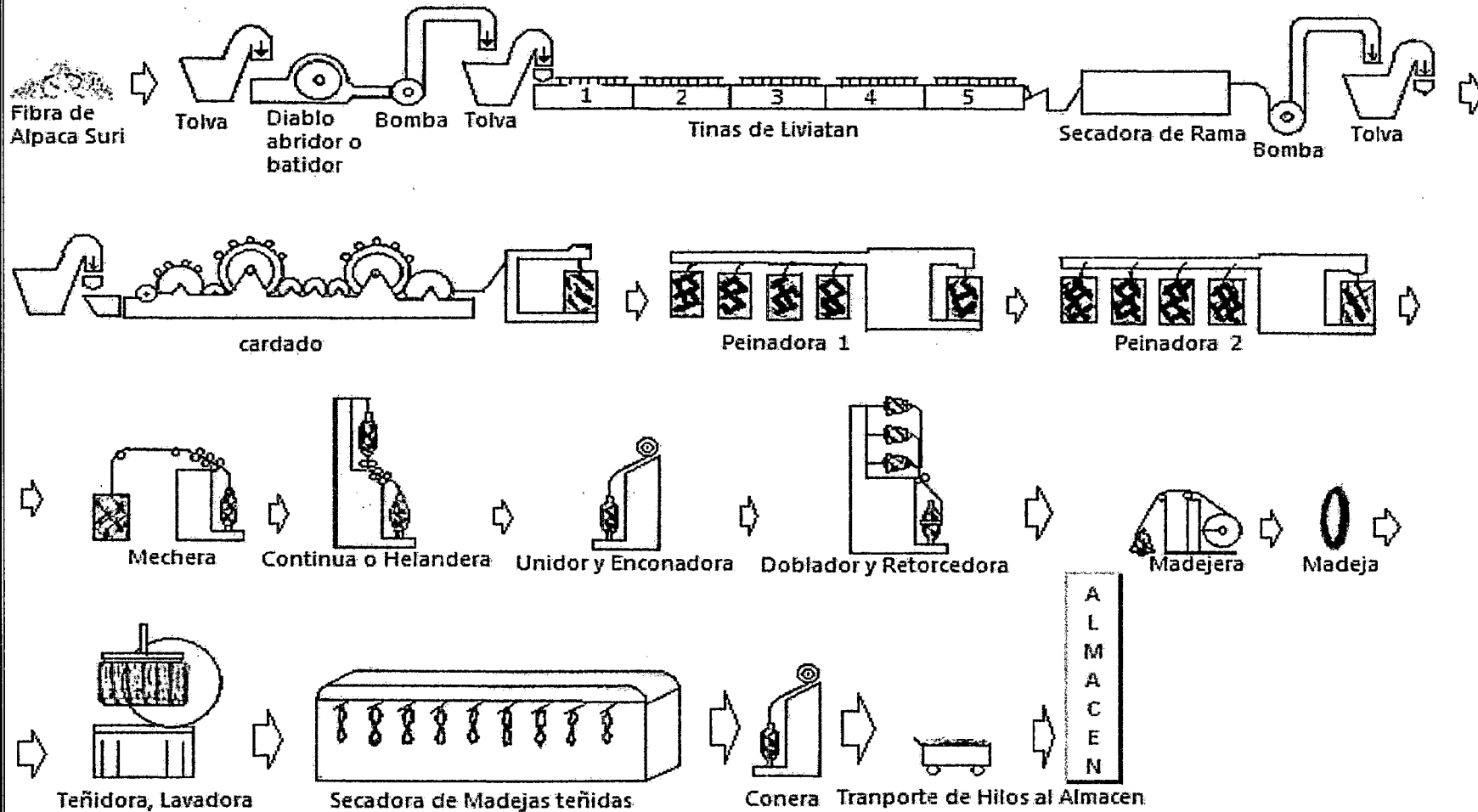
W - 1	W - 2	W - 3	W - 4	W - 5	W - 6	W - 7	W - 8	W - 9	W - 10
T° : 88°C t : 30min R/B: 1/25	T° : 98°C t : 30min R/B: 1/25	T° : 88°C t : 60min R/B: 1/25	T° : 98°C t : 60min R/B: 1/25	T° : 88°C t : 30min R/B: 1/50	T° : 98°C t : 30min R/B: 1/50	T° : 88°C t : 60min R/B: 1/50	T° : 98°C t : 60min R/B: 1/50	T° : 93°C t : 45min R/B: 1/37,5 Á.Cit.: 3,3ml	T° : 93°C t : 45min R/B: 1/37,5 Á.Cit.: 6,6ml
									
Sol : 3,5 Trac: 858,3g-f	Sol : 4,5 Trac: 861,6g-f	Sol : 3,5 Trac: 816,6g-f	Sol : 4,5 Trac: 685,6g-f	Sol : 3,5 Trac: 830,0g-f	Sol : 4,5 Trac: 620,0g-f	Sol : 4,0 Trac: 818,3g-f	Sol : 4,5 Trac: 531,6g-f	Sol : 3,5 Trac: 838,3g-f	Sol : 4,0 Trac: 805,0g-f

# DIAGRAMA DE FLUJO DE INDUSTRIALIZACION DE FIBRA DE ALPACA SURI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD : INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CPIC/2014

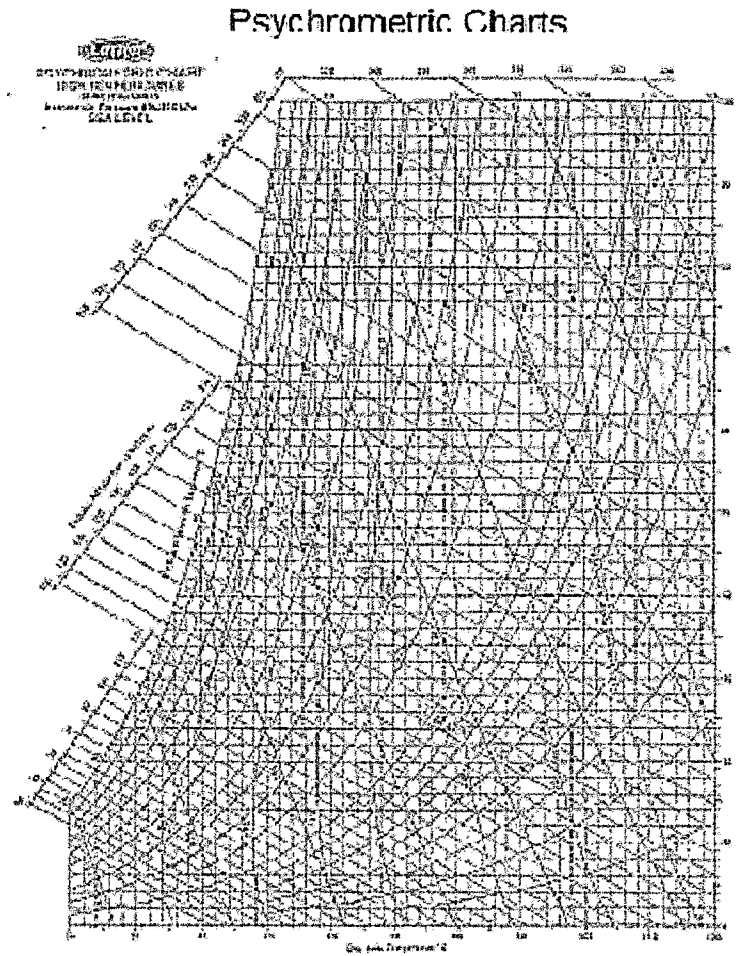


ANFXO  
 Para secado de fibra teñida y expremida con aire caliente

Table  
 Physical properties of Dry air at Atmospheric pressure

Temperature		Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Volumetric coefficient $\beta$ (1/°C)	Specific heat $c_p$ (kJ/kg·K)	Thermal conductivity $k$ (W/m·K)	Thermal diffusivity $\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	Viscosity $\mu$ (Pa·s)	Kinematic viscosity $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	Prandtl number (No.)
°C	°F								
-20	-28.57	1.292	3.07	1.005	0.0234	26.2	16.279	12.6	0.71
0	32.00	1.293	3.07	1.005	0.0237	26.2	17.450	13.5	0.71
10	50.00	1.290	3.07	1.005	0.0241	26.1	17.808	14.60	0.71
20	68.00	1.284	3.07	1.005	0.0245	26.0	18.240	15.7	0.71
30	86.00	1.277	3.07	1.005	0.0249	25.9	18.740	16.9	0.71
40	104.00	1.269	3.07	1.005	0.0253	25.8	19.310	18.2	0.71
50	122.00	1.261	3.07	1.005	0.0257	25.7	19.950	19.7	0.71
60	140.00	1.252	3.07	1.005	0.0261	25.6	20.660	21.4	0.71
70	158.00	1.243	3.07	1.005	0.0265	25.5	21.440	23.2	0.71
80	176.00	1.234	3.07	1.005	0.0269	25.4	22.290	25.1	0.71
90	194.00	1.225	3.07	1.005	0.0273	25.3	23.210	27.1	0.71
100	212.00	1.216	3.07	1.005	0.0277	25.2	24.200	29.2	0.71
110	230.00	1.206	3.07	1.005	0.0281	25.1	25.260	31.4	0.71
120	248.00	1.197	3.07	1.005	0.0285	25.0	26.390	33.7	0.71
130	266.00	1.187	3.07	1.005	0.0289	24.9	27.590	36.1	0.71
140	284.00	1.178	3.07	1.005	0.0293	24.8	28.860	38.6	0.71
150	302.00	1.168	3.07	1.005	0.0297	24.7	30.200	41.2	0.71
160	320.00	1.158	3.07	1.005	0.0301	24.6	31.610	43.9	0.71
170	338.00	1.148	3.07	1.005	0.0305	24.5	33.090	46.7	0.71
180	356.00	1.138	3.07	1.005	0.0309	24.4	34.640	49.6	0.71
190	374.00	1.128	3.07	1.005	0.0313	24.3	36.260	52.6	0.71
200	392.00	1.118	3.07	1.005	0.0317	24.2	37.950	55.7	0.71

Fuente: Adapter from RAZNJEVIC (1978)



Psychrometric chart for high temperature range