REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Ingeniería Textil con mención en:

Producción y confección Textil.

"DETERMINAR LOS FACTORES CUANTITATIVOS QUE INCIDEN EN EL TEÑIDO DE LA FIBRA DE VICUÑA"

Tesis presentada por el Bachiller:

Delgado Bastidas, José Rafael

Para optar el Grado Académico de:

Maestro en Ingeniería textil con mención en: Producción y confección Textil.

Asesor:

Dr. Pacheco Oviedo, Abraham Arturo

Arequipa- Perú

2021

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA.

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A la memoria de mi padre José Santos, por su amor, trabajo y sacrificio en los años que compartimos juntos, A mi Madre Cristina, que la tengo presente, gracias a ustedes por su sacrificio, su atención y formación que me dieron. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser parte de sus vidas, son los mejores padres, los amaré por siempre gracias.

A mi querida Esposa Claudia Sofia; gracias por el gran amor, paciencia y comprensión por estar es estos momentos de alegría al lado mío, juntos hemos venido logrando muchos elementos que alimentan nuestro amor.

A mis dos queridas Hijas; Camila Milagros y Fiorela Jimena; lo más hermoso que Dios me ha dado, mis dulces princesas que ahora en su formación universitaria las veo felices logrando sus primeras metas, orgullo de mi vida…

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida.

Mi profundo agradecimiento a los trabajadores de la empresa Incalpaca TPX S.A. del área de tintorería por su apoyo en el desarrollo de la investigación, en especial al Ing. Miguel Sánchez responsable del área.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL 1

INDICE DE TABLAS 8

RESUMEN 11

ABSTRACT 13

INTRODUCCION 15

CAPITULO 1 17

GENERALIDADES 17

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. 17

Enunciado del problema. 17

Interrogantes del problema. 18

Descripción del problema. 18

Área de conocimiento a la que corresponde el problema. 18

Tipo de Investigación 18

Nivel de Investigación. 18

Limitaciones 19

Delimitaciones 19

OBJETIVOS 19

Objetivo General. 19

Objetivos Específicos 19

HIPÓTESIS 19

ANÁLISIS DE VARIABLES. 20

CAPITULO 2. 21

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MARCO TEORICO 21
EL COLOR. 22
Definición de color: 22
Atributos textiles del color: 23
FIBRAS ESPECIALES 25
LA Fibra de Vicuña. 31
Su estructura Química: 32
La Cutícula. 33
La Corteza. 33
La Médula. 33
Propiedades de la Fibra de Vicuña. 36
Propiedades Físicas. 36
Finura. 36
Tacto. 37
Lustre o brillo. 37
Color 38
Longitud. 38
Resistencia. 39
Peso específico. 40
Rizo. 40
Resistencia a la compresión. 40
Rendimiento al lavado. 41
Reacción a la Temperatura 41
Propiedades Químicas. 42

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Acción de los ácidos sobre la fibra 42

Acción de los álcalis sobre la fibra 42

Propiedades Biológicas. 43

Clasificación de las fibras de vicuña 43

Por su tamaño 43

Fibra larga convencional: 44

Fibra corta: 44

Por su condición 44

Teñido de Fibras Proteicas 48

Colorantes. 48

Constitución Química de Colorantes 48

Cromoforos. 48

Auxocromos. 49

Colorantes Para el Teñido de Fibras Proteicas. 50

Colorantes Ácidos 50

Colorantes Sandolan Batan. 50

Colorantes Tectilon 51

Colorantes De Complejo Metálico 51

Colorantes Reactivos 51

Colorantes Reactivos para Fibras Proteicas. 52

Proceso de Tintura. 53

Definición de Tintura: 53

Proceso de Tintura de las Fibras Proteicas 53

Tintura por agotamiento (sistemas discontinuos). 55

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Foulardado (sistemas continuos o semicontinuos). 55

Teñido Por Sistema Discontinuo (Agotamiento) 55

Teoría del teñido por Agotamiento 56

Fases Implicadas en el Proceso de Tintura por Agotamiento 56

CAPITULO 3. 62

METODOLOGIA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL 62

DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPOS 62

Materiales 62

Colorantes. 63

Colorantes Reactivos 63

Reactivos y Auxiliares textiles. 63

Acidulante (Ácido Acético). 64

Sal Textil (Sulfato de Sodio). 64

Agua para Uso Textil 64

Álcali (Carbonato de Sodio). 65

Equipos 65

Máquina de Tintura: Autoclave CD-50 65

Tubos de ensayo de Teñido 67

pH-Metro 67

Secado 67

DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN 70

Variables 71

Variables Independientes: 72

Temperatura de Fijación (°C). 73

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tiempo de Fijación (min) 73

Concentración de iones Hidronio en el baño (pH) 74

Variables Dependientes 74

Solidez Al Frote Seco 74

Solidez al Frote Húmedo 75

Solidez al lavado 75

Temperatura de Fijación 75

Tiempo de Fijación 76

Concentración pH 76

Procedimiento Experimental 76

Metodología. 76

Procedimiento 76

Registro de Datos 78

Análisis experimental 78

Del proceso de teñido: 79

De la preparación de las soluciones 79

Solución de Reactivos 79

Solución de Colorante 79

Soluciones Auxiliares 79

Del lavado del material teñido. 79

Del preparado del baño de teñido 80

Adición de auxiliares: 80

Adición del colorante: 80

Regulación del pH: 80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Volumen del Baño. 80

Del equilibrio del baño 81

Evaluación visual de los resultados 81

Pruebas para determinar la solidez 82

Pruebas para la solidez al frote (norma AATCC8-2007) 82

Pruebas de solidez al lavado (norma AATCC61-1996) 83

Equipo de control de calidad a la solidez. 83

Resistencia. 83

Elongación. 84

CAPITLU IV 85

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 85

Parámetros que afectan en la absorción de los colorantes reactivos. 85

Efecto de la temperatura. 85

Influencia del tiempo de contacto Fibra / Baño 86

pH del Baño. 86

Influencia de la afinidad del colorante 86

Efecto de las sales 86

Relación del Baño. 87

Influencia del movimiento del baño 87

Influencia de la calidad del agua 87

Determinación de la curva de teñido. 88

Estandarización del proceso de teñido 90

Etapas del proceso de teñido de una fibra proteica 90

Disgregacion 90

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Difusion/convección 90

Adsorcion 90

Difusion 90

Fijacion 91

Evaluación comparativa de calidad. 93

Comparativo de Solidez con la fibra de Alpaca y Vicuña 93

Solidez al frote. 93

Solidez al Lavado 94

Solidez a la Luz 94

CONCLUSIONES 96

RECOMENDACIONES 98

ANEXO 1 ANALISIS CUALITATIVAS DE LAS FIBRA DE ACUERDO A NORMA AATCC METODO DE PRUEBA 20 – 2007 102

ANEXOS 2 NORMA AATCC MÉTODO DE PRUEBA 16-2004 110

ANEXO 3. LA VICUÑA EN AMÉRICA DEL SUR 121

ANEXO 4. LA VICUÑA EN EL PERÚ 122

ANEXO 4. POBLACIÓN DE VICUÑA EN AMÉRICA. 123

ANEXO 5. POBLACIÓN DE VICUÑA EN PERÚ. 123

ANEXO 6. CARTA DE COLORES GRUPO INCA 124

ANEXO 7. RESULTADOS DE LABORATORIO DE PRUEBAS DE RESISTENCIA Y SOLIDEZ 126

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización del cuadro de variables.....20

Tabla 2: Fibras Naturales en el Mundo 26

Tabla 3: Producción de Fibras Naturales en el Mundo 27

Tabla 4: Cualidades de las principales fibras Naturales 27

Tabla 5: Comparativo de Precios de Fibras especiales 28

Tabla 6: Características de la fibra de Vicuña 30

Tabla 7: La Vicuña 31

Tabla 8 : Finura de la Fibra de Vicuña por sexo y clase de animal 37

Tabla 9 : Longitud de Fibra (cm) de Vicuña por Sexo y Clase de animal 38

Tabla 10 : Comparativo del Vellón de Vicuña con otras Especies 47

Tabla 11: Grupo de cromoforos.....49

Tabla 12 : Grupo de Auxocromos.....50

Tabla 13 : Cuadro de Variables 71

Tabla 14 : Cuadro de Procedimiento de la experimentación 77

Tabla 15 : Registro de Datos de Pruebas 1 78

Tabla 16: Registro de Datos Prueba 2 78

Tabla 17 : Análisis de Resultados de las pruebas de Teñido.....88

Tabla 18 : Resultados de las Pruebas de Teñido 93

Tabla 19: Resulatdos Prueba de Solidez al Frote.....93

Tabla 20 : Resultados de Prueba de solidez al frete 94

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 21 : Resultados Pruebas de Solidez a la Luz 94

Tabla 22 : Muestra de Teñido; comparación entre Vicuña y Alpaca 94

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Longitud de Onda del color.....22

Ilustración 2: Tonalidades y Matices.....23

Ilustración 3: Luminosidad del Color.....23

Ilustración 4: Intensidad del Color.....24

Ilustración 5: Carta de Colores Inca Tops.....25

Ilustración 6: Fibras Especiales de Origen Animal 26

Ilustración 7: Fibras Especiales de Origen Animal 29

Ilustración 8 : Vista del Corte Transversal de la fibra de vicuña y Vista Longitudinal de la fibra 34

Ilustración 9: Vellón de la fibra de Vicuña, Color Natural.....37

Ilustración 10: Esquila de la Vicuña; Colores Naturales 38

Ilustración 11 : Longitud de Fibra de Vicuña.....39

Ilustración 12 : Composición del Vellón de Vicuña.....45

Ilustración 13 : Clasificación de la fibra de Vicuña.....46

Ilustración 14 : Clasificación de la Fibra de Vicuña 47

Ilustración 15: Grupos Reactivos de algunos Colorantes existentes.....52

Ilustración 16 : Fases del Proceso de Tintura.....56

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 17: Solución de Colorantes *57*

Ilustración 18 : Concentración del Colorante en el Baño de teñido *58*

Ilustración 19: Penetración del Color y migración dentro de la Fibra *59*

Ilustración 20 : Penetración del Colorante *60*

Ilustración 21 : Fibra de Vicuña HL1904801 ..... *62*

Ilustración 22 : Maquina AutoClave CD-50 ..... *66*

Ilustración 23 : Maquina de Teñido *66*

Ilustración 24 : Maquina Secadora *68*

Ilustración 25 : Planta de Tintorería *70*

Ilustración 26 : Manejo de Variables del proceso de Teñido *71*

Ilustración 27 :Material a teñir *72*

Ilustración 28 : Maquina AutoClave *73*

Ilustración 29 : Autoclave CD - 50 ..... *74*

Ilustración 30 : Equipo de Calidad control de la Solidez al frote *75*

Ilustración 31: Data Color Match *83*

Ilustración 32 : Curva de Agotamiento de Fibra de Vicuña *89*

Ilustración 33 : Ministerio de Agricultara del Perú *101*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El estudio realizado en poder DERMINAR LOS FACTORES CUANTITATIOS QUE INCIDEN EN EL TEÑIDO DE LA FIBRA DE VICUÑA. Bajo la problemática que hoy se presenta referente a esta fibra noble considerada la más fina del mundo. La necesidad de conocer y documentar sobre los factores que inciden en el teñido de la fibra y su relación con pruebas de laboratorio de calidad sobre la solidez del color y la estandarización de los procesos de teñido, son los problemas del día a día, pero solucionados solo con conocimiento empírico expertos del personal operativo del área más no con registros ni documentos levantados de estos casos de estudio.

Se analizaron 4 capítulos; el primero de ellos se desarrolla la parte de la formulación del proyecto, la segunda parte se refiere a la fuente de información que involucra al proceso de teñido en un marco teórico y conceptual. El tercero referido a la metodología y parte experimental y terminamos con el cuarto capítulo donde se dan los resultados de desarrollo experimental.

Como objetivo principal definimos en Evaluar los factores que determinan el comportamiento de la curva de teñido en fibra/hilado de vicuña y su influencia en la calidad del producto y estandarización en el proceso de teñido. Para ello se necesita lograr los siguientes objetivos específicos propuestos en este trabajo de investigación; Determinar las características de la materia prima utilizada, Determinar las características técnicas del proceso de teñido, Evaluar criterios de calidad en el proceso de teñido, Evaluar los parámetros que intervienen en el proceso de teñido y Validar la curva de teñido de la fibra/hilado de vicuña.

Las variables definidas en este proyecto, como independientes y dependientes no ayudaran a logra cumplir con los objetivos propuestos relacionados a la hipótesis definida en la investigación, Es posible que al encontrar los factores que determinan el proceso de teñido, nos ayudará a reducir los problemas de calidad y a estandarizar el proceso de tintura en fibra/hilado de vicuña.

La parte de metodológica cabe mencionar el apoyo de personal experto en área de tintorería se desarrolló una metodología de parámetros para las variables de máximos y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

mínimos, la restricción, como menciono en el proceso, es que la fabricación de productos de fibra de vicuña es a pedido, es decir no se tiene un flujo continuo de fabricación, para lo cual nos basamos en la programación de la producción del área de tintorería de la empresa Incalpaca TPX S.A.

Los resultados obtenidos después de la parte experimental podemos registrar y documentar los factores que inciden el teñido de la fibra de vicuña que dan respuesta a los objetivos específicos propuestos en el proyecto. así tenemos:

- ✓ Temperatura de teñido: alcanzamos 92°C
- ✓ Tiempo de teñido: 88 min (absorción del color por la fibra)
- ✓ Concentración pH del baño: 4.5
- ✓ Afinidad del colorante; colorantes reactivos
- ✓ Efecto de las sales, importante en la absorción del color
- ✓ Relación del baño R/B: 1/20
- ✓ Influencia del movimiento del baño
- ✓ Influencia en la calidad del agua.

Y variables que se desprenden es estos parámetros van relacionado directamente con la calidad de teñido y estandarización de los procesos, es decir la solidez del teñido, para lo que se realizaron pruebas de solidez al seco y al lavado.

Palabras Claves:

- Camélidos Sudamericanos.
- Fibra Textil.
- Teñido de Fibra.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The study carried out to DERMINATE THE QUANTITATIC FACTORS THAT INCIDATE IN THE DYING OF THE VICUÑA FIBER. Under the problem presented today regarding this noble fiber considered the finest in the world. The need to know and document the factors that affect fiber dyeing and its relationship with quality laboratory tests on color fastness and standardization of dyeing processes, are the day-to-day problems, but solved Only with empirical knowledge of the operational personnel of the area but not with records or documents raised from these case studies.

Four chapters were analyzed; The first part develops the part of the project formulation, the second part refers to the source of information that involves the dyeing process in a theoretical and conceptual framework. The third referred to the methodology and experimental part and we finish with the fourth chapter where the results of experimental development are given.

As main objective we define in Evaluate the factors that determine the behavior of the fiber / yarn dyeing curve of vicuña and its influence on product quality and standardization in the dyeing process. For this, it is necessary to achieve the following specific objectives proposed in this research work; Determine the characteristics of the raw material used, Determine the technical characteristics of the dyeing process, Evaluate quality criteria in the dyeing process, Evaluate the parameters involved in the dyeing process and Validate the fiber / yarn dyeing curve of vicuña

The variables defined in this project, as independent and dependent, will not help to achieve the proposed objectives related to the hypothesis defined in the research. It is possible that finding the factors that determine the dyeing process will help us reduce the problems of quality and standardize the fiber / yarn dyeing process of vicuña.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

The methodological part, it is worth mentioning the support of expert personnel in the dry cleaning area, a parameter methodology was developed for the maximum and minimum variables, the restriction, as I mentioned in the process, is that the manufacture of vicuña fiber products is on request, that is, there is no continuous manufacturing flow, for which we rely on the production schedule of the dry cleaning area of the company Incalpaca TPX SA

The results obtained after the experimental part can record and document the factors that affect the dyeing of the vicuña fiber that respond to the specific objectives proposed in the project. So we have:

- ✓ Dyeing temperature: we reach 92 ° C
- ✓ Dyeing time: 88 min (fiber color absorption)
- ✓ Bath pH concentration: 4.5
- ✓ Dye affinity; dye reagents
- ✓ Effect of salts, important in color absorption
- ✓ Bathroom ratio R / B: 1/20
- ✓ Influence of bathroom movement
- ✓ Influence on water quality.

And variables that emerge in these parameters are directly related to the quality of dyeing and standardization of the processes, that is to say the dyeing fastness, for which dryness and washing fastness tests were performed.

Key words:

- South American camelids.
- Textile fiber.
- Fiber Dyeing.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCION

La vicuña (Vicugna vicugna) es una especie silvestre que pertenece al orden de los tylopodos, actualmente el Perú posee el 65 % de la población mundial, y la característica más importante de esta especie es la fibra, o el vellón que se extrae, sin necesidad de sacrificar al ejemplar. La extracción se hace mediante la esquila. Entre las características más importantes de la fibra de vicuña se encuentran: la composición química está basada en los cuatro elementos básicos como el CHON, y algunos aminoácidos que forman la queratina, estructuralmente se puede diferenciar tres capas; la cutícula, corteza y medula. Presentando una densidad folicular de 78.65 folículos por milímetro cuadrado de piel, con un diámetro de fibra de 13 a 14 micras, con una longitud de fibra de 2 – 4 cm.; o un promedio 1.29 -+ 0.49 pulgadas, con un rendimiento al lavado 87%, y con un peso a la esquila de 200 a 250 gr por vicuña esquilada.

La tintura de la Vicuña es de especial interés en nuestro medio porque Perú representa el mayor y único productor de esta especie en el mundo y en especial el sur del Perú y es necesario conocer el procesamiento de esta fibra para su tintura por su escasa y casi nula información al respecto. Como la fibra de Vicuña se suele clasificar de acuerdo a la longitud del pelo, es sometida a procedimientos de tintura similares a los de la Alpaca. Sin embargo, es necesario conocer los factores morfológicos y químicos y cómo influyen estas en el proceso de tintura para poder obtener resultados. En el presente trabajo se hace una revisión bibliografía de la estructura y propiedades químicas de la Vicuña. Puesto que se dispone de poca información acerca de este tema, muchos aspectos se complementan con la información de la Alpaca y se tratan de buscar similitudes. Posteriormente se describen los tratamientos previos a los cuales se somete la Vicuña y que afectan al proceso de tintura. Más adelante se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

hace una revisión del proceso de tintura que se aplica actualmente en la planta. En la parte experimental de esta tesis se busca encontrar las diferencias entre los factores de tintura de Vicuña y Alpaca elemento que si maneja información. Para su determinación se utilizaron análisis espectrofotométricos. La determinación de la concentración de mezclas de colorantes en el baño requirió de la validación de métodos para obtener el menor porcentaje de error. Asimismo, se evaluaron las solideces al lavado, al frote y a la luz y las diferencias de color para relacionar la calidad del producto obtenido y su rendimiento tintóreo con la cinética de tintura.

Las finas fibras de la vicuña son extremadamente valiosas y especiales, no sólo por sus características textiles sino también por su escasez y por su asociación con ambientes y culturas exóticas. En razón de ello, las fibras de los camélidos silvestres se obtienen y comercializan bajo estrictas normas de producción y fiscalización, a fin de evitar la caza furtiva y asegurar la conservación de estos mamíferos.

Los productos derivados de la vicuña están dirigidos a un segmento de mercado de estatus alto con características particulares de color y moda, alto poder adquisitivo ya que las prendas confeccionadas a partir la fibra de vicuña son de alta calidad cumplimento altos estándares en su fabricación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 1

GENERALIDADES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Enunciado del problema.

Los factores que determinan el teñido de la fibra de vicuña en la actualidad no existe información experimental para poder definir la curva de teñido, es comparativo con los procedimientos que se realizan con la fibra de Alpaca, morfológicamente ambas fibras tienes características diferentes y comportamientos diferentes en la absorción del color, determinar estas diferencias y establecer los parámetros de teñido para la fibra de Vicuña es objeto de esta investigación para lograr la caracterización de la fibra de vicuña mediante la experimentación realizada en la empresa Incalpaca TPX S.A. única empresa que cuenta con registros legales para la industrialización de la fibra de Vicuña en la región Arequipa sur de Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Interrogantes del problema.

¿Existen parámetros que determinan el teñido de la fibra de vicuña?

¿Las características de la fibra de vicuña son adecuadas para los procesos de tintura?

¿Cuál de los procesos de teñido se adapta a las características de la fibra de vicuña?

¿Actualmente existe la curva de agotamiento de la fibra de vicuña?

Descripción del problema.

Realizar un análisis de los factores que determinan el teñido de la fibra de Vicuña, siempre se recurre a la experiencia empírica de un solo grupo de personas expertas en teñido, más no se cuenta con levantamiento de información y principalmente de un análisis con las características Morfológicas y composición química; elementos importantes que intervienen en el proceso de tintura textil. Manejar factores determinantes como definir parámetros nos van a proporcionar resultados que ayudaran de manera industrial a optimizar sus recursos y en la parte académica en la experimentación y evaluación de los resultados.

Área de conocimiento a la que corresponde el problema.

Campo : Ciencias Físicas y Formales
Área : Ingeniería Textil
Línea : Industria de Tintura Textil

Tipo de Investigación.

Corresponde a una investigación de campo y revisión documental.

Nivel de Investigación.

Se trata de una investigación de nivel Explicativo y Relacional.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Limitaciones

El acceso a la experimentación depende del programa de producción del área de tintorería de la empresa Incalpaca TPX por temas de cargar la planta ya que se necesita que sea programada hilado de vicuña para el teñido.

Delimitaciones

El trabajo está desarrollado para ser aplicado a la empresa y obtener los parámetros y comprar con los de otras fibras y poder obtener valores reales.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Evaluar los factores que determinan el comportamiento de la curva de teñido en fibra/hilado de vicuña y su influencia en la calidad del producto y estandarización en el proceso de teñido.

Objetivos Específicos

a. Determinar las características de la materia prima utilizada
b. Determinar las características técnicas del proceso de teñido
c. Evaluar criterios de calidad en el proceso de teñido
d. Evaluar los parámetros que intervienen en el proceso de teñido
e. Validar la curva de teñido de la fibra/hilado de vicuña.

HIPÓTESIS

Es posible que al encontrar los factores que determinan el proceso de teñido, nos ayudará a reducir los problemas de calidad y a estandarizar el proceso de tintura en fibra/hilado de vicuña.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANÁLISIS DE VARIABLES.

Tabla 1: Operacionalización del cuadro de variables

Variable	Tipo de Variable	Indicador	Técnica	Instrumento
Factores que determinan el teñido de la fibra de vicuña.	Variable Independiente	▪ Morfológicos ▪ Temperatura de fijación. ▪ Tiempo de fijación. ▪ Concentración de Iones Hidrogeno en el baño pH.	Observación	Equipo de Laboratorio
			Observación	Equipo de Laboratorio
			Observación	Equipo de Laboratorio
			Observación	Equipo de Laboratorio
Reducir problemas de Calidad	Variable Dependiente	Solidez al frote Solidez al lavado Solidez a luz	Equipo de solidez DataColor Match. Norma AATCC8-2007. Norma AATCC61-1996	
Estandarización del proceso de teñido	Variable Dependiente	Curva de Agotamiento	Representación Gráfica de la Curva de Agotamiento	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 2.

MARCO TEORICO

Para poder entender la parte experimental del proceso de teñido de la fibra de vicuña voy a definir conceptos para que se pueda formar juicios de valor acerca de este importante proceso en la cadena de producción industrial textil, hoy en día todo este negocio comercial se fundamenta en la moda, el diseño y en la innovación de nuevos tejidos y esto a su vez tiene base fundamental en la definición del color, es decir aquel proceso de teñido donde a través de las propiedades de la fibra, composición química, propiedades físicas y mecánicas hacen variar su aspecto y que define su apariencia final de este material textil, a tales variantes nos referimos a su tonalidad o matiz, su saturación o pureza y claridad que son atributos dados al color. La estructura de fibra proteica, condiciones de ser teñida, finura y longitud de fibra, brillo, suavidad y confort, características dadas por su composición química de la fibra. Resiliencia a la tracción, flexibilidad y elasticidad características dadas por acción mecánica de la fibra. El proceso de Teñido por agotamiento y utilización de insumos colorantes reactivos y auxiliares, que definen el traslado del color a la fibra, curva de agotamiento de la fibra de la vicuña, balance de materia en el teñido y revisión ambiental del proceso de tintura, en general, temas que mediante un proceso experimental voy a desarrollar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

y revisar material bibliográfico para argumentar la investigación y aclarar las ideas propuestas en el proyecto de tesis.

La experimentación del proceso de teñido se dio en la empresa Incalpaca TPX S.A. dedicada como único grupo empresarial que transforma la fibra de vicuña de acuerdo a las normas y leyes dadas por los organismos gubernamentales como no gubernamentales, ya que la protección de este recurso y su control en la producción de esta fibra es regulada por el estado.

Las conclusiones a las cuales llego luego del desarrollo experimental están relacionadas con encontrar los elementos que deben determinar el teñido de fibra de vicuña, así como reducir las inconsistencias de calidad en el teñido y estandarizar procesos de tintura.

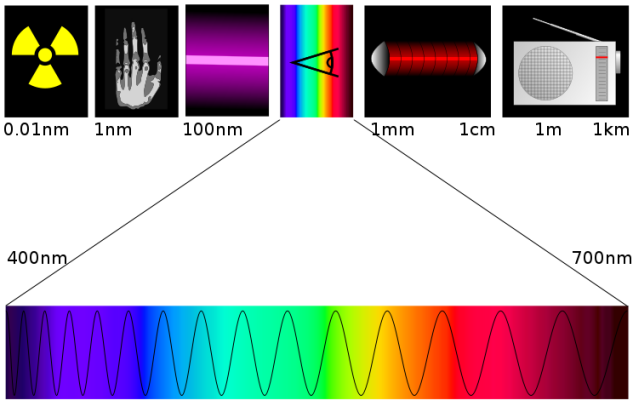
Con este preámbulo comienzo presentado el marco teórico, dando fundamento a los temas mencionados anteriormente.

EL COLOR.

Definición de color:

(Springer V., 1989). El color viene a ser la sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda.

Ilustración 1: Longitud de Onda del color



Fuente: Hall, R. Illumination and Color in Computer generated Imagery. Springer Verlag (1989)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Atributos textiles del color:

(Springer V. 1989) De acuerdo con el autor los divide en tres atributos que determinan el color en los textiles son el tono, el brillo y la saturación.

Tono o Matiz: Es el atributo de un estímulo de color, el color en sí mismo e indica su cualidad cromática. Está relacionado con la longitud de onda de su radiación. Según

Ilustración 2: Tonalidades y Matices

su tonalidad se puede decir que un color es rojo, amarillo, verde, azul.

Fuente: Hall, R. Illumination and Color in Computer generated Imagery. Springer Verlag (1989)

Brillo o Luminosidad: Es el atributo que expresa la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación. Es la luminosidad de un color (la capacidad de reflejar el blanco), es decir, el brillo. Alude a la claridad u oscuridad de un tono. Es una condición variable, que puede alterar fundamentalmente la apariencia de un color. La luminosidad puede variar añadiendo negro o blanco a un tono.

Ilustración 3: Luminosidad del Color

Fuente: Hall, R. Illumination and Color in Computer generated Imagery. Springer Verlag (1989)

Saturación o Intensidad: Es el grado de partida de un color a partir del color neutro (gris) de la misma luminosidad. Los colores de baja intensidad son llamados débiles y los de máxima intensidad se denominan saturados o fuertes. Imagina un color gris al cual le va añadiendo amarillo y quitando gris hasta alcanzar un amarillo vivo, esto sería una

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

variación en el aumento de intensidad de ese color. La variación de un mismo valor desde el neutro (llamado color débil) hasta su máxima expresión (color fuerte o intenso). Cuanto más saturado está un color, más puro es y menos mezcla de gris posee.

Ilustración 4: Intensidad del Color

Fuente: Hall, R. Illumination and Color in Computer generated Imagery. Springer Verlag (1989)

Dentro de la nuestra estructura de desarrollo y diseño textil la definición de color con sus atributos mencionados anteriormente se genera el primer problema, la variabilidad en la tonalidad del teñido. Como se ha podido observar en las definiciones y concepto todo va a partir de la percepción del color, influyendo a estos atributos variables como temperatura, luminosidad y humedad, por lo que es imposible lograr un color con características idénticas de partida a partida de material textil, caso de la vicuña presenta colores naturales colores naturales el blanco con sus variantes y el camel o beige también con sus variantes de color.

El PANTONE MATCHING SYSTEM® es un sistema de comunicación de los colores sólidos basado en la igualación visual de los colores individuales premezclados. El PANTONE MATCHING SYSTEM está compuesto por una serie de libros con miles de colores impresos con precisión junto a sus fórmulas de impresión para su mezcla.

Tanto artistas como impresores comerciales utilizan el PANTONE MATCHING SYSTEM para seleccionar, especificar e igualar los colores con exactitud. Son muchos los logotipos creados a partir de colores PANTONE específicos que pueden reproducirse fielmente. Al usar los colores PANTONE, los diseñadores pueden estar seguros de que los resultados de su producción cumplirán sus expectativas.

El PANTONE MATCHING SYSTEM original incluía 504 colores, y desde entonces se ha ido ampliando hasta abarcar 1.012 colores y sus fórmulas en tinta para impresión. Para la impresión en cuatricomía (CMYK), el PANTONE Process Color System® especifica más de 3.000 colores y muestra los porcentajes de impresión en pantalla.

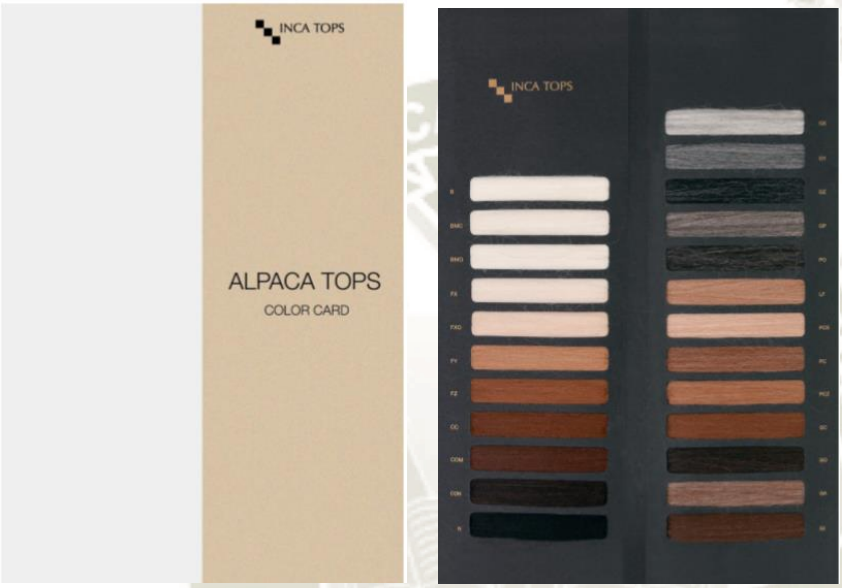
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Recientemente, con el uso extendido de los ordenadores entre los diseñadores gráficos comerciales y profesionales, los usuarios de programas de software comenzaron a especificar sus colores con los sistemas PANTONE MATCHING SYSTEM y PANTONE Process Color System. Pantone, Inc. ha registrado un número creciente de productos de software para garantizar un mayor grado de homogeneidad en todo el sector.

Ilustración 5: Carta de Colores Inca Tops



Fuente: Inca Tops S.A.

FIBRAS ESPECIALES

Dentro de FIBRAS ESPECIALES Para dar inicio a este capítulo, citaremos a (Hollen N, 1973), el cual define a las fibras en general, ya sean naturales o artificiales, "**como la unidad básica y fundamental en la fabricación de todo producto textil"**. Estas fibras son aquellas que puede convertirse en hilos y para esto es necesario que superen una longitud mínima, sean flexibles, cohesivas, resistentes, delgadas, elásticas, uniformes y durables. Las fibras textiles de origen natural se clasifican en tres grupos: Las Lanas, Fibra de Camélidos y la Seda.

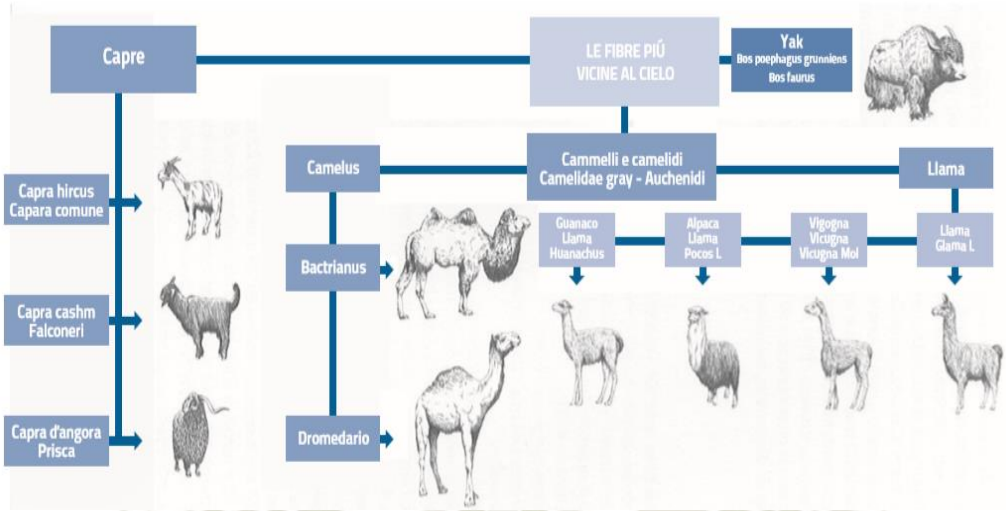
Y dentro de estos podemos ver la clasificación de las principales fibras especiales animales:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 6: Fibras Especiales de Origen Animal



Fuente: Fibras Proteicas: Pelos finos autor Ing. Marina Zoccola Nov. 2014

(Zoccola M 2014). En el mundo se producen cerca de 30 millones de toneladas anuales de fibras naturales, de las cuales el algodón es el producto dominante con unos 20 millones de toneladas. Le sigue la lana junto con el yute alcanzando 2 a 3 millones de toneladas. También fibras cuya producción es casi insignificante.

El uso que se le da a estas varía desde el industrial hasta la alta costura, estando sujetas a la competencia de productos sintéticos presentes en el mercado desde hace unos 50 años atrás. Su empleo ha ido en aumento, sobrepasando ampliamente el uso de las fibras naturales por el costo de su procesamiento.

Tabla 2: Fibras Naturales en el Mundo

TIPO DE FIBRA	PARTICIPACIÓN %
Sintéticas y Artificiales, derivados del petróleo	60,0
Algodón	36,0
De origen Vegetal (Lino, Ramio y Bambú)	0,5
Pelos Finos (vicuña, Guanaco, Cashmere, Alpaca, entre otras)	1,0
Lana (Caprinos y Ovinos)	2,1
Otras	0,4

Fuente Business Technology Association 2016

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La producción mundial estimada según especie y principales productores en toneladas/año, es la siguiente:

Tabla 3: Producción de Fibras Naturales en el Mundo

ESPECIE	**Producción Tn./Año**	**País de Origen**
Mohair (Cabra, angora)	8,000	EEUU, Sudáfrica, Turquía
Cachemira	5,000	China, Mongolia, Irán, Afganistán
Vicuña	7	Perú, Bolivia, Chile, Argentina
Alpaca	4,000	Perú, Chile, Bolivia
Camello	2,000	China, Mongolia, Iran, Afghanistan
Angora	8,500	China
Llama	500	Perú, Bolivia.

Fuente Business Technology Association 2016

La fibra de vicuña se ofrece actualmente en el mercado mundial conjuntamente con otras fibras de origen animal, las que se denominan fibras especiales, por sus características textiles que las hacen muy cotizadas y por los volúmenes reducidos en que se producen. Entre ellas tenemos las provenientes del Mohair, Cachemira, Camello y el grupo de los camélidos sudamericanos conformado por la Llama, Alpaca, Guanaco y Vicuña.

Tabla 4: Cualidades de las principales fibras Naturales

ESPECIES	**LONG. DE FIBRA**	**FINURA**
Mohair *(esquila dos veces al año)*	½ año crece 10-15 cm 1 año crece 20-30 cm	Kid 23-27 micras Young Goat 29-33 micras Adulto 33-37 micras
Cachemira *(Esquila Una vez al Año)*	Fibras Finas 2.5 a 9 cm Fibra Gruesa 4-20 cm	Para fibras finas China, Mongolia 14.5-16-5 micras

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

		Irán 17.5-19.5 micras
Llama *(Esquila cada dos años)*		Llama Q´ara 32-35 micras Llama Chaku 26-28 micras
Alpaca *(Esquina Una vez al Año)*	Para Peinado >7.6 cm Para Carda < 7.6 cm	Extrafina 21-29 micras Fina 24-29 micras Gruesa > 30 micras
Vicuña *(Esquila cada dos años)*	Promedio de Longitud de fibra 2.03-4.52 cm	Vellón 12.5 micras Cuello 13.28 micras Extremidades 14.68 micras

Fuente: POCA – UNAML (1982), curso técnicas textiles

La fibra proveniente de los animales de la familia camélidos, llegan a representar dentro de las fibras especiales, apenas el 10.25 % (Velarde, R. 1996). Esto los ubica dentro de las fibras raras y escasas, ya que sus niveles de producción no son significativos. Por lo tanto, la potencialidad que tiene la comercialización de este producto es favorable especialmente el de la vicuña quien logra términos de negociación muy altos.

Tabla 5: Comparativo de Precios de Fibras especiales

Fibra	**Precio USD/kg**
Mohair	Grasienta: Kid $6.52 (1) Young Goat $4.70 Adulto $4.35
Cachemira	Grasienta: Año 1990: $62.00 Año 1993: $29.00 Descerdada Año 1990: $116.00 Año 1993: $38.00
Alpaca	Grasienta: Extrafina: $3.60 Fina: $2.50

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Vicuña	Gruesa: $1.00 Grasienta: Año 2010: $315.00 Descerdada y Lavada: Año 2010: $680.00

Fuente: Business Technology Association 2016
Wool Record, November 1996, Wool Record, June 1996, ENCI, Octubre 1996
Ministerio de Agricultura del Perú

Las fibras especiales se caracterizan por poseer un vellón mixto o sea que tienen un manto inferior de fibras finas y un superior de pelos gruesos relativamente planos y de mayor longitud (Carpio, 1981). El porte, finura y resistencia de estas fibras son características que determinan las ventajas y bondades de esta materia prima destinada al uso textil y la confección de prendas de alto valor. Tanto la Cachemira como las fibras finas de los camélidos silvestres se producen en vellones denominados de «doble capa» o heterogéneos, ya que las fibras finas y valiosas se presentan mezcladas y debajo de una cobertura de pelos largos y gruesos sin valor. Cuanto mayor es la proporción de fibras finas valiosas en el vellón y cuanto más finas sean esas fibras, mayor será la calidad del vellón (Sacchero, D.M.; Mueller, J.P. 2005).

Ilustración 7: Fibras Especiales de Origen Animal

ANIMAL	**IMAGEN**	**VELLON (IMAGEN)**
MOHAIR		
CACHEMIRA		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LLAMA		
ALPACA		
VICUÑA		

Fuente: Informe preliminar de limpieza y descerdado de fibra de vicuña CONACS 1996

Dentro de los camélidos sudamericanos la vicuña tiene una fibra bastante fina compitiendo en el mercado por características y propiedades que la hacen única. Para poder apreciarla de una mejor manera se pone en consideración el siguiente cuadro:

Tabla 6: Características de la fibra de Vicuña

FACTORES	**CALIFICACION SEGÚN TIPO DE FIBRA: VICUÑA**
CARACTERISTICAS BÁSICAS	
- Longitud (cm)	02 – 04
- Diámetro-finura (micras)	10 – 14
PROPIEDADES INTRÍNSECAS	
- Longitud	Aceptable
- Finura de fibra	Muy Bueno
- Regularidad longitud	Aceptable
- Regularidad diámetro	Aceptable
- Gama de colores naturales	Aceptable
- Brillo	Bueno
- Suavidad al tacto	Muy Bueno
- Densidad (ligereza)	Aceptable

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Poder Aislante	Bueno
- Transpirabilidad	Bueno
- Resistencia al fuego	Bueno
COMPORTAMIENTO MECÁNICO	
- Resistencia a la tracción	Bajo
- Elasticidad	Aceptable
- Flexibilidad	Muy Bueno
CUALIDADES TRANSFERIDAS AL PRODUCTO FINAL	
- Brillo	Bueno
- Suavidad al tacto	Muy Bueno
- Facilidad al lavado	Bajo
- Consistencia de ligado	Bajo
FACILITADO PARA INDUSTRIALIZACIÓN	
- Para hilador	Bueno
- Para tejedor	Bueno
- Para tintorero	Bajo
- Para acabador	Aceptable

Fuente: D.F. BYZKAIA Lima, Marzo de 1999

LA FIBRA DE VICUÑA.

De acuerdo FIA (Fundación para la innovación Agraria) del Ministerio de Agricultura de Chile indica que: La vicuña presenta una de las fibras de origen animal más finas del mundo y junto a las del antílope tibetano (shahtoosh), cabra (mohair y cachemira), camellos (dromedario y bactriano) y los otros camélidos sudamericanos (guanaco, llama y alpaca), forman actualmente el mercado de fibras finas especiales. Se las utiliza como insumo para la confección de telas y prendas de vestir de alta calidad, con una demanda concentrada, principalmente, en Italia, Inglaterra, Alemania, Japón y Estados Unidos.

La fibra de vicuña, fibra proteica, se caracteriza por su color marrón claro cuya denominación en el mercado es el de "canela" el cual se puede observar en la parte dorsal y lateral del cuerpo, a lo largo del cuello y en la porción dorsal de la cabeza.

Tabla 7: La Vicuña

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: Zoológico de tienda Incalpaca TPX S.A.

Para determinar las características de la fibra y su proceso de teñido empezare con el análisis de su estructura química y luego con las propiedades que tienen la fibra para ser teñida.

Su estructura Química:

Ya mencionado en el proyecto de la tesis, voy a traer algunas ideas acerca de la fibra y su composición y realizar el análisis de las condiciones que debe presentar una fibra textil para ser teñida. Una de las condiciones y principal, de acuerdo a las nombradas por el especialista de la planta de tintorería Ing. Martín Sánchez, de la empresa Incalpaca TPX S.A. es "Para que una fibra proteica pueda ser teñida debe presentar dentro de su composición química **Cutícula** que es la capa externa de la fibra, principal elemento para poder teñirla, mientras que una fibra presente dentro de su composición este elemento está se podrá teñir".

Esta fibra es un pelo fino flexible, que cubre todo el cuerpo de la vicuña y los camélidos sudamericanos en general y como tal es una estructura organizada formada principalmente por una proteína denominada **Queratina**. Ella está formada por los siguientes aminoácidos: Alanina, Arginina, Ácido Aspártico, Cistina, Glicina, Ácido Glutámico, Histidina, Hidroxilisina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Prolina, Serina, Treonina, Triptofano, Tiroxina y Valina.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En su origen la fibra de vicuña es similar a otros tejidos de la piel como el cuero, uñas, cascos. Al igual que estos, la parte que crece sobre la piel es un tejido muerto que corresponde a la fibra madura y keratinizada. Generalmente se ha podido determinar que las fibras de mayor grosor y más largas son meduladas y se originan en los folículos primarios, mientras que las fibras más finas y de menor tamaño nacen en los folículos secundarios. Su composición química está basada en cinco elementos químicos: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre. Los cuatro primeros son elementos que se encuentran en todos los aminoácidos que conforman la fibra mientras que el azufre solo forma parte de la Cistina y la Metionina. Estructuralmente se puede diferenciar tres capas: la cutícula, corteza y médula (Wool Handbook 1963).

La Cutícula.

(VENERO O, 2011) Es la capa externa de la fibra. La componen células planas de forma poligonal superpuestas a manera de escamas. Esta característica es propia de las fibras animales más no así de las vegetales. La dirección que siguen estas células es que siempre apuntan hacia arriba. Sus ordenamientos producen el poder de afieltramiento, característica que hacen que las fibras se traben unas con otras formando de esta manera un hilo resistente y elástico. A mayor finura, menor número de escamas. La fibra fina presenta de 97 a 98 escamas por milímetro de longitud, mientras que la gruesa de 101 a 106 escamas por milímetro.

La Corteza.

(Wool Handbook 1963) Es la parte que forma el cuerpo de la fibra y la constituyen células de 400 micras de longitud promedio y de 2 a 4 micras de grosor, las cuales forman fibrillas orientadas longitudinalmente y tiene en su centro residuos de un núcleo celular.

La Médula.

(Wool Handbook 1963) “Es la parte central de la fibra y sólo es frecuente en las fibras gruesas”. En la fibra de vicuña según Solari (1977) se encontró un porcentaje muy bajo de fibra medulada, correspondiendo a fibra gruesa y muy poco a la fibra fina la cual no

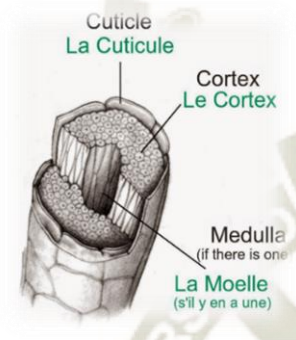
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

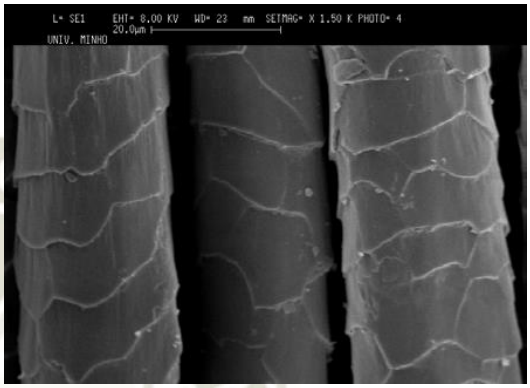
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

presentaba médula. Según reportes de la industria textil las fibras que presentan medulación no son apreciadas ya que estas se vuelven quebradizas en la hilatura y no se tiñen en su totalidad, pues hay menos corteza la cual pueda absorber el tinte.

Ilustración 8 : Vista del Corte Transversal de la fibra de vicuña y Vista Longitudinal de la fibra





Fuente: Ciencias Textiles; programa de textilización sexta edición. Ing. Francisco Mejía, Norma AATCC

La fibra de vicuña, siendo su origen proteico al igual que las demás fibras animales, está condicionada por una serie de factores de origen genético y de medio ambiente. Ello moldea de esta forma su crecimiento y características físicas. De igual forma, se ha comprobado que la longitud de las fibras de vicuña está dada por la velocidad con que la producen los bulbos pilosos mediante la proliferación celular gobernada genéticamente y mediante efectos medioambientales. Esta velocidad de crecimiento guarda relación estrecha con el diámetro de la fibra, pues las más finas emergen en la piel con más lentitud que las gruesas.

Es necesario notar que el diámetro o finura determina considerablemente la calidad del producto final al igual como la longitud condiciona el proceso a que conviene someterlo. Haciendo una evaluación de la fibra de vicuña, se ha determinado que la fibra de la parte dorsal del animal es la más pareja en cuanto a diámetro y longitud, mas no así la fibra que está ubicada a la altura de las costillas, muslo, brazo y cuello. Estas presentan mínimas diferencias con relación a la descrita anteriormente. (Carpio M. 1978)

Comentario aparte, merece citar que las fibras artificiales son fabricadas de acuerdo a las exigencias de la industria textil y exhiben mínimos coeficientes de variación constituyendo de esta manera una ventaja sobre las fibras naturales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estudios realizados en los últimos años han determinado y confirmado que la fibra de vicuña a nivel nacional tiene en promedio una longitud de 3.28 cm. (2.85 a 4.17) y un diámetro de 13.5 micras (Vilcanqui, H. 2008) lo que la hace la más fina entre las naturales. Su resistencia es aproximadamente 10% inferior a la de la oveja. Los pelos blancos alcanzan su máxima longitud en el mechón pectoral alcanzando estos unos 18 cm. en promedio, variando de 13 a 26 cm.

El vellón es el conjunto de fibras conformado por un manto casi uniforme tanto en longitud como diámetro, ubicado en la parte dorsal, costillas, muslos, paletas y segmento inicial del cuello de estos ejemplares. Además, este vellón está conformado por dos capas de fibra: la externa, formada por fibras gruesas y largas con médula, originadas en los folículos pilosos primarios; la interna, de fibras finas y cortas sin médula originadas en los folículos secundarios, los cuales son colectivos de unos 15 pelos en cada uno. Su densidad folicular es de 78 % por milímetro cuadrado de piel, con una longitud promedio de 3.8 cm. Las cerdas o pelos gruesos miden un diámetro promedio de 36 micras, lo que equivale al triple del diámetro de las fibras finas, superando en longitud a la mecha corta y fina. Las cerdas son de un color semejante a las fibras y por lo general tienen presencia medular continua. Vilcanqui (2008) encontró que la inclinación de la fibra de vicuña va en dirección de la cabeza hacia la cola en la región superior, desviando este sentido hacia abajo a medida que se aleja de la línea dorsal media del animal presentando un ángulo de inclinación promedio de 35. 82º y 33. 32º en la espalda y costillas respectivamente. Es preciso mencionar que el crecimiento de la fibra varía según la edad y género, siendo más intenso mientras es más joven; y mayor en machos que en hembras a la misma edad. También se determinó que la gestación y la lactancia disminuyen el crecimiento de la misma, variando el diámetro debido a que estas requieren de una mayor alimentación. (Villarroel J.)

La mayoría de las características de la fibra de vicuña son propias de la especie y genéticamente están fijadas o provocadas por las condiciones del hábitat, por lo tanto, resultan inalterables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Propiedades de la Fibra de Vicuña.

La fibra de vicuña es la más fina, pero también tiene fibras gruesas. Ambas tienen características que las hacen únicas, siendo estas las siguientes:

Propiedades Físicas.

La fibra que tiene la vicuña, son pelos finos de tipo mixto. El 10% de todos ellos son gruesos. La fibra está compuesta por escamas cuyos bordes son suaves y forman un mosaico irregular medulado de tipo coronal. Las células cuticulares que forman las escamas son muy pequeñas y apenas visibles teniendo poco poder fieltrante. (Lozada G.)

La fibra de vicuña generalmente no tiene médula, pero esta aparece en fibras con un grosor de 30 micras a más.

Finura.

(Venero O, 2011) La fibra de vicuña tiene diferentes grosores las cuales van desde 6 hasta 35 micras. El promedio general es de 13.5 micras en las vicuñas de nuestro país, pero también existen pelos gruesos, llamados cerdas teniendo un grosor de 30, 50 o más micras de diámetro. La mayoría de los autores admiten un incremento del diámetro de la fibra en condiciones alimenticias óptimas, mientras hay una reducción cuando la nutrición es deficiente. De igual forma las enfermedades y parasitismo pueden afectar desfavorablemente a la finura de este recurso.

En el artículo (Características tecnológicas de la fibra de vicuñas en semicautiverio de la Multicomunal Picotani -Región Puno, Quispe J.,2018) El promedio general del diámetro de fibras descerdadas de las vicuñas fue 12.77 ± 0.52 µm, con una amplitud de 11.67 a 14.15 µm, y una variabilidad del 4.54%. El factor sexo no influyó significativamente, mientras que las fibras de las crías presentaron el menor diámetro, siendo estadísticamente diferente al diámetro de las fibras de las vicuñas juveniles y adultas ($p<0.05$).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 8 : Finura de la Fibra de Vicuña por sexo y clase de animal

Factor	N°	Promedio + DE	CV %	Valores extremos
Sexo				
Machos	48	12.755+0.580	4.54	11.67 – 14.15
Hembras	48	12.719+0.398	3.13	11.81 – 12.94
Clase				
Cria	32	12.359+0.352	2.84	11.81 – 12.94
Juvenil	32	12.856+0.442	3.43	11.67 – 13.55
Adulto	32	12.999+0.447	3.43	12.22 – 14.15
Total	96	12.771+0.516	4.54	11.67 – 14.15

Fuente: Instituto de Investigación y Promoción de los Camélidos Sudamericanos IIPC-UNA, Puno, Perú

Tacto.

La fibra de vicuña es sumamente fina para el tacto, la apreciación se da por el frote de la fibra por los dedos de las personas-

Lustre o brillo.

Las fibras de camélidos sudamericanos están catalogadas como brillantes y/o mates. Las primeras se pueden notar en alpaca Suri y llamas Chaku mientras que las segundas se pueden observar en la fibra de vicuña.

Ilustración 9: Vellón de la fibra de Vicuña, Color Natural

Fuente: imagen fotográfica de la empresa Incalpaca TPX

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Color

(Venero O, 2011) Las vicuñas presentan colores naturales entre los blancos y los cafés claros, predomina el color característico de camélido el denominado color "Canela".

Ilustración 10: Esquila de la Vicuña; Colores Naturales

Fuente: Zuñiga Velando Marco, La vicuña y su manejo Técnico 2007

Longitud.

(Venero O, 2011) La velocidad del crecimiento de la fibra obedece a un carácter netamente genético, el cual no se da de una manera ilimitada, sino hasta un límite fisiológico, influido probablemente por un aporte nutricional. Las fibras finas de la vicuña tienen una longitud de 3.8 centímetros como promedio, pero existen otras que llegan incluso a los 10 centímetros. (Comunidad campesina de Pinaya – Cusco). Existe una relación fenotípica entre longitud y finura de la fibra siendo esta de r = 0.87. De aquí se puede afirmar que a mayor longitud mayor diámetro. Sin embargo, existen numerosos estudios en los cuales demuestran que no hay correlación entre longitud y diámetro en la fibra de vicuña.

Tabla 9 : Longitud de Fibra (cm) de Vicuña por Sexo y Clase de animal

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Factor	N.°	Promedio ± DE	CV (%)	Valores extremos
Sexo				
Machos	48	4.13 ± 0.53[a]	12.96	3.16 - 5.27
Hembras	48	4.06 ± 0.55[a]	13.46	2.80 - 5.03
Clase				
Cría	32	4.22 ± 0.28[b]	6.61	3.60 - 4.66
Juvenil	32	4.57 ± 0.27[a]	5.89	3.95 - 5.27
Adulto	32	3.50 ± 0.34[c]	9.81	2.80 - 4.15
Total	96	4.10 ± 0.54	13.16	2.80 - 5.27

[a,b,c] Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)
DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variabibilidad

Fuente: Instituto de Investigación y Promoción de los Camélidos Sudamericanos IIPC-UNA, Puno, Perú

Ilustración 11 : Longitud de Fibra de Vicuña

Medición de longitud de fibra.

Fuente: Zuñiga Velando Marco, La vicuña y su manejo Técnico 2007

Resistencia.

(venero O, 2011) La resistencia que tiene la fibra de vicuña al estirarse, se encuentra entre los 15,000 y 17,000 lbs/m^2 lo que constituye una cualidad apreciada por la industria. Esta fibra según su resistencia, soporta adecuadamente los procesos de lavado, secado, cardado, peinado e hilado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Peso específico.

(Venero O, 2011) La fibra de vicuña tiene 1.31g/cm^3 la cual la posesiona como una de las más livianas permitiendo la fabricación de telas suaves, elásticas y térmicas.

Higroscopia.

(Venero O, 2011) Esta propiedad consiste en la capacidad de la fibra en absorber agua y retenerla alcanzando a veces un notable incremento de peso, por tanto, se recomienda tener en consideración este hecho para todas las operaciones de rendimiento, ya que puede haber marcadas variaciones de peso por el agua retenida. Factor controlado principalmente las áreas de tintorería y acabados.

Rizo.

(Venero O, 2011) Todas las fibras de vicuña presentan rizo, pero casi en su totalidad este es desordenado e incluso pasa por desapercibido. Se ha podido apreciar en algunos ejemplares especialmente de la comunidad de Lucanas que el rizo es uniforme en todo el vellón, especialmente la fibra proveniente de la parte dorsal del animal cuya onda es muy pareja. Según apreciaciones de ingenieros textiles, esta fibra sería la ideal para confeccionar telas mucho más finas y resistentes.

Según Brown y Onions (1962) el rizo que se forma en la fibra, ya que es consecuencia de diferentes velocidades de crecimiento en la corteza a partir de un folículo estático.

Resistencia a la compresión.

La compresibilidad se mide colocando la fibra en un cilindro y presionándola con un pistón. El volumen que adquiere bajo esta presión se relaciona con la resistencia a la compresión. Aunque recién se está experimentando con esta medida, se sabe que el resultado tiene que ver con el tipo y cantidad de ondulaciones por pulgada, lo cual da una indicación de la suavidad, resistencia y esponjosidad de la fibra. Se mide en Kpa (Kilos – Pascales) y los valores menores a 4 Kpa. indican poca capacidad de recuperación, por lo tanto, aquellas fibras no son recomendables para su uso. (J. Mueller e L. Duga).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Rendimiento al lavado.

(Venero O, 2011) Es el peso seco de la fibra de vicuña y la presencia mínima de materia vegetal obtenida después del proceso de lavado, enjuagado y secado expresado en porcentaje de acuerdo a su peso seco inicial de fibra bruta recién esquilada. El rendimiento al lavado es del 87% considerándosele una fibra limpia ya que, a diferencia de la lana del ovino, esta tiene un rendimiento del 50 al 85%.

Reacción a la Temperatura

(Lockuán F, 2013) Dentro del proceso de las fibras proteicas con la variable temperatura y su reacción frente a cambios de está, por definición, no sufren daño a 100°C, adapta nuevamente sus propiedades naturales al encontrarse ya en condiciones normales; pero al pasar los 130°C se descomponen con emisión de vapores amoniacales y adquieren una coloración amarillenta, a los 170°C desprenden vapores sulfurados y temperatura mayores a 300°C se carboniza,

Es importante mencionar las características de la fibra de este camélido que han sido descritas por diversos autores en Argentina y Chile; por ejemplo, Bustinza (1981) señala que el peso del vellón que se ha registrado en Argentina ha sido de 191,74 gr. (D.E. 5,94) y Rebuffi (1999), de 359 gr, en un total de 601 vicuñas. En Chile, el peso promedio de las esquilas realizadas por CONAF (1988 a 1995) ha sido de 198,94 gr. (esquila parcial); con esquila total el peso del vellón aumenta a 200 a 250 gr. El largo de la fibra, descrito en Argentina, oscila entre 2,4 y 4,8 cm. En Chile el largo total observado ha sido de 3,19 cm (D.E. 9,5) de acuerdo a distintos autores (CONAF-FIA, 2002). La longitud promedio mínima para su uso en hilado peinado y/o cardado es de 2,5 cm, considerando fibra descerdada, es decir, que se le han extraído las cerdas o pelos medulados. Respecto del diámetro de la fibra, diversos autores informan valores entre 10,4 a 16,2 µ, con un promedio de 13,3 (D.E. 1,5). En el marco de los proyectos precursores CONAF-FIA, (2002), se observó que en 207 animales muestreados su promedio es de 13,71 micras (D.E. 0,87). La integridad de la fibra es un componente de su calidad y esta condición se da a partir de un manejo adecuado tanto en el animal como en las actividades que se desarrollan para la obtención del vellón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Propiedades Químicas.

Acción de los ácidos sobre la fibra

(Lockuán F, 2012) Un ácido es cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. Los principales ácidos usados son:

- ✓ Ácido sulfúrico HZSO4.
- ✓ Ácido clorhídrico (ácido muriático) HCl.
- ✓ Ácido acético CH3-COOH (CZH4OZ).
- ✓ Ácido fórmico H-COOH (0H202).
- ✓ Ácido nítrico HN03.
- ✓ Ácido oxálico HOOCCOOH.

Generalmente son empleados para regular el pH de los baños para determinados procesos de preparación, teñido, estampado y acabado.

Los ácidos en solución no dañan a la fibra de vicuña, ni tampoco los ácidos orgánicos volátiles como el fórmico y el acético, los ácidos en concentración como el sulfúrico, clorhídrico, y nítrico atacan directamente a la fibra de vicuña dañándola en su estructura.

Acción de los álcalis sobre la fibra

(Lockuán F, 2012) Los álcalis son óxidos, hidróxidos y carbonatos de metales alcalinos". Se oponen a los ácidos y reaccionan con éstos, por lo que no se usan en la misma receta. Los principales álcalis empleados son:

- ✓ Hidróxido de sodio (soda cáustica) NaOH.
- ✓ Carbonato de sodio Na2003.
- ✓ Amoníaco NH3.
- ✓ Fosfato trisódico Na3PO4.

Se emplean en recetas de descrude, blanqueo y teñido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Acción de las Sales sobre la fibra.

(Lockuán F, 2012) Son compuestos químicos formados por cationes (iones con carga positiva) enlazados a aniones (iones con carga negativa). Son el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión. Algunas sales empleadas son:

- ✓ Sulfato de sodio (sal de Glaubert) NaZSO4.
- ✓ Cloruro de sodio NaCl.
- ✓ Sulfato de amonio (NH4)ZSO4.
- ✓ Bicromato de potasio K2Cr207.
- ✓ Sulfato de cobre (Il) CUSO4.

Las sales son usadas principalmente en los procesos de tintura, como electrolitos.

Propiedades Biológicas.

(Lockuán F, 2012) Las fibras proteicas presentan cierta resistencia al ataque de bacterias y los hongos, sin embargo, suelen aparecer en los tejidos en forma de manchas. En caso de los insectos es necesario aplicar determinados productos químicos y también para evitar que las prendas emanen desagradable olor debido a la exudación de ceras naturales.

CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS DE VICUÑA

Según (Venero O, 2011, pág. 52,) en su informe "La fibra de Vicuña y su trabajo en talleres de clasificación. La fibra de vicuña, debido a su finura, suavidad y elasticidad, se clasifica de acuerdo a su longitud y grado de limpieza, requisitos indispensables para poder competir con otras a nivel mundial. Para ello, es necesario describir básicamente sus particularidades.

Por su tamaño.

(Venero O, 2011) Existe la fibra larga destinada principalmente para la elaboración de tejidos planos, mientras que la fibra corta es usada para productos artesanales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fibra larga convencional:

Es aquella que mide más de 2.5 cm. de longitud y cuyo diámetro está entre las 12 y 14 micras.

Fibra corta:

Es la que tiene menos de 2.5 cm. de longitud, debido a una mala selección de vicuñas a esquilar, doble corte en la esquila y en la fase del predescerdado.

Por su condición.

(Venero O, 2011) Es cuando se toma en consideración la limpieza del vellón, el cual es exportado sin bragas y en forma de fibra pre-descerdada, ya que en la actualidad no se cuenta con maquinarias necesarias para obtener fibra descerdada. - Fibra sucia: Es la obtenida inmediatamente después de la esquila del animal. - Fibra pre-descerdada: Es aquella a la cual se le separa las bragas, fibra corta, cerdas blancas y cerdas más notorias, además de restos vegetales y material inerte. - Fibra descerdada: Es la que se ha eliminado todo resto de pelo grueso o cerda.

Desde que se iniciaron las primeras esquilas de vicuñas con fines experimentales, se pudo notar que las fibras que conformaban el vellón tenían diferentes medidas y grosores, de acuerdo a las zonas corporales de donde provenían. La fibra de la parte dorsal o del lomo del animal es la más uniforme en cuanto a longitud y grosor, teniendo en igual forma una cantidad muy marcada de fibras gruesas. Esta fibra está constituida por fibras finas con un promedio de 13.0 micras de grosor y otras gruesas, con diferentes coloraciones y longitudes. A estas fibras gruesas se les denominó cerdas y tenían una relación de 1:11. O sea, por cada cerda, existen 11 fibras finas. Desde que se reglamentó la comercialización de la fibra de vicuña, todo lo descrito correspondió a la denominación de fibra “A”, la mejor y la más uniforme (Venero O, 2011).

(CONACS, 2006) En cuanto a la fibra obtenida de los flancos o zona de las costillas del animal, esta tiene un ligero engrosamiento casi imperceptible y una menor longitud, además cuenta una mayor presencia de fibras gruesas blancas, lo que rompe la homogeneidad del vellón. Cosa parecida ocurre con la fibra proveniente de las paletas y muslos. En cuanto a la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

parte inicial del cuello, mediciones de longitud y grosor de esta fibra demostraron que los parámetros obtenidos se asemejaban y en otros coincidían con los que tenía la fibra proveniente de la parte dorsal del animal.

Ilustración 12 : Composición del Vellón de Vicuña

Fuente: Fotografía CONACS 2006

Es importante mencionar que la industria textil a nivel mundial, también tiene un sistema de clasificación donde determina tres calidades: (Venero O, 2011)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 13 : Clasificación de la fibra de Vicuña

Fuente: Incalpaca TPX

Primera.

Es la fibra descerdada con un contenido inferior al 1% de fibra de más de 30 micras. Esta fibra debe de tener una longitud promedio normal de 3 cm. aproximadamente.

Segunda.

Es la que se denomina generalmente como fibra corta y por lo tanto es difícil su descerdado, a parte que no se puede hilar fácilmente.

Gruesa.

Fibra larga de más de 4.5 cm. y con un diámetro promedio de 30 micras de finura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 14 : Clasificación de la Fibra de Vicuña

CLASIFICACION DE FIBRA DE VICUÑA SEGÚN LA INDUSTRIA TEXTIL

FIBRA PRIMERA	
FIBRA SEGUNDA	
FIBRA GRUESA	

Fuente: CONACS 2006

En la tabla N°10, cuadro importarte por el rendimiento comparativo con otras fibras especiales, donde se aprovecha el 90% de la esquila fibra de vicuña.

Tabla 10 : Comparativo del Vellón de Vicuña con otras Especies

ESPECIES	**COMPOSICIÓN DEL VELLON**	
	Fibra Fina (%)	Fibra Gruesa (%)
Mohair	74%	26%
Cachemira	80%	20%
Llama	80%	20%
Alpaca	88%	12%
Vicuña	90%	10%

Fuente: Informe preliminar de limpieza y descerdado de fibra de vicuña CONACS 2006

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TEÑIDO DE FIBRAS PROTEICAS

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.

Constitución Química de Colorantes

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

Cromoforos.

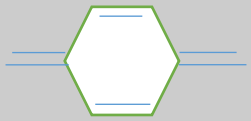
Mirco, (1990). Son potencialmente responsables del color. Se trata de un solo átomo y no de un grupo de átomos, ya que coordinadamente no está saturado ni ionizado, un Cromoforo es una región molecular donde la diferencia de energía entre dos orbitales atómicos cae dentro del rango del espectro visible.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

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 11: Grupo de cromoforos

Cromoforos	**Nombre**	**Estructura**
Fuertes	Quinoide	
	Azo	- N=N-
	Nitroso	-N=O
	Doble enlace Carbono - Carbono	=C=C=
Débiles	Compuesto Nitroso	-NO2
	Aldehídos, Cetonas y esteres	=C=O

Fuente: Escobedo, (1999).

Auxocromos.

Mirco, (1990). Son los que desarrollan la capacidad de brindar color de los grupos cromoforos. 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 sinfónico, grupo carboxílico, grupo hidroxílico y grupo amínico. El grupo sinfónico 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 cuadro siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 12 : Grupo de Auxocromos

NOMBRE	**ESTRUCTURA**
Hidroxilo	-OH
Amina Primaria	-NH
Amina Secundaria	-NHR
Amina Terciaria	$-NR_2$
Sinfónico	$-SO_3H$
Carboxilo	-COOH

Fuente: Escobedo, (1999).

Colorantes Para el Teñido de Fibras Proteicas.

Colorantes Ácidos

(Cegarra J, 2004) Dentro de ellos encontramos a los colorantes sandolan que son los requeridos en el proceso de teñido de fibra de alpaca. Son aplicados en baños débilmente ácidos pH 4 - 4,5. Principalmente es una característica distintiva de estos rangos es que se puede conseguir una alta calidad en igualación en el teñido, estos colorantes tienen excelentes propiedades de compatibilidad en combinación. Los colorantes Sandolan son particularmente apropiados para teñir hilados y piezas, en condiciones permitidas dan buenos acabados, con un acabado blando, suave y voluminoso al tacto.

Colorantes Sandolan Batan.

(Cegarra J, 2004) Los colorantes Sandolan Batan son utilizados desde una solución neutra hasta una solución débilmente ácida, hasta encontrar el color adecuado o matiz brillante, aunque estos son igualmente muy usados como elementos de abrillantado de teñido acompañándolo con un colorante de complejo metálico 1 :2 tiene rangos extremadamente altos de colores fijos y estables, estos son a menudo teñidos en tricromías de la misma gama, o de lo contrario mezclados en combinación binaria.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Colorantes Tectilon

(Ciba Specialty Chemicals, 2001) Estos colorantes ácidos son los más versátiles de su clase para poliamidas Nylon 6 y 66 por ser los más adecuados para este tipo de fibras. Los colorantes Tectilón son notables por su muy buena igualación y por sus propiedades particulares adecuadas para producir tonos tricomáticos.

Colorantes De Complejo Metálico

(Lockuán F, 2012) Son colorantes modificados de complejo metálico 1:2, se caracterizan por su elevado nivel de solideces y sus propiedades colorísticas dentro de ellos tenemos a los colorantes Lanaset.

Sistema de tintura, protector de la fibra a pH 4,5

Mismo procedimiento de tintura para matices intensos, tiene una gama compacta de 15 colorantes y un amplio espectro de matices

Elevado grado de agotamiento de las tinturas.

Tiene como ventajas más importantes: conservación de la calidad de la lana, método de trabajo sencillo, flexibilidad para cubrir las cambiantes necesidades del mercado y buena reproducibilidad de las fórmulas de laboratorio a la práctica industrial.

Colorantes Reactivos

(Lockuán F, 2012) Estos colorantes reactivos son específicamente formulados para fibras proteicas, son usados continuamente en estampados fuertes y en Tintorería en teñidos para producir matices extremadamente claros, estables y sobresalientes. Los colorantes Lanasol son colorantes azóicos o antraquinónicos que contienen grupos sulfónicos y 1 ó 2 grupos reactivos del tipo bromo-acrilamida, Estos colorantes se emplean en baño débilmente ácido al cual se añada albegal B. La cantidad de colorante es muy elevada y la unión es irreversible explicando así su buena reproducibilidad y solideces excelentes a los tratamientos húmedos.

Son la primera clase de colorantes que reaccionan con la fibra formando un enlace covalente. Estos colorantes son preferentemente utilizados en la tintura de fibras de carácter celulósico, pero también son utilizados en la tintura de fibras proteicas y poliamídicas. Desde

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

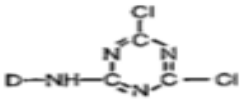
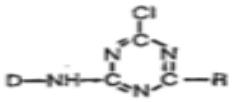
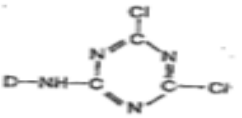
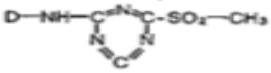
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

su introducción al mercado en 1956, su desarrollo y aceptación ha sido lenta por su dificultad para la obtención de tinturas parejas y fijación covalente completa. Recientemente se ha logrado alcanzar éxito con la introducción al mercado de colorantes con grupos reactivos apropiados, el empleo de productos auxiliares para este fin y un mejor conocimiento de los parámetros de tintura. (Lockuán F, 2012)

Colorantes Reactivos para Fibras Proteicas.

(Lockuán F, 2012) Las moléculas de estos colorantes se componen básicamente del parte cromógeno y de un grupo reactivo responsable de la unión covalente y estable con las fibras. Los grupos reactivos conocidos hasta hoy actúan en principio según una de las dos posibilidades siguientes: por sustitución de un grupo halógeno o por adición a una doble ligadura.

Ilustración 15: Grupos Reactivos de algunos Colorantes existentes

Nombre de los colorantes	*Compañía*	*Fórmula*	*Grupo reactivo*	*Año*
Remalán	Hoechst	$D—SO_2—CH_2—CH_2—O—SO_3H$	Vinil Sulfona	1953
Cibalán brillantes	CIBA	$D—NH—CO—CH_2—Cl$	Monoclorotriacínicos	1954
Proción M	ICI		Diclorotriacínicos	1956
Proción H	ICI		Monoclorotriacínicos	1957
Cibacrón	CIBA		Monoclorotriacínicos	1957
Drimarén	Sandoz		Diclorotriacínicos	1960
Reactone	Geigy		Diclorotriacínicos	1960
Procilán	ICI	$D—NH—CO—CH=CH_2$	Premetalizado acrilamido	1964
Lanasol	CIBA	$D—NH—CO—C(Br)—CH_2$	Acrilamido	1966
Levafix P.	Bayer			1967
Lanafix	Sumitono	$D—CH_2—NH—CO—CH_2—CH_2$ $HO_3S—C—CH_2—CH_2—SO_2$		1967

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: Estudio de los colorantes Lanasol, Ascensión, Riva, 1972

PROCESO DE TINTURA.

Definición de Tintura:

Según el autor (Lockuán F, 2012), La Tintura es el proceso en que la materia textil al ser puesta en contacto con una solución colorante, absorbe éste de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño. Entorno a esta definición de tintura establecemos dos principios fundamentales:

- ✓ Que la tintura consiste en una compenetración entre colorante y fibra, que no es el recubrimiento exterior de una fibra con un colorante, sino absorción de colorante al interior de la fibra.
- ✓ Que es un proceso de efecto durable; si una fibra se destiñe fácilmente es que no ha sido teñida.

Para cumplir con un tinturado de esta calidad son numerosos los esfuerzos que se están desarrollando en la actualidad para simplificar y abreviar el procedimiento de tintura a altas temperaturas.

Proceso de Tintura de las Fibras Proteicas

El proceso de tintura convencional está determinado por el transporte del colorante desde el baño de teñido a la superficie de la fibra y la difusión del colorante a través de las regiones accesibles en la fibra de tal forma que el cuerpo tinturado presenta una resistencia a devolver la materia colorante al baño del cual la absorbió. (Lockuán F, 2012), Esta resistencia a devolver el colorante es una consecuencia de la energía de unión dependiendo a su vez de las reacciones existentes entre las estructuras moleculares de dichos cuerpos y de la forma como se ha efectuado la tintura. Esta interacción colorante-fibra, constituye una gran· complejidad de reacciones de tipo físico y químico debido a que también depende de la clase de fibra a tinturar. Según (Lockuán F, 2012) Existen tres formas o métodos de cómo los colorantes pueden ser retenidos por las fibras. Estos métodos se describen a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- ✓ Adsorción física: Con las mismas fuerzas con las cuales se atraen los colorantes a la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos posteriores de lavado.
- ✓ Adsorción mecánica: La formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra.
- ✓ Reacción en fibra: Aquí las moléculas o iones de colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de las fibras, pero en las condiciones correctas reaccionan y se ·enganchan por enlaces químicos covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras.

(Lockuán F, 2012), El proceso de teñido puede llevarse a cabo en diferentes etapas de proceso textil, es decir, en diferentes sustratos: fibras, hilos, telas y prendas. Cuando el proceso de teñido se efectúa durante las primeras etapas de proceso, por ejemplo, sobre fibras sueltas (antes de la hilandería) puede lograrse una mejor solidez del color La tintura de hilados se prefiere para la fabricación de telas listadas, a cuadros o tejidos Jacquard; este método de teñido otorga buenas solideces, pues el colorante llega hasta el núcleo de hilo. (Lockuán F, 2012), El hilo puede teñirse en forma de madejas, en bobinas (utilizando autoclaves) e incluso, si es urdimbre, se preparan plegadores perforados que son cargados en autoclaves. El teñido en pieza se lleva a cabo en varios tipos de máquinas y el material puede presentarse abierto a lo ancho o en forma de cuerda. Un buen teñido estrictamente depende de diferentes parámetros y condiciones que pueden ser evaluados inmediatamente (como la reproducibilidad) o que requieren una evaluación específica de solidez (uso, procesos en seco o en húmedo) realizada sólo por medio de pruebas posteriores en laboratorio.

(Cegarra J, 2010) Las máquinas utilizadas se eligen según el material a procesar. Los requisitos fundamentales son los siguientes:

- ❖ Protección del sustrato
- ❖ Repetitividad de los resultados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Costo del proceso (dependiendo del tiempo, grado de automatización de la máquina, relación de baño, costo de los productos utilizados y tratamiento de las aguas residuales).

(Hollen N, 2002) Hay dos métodos diferentes para transferir el colorante del baño a la fibra:

✓ ***Tintura por agotamiento (sistemas discontinuos).***

El colorante se disuelve o dispersa en el baño de teñido. El material se sumerge en el líquido de teñido y se retira solamente cuando el colorante se ha transferido mayoritariamente en el material a teñir, distribuido homogéneamente, penetrado en la fibra y fijado. AI final del proceso, el material se lava o enjuaga para eliminar la tintura colorante no fijado.

✓ ***Foulardado (sistemas continuos o semicontinuos).***

Este proceso se lleva a cabo utilizando medios mecánicos (humectación por impregnado y exprimido). El baño de teñido se distribuye homogéneamente sobre la tela (es decir, también el colorante se distribuye homogéneamente). En una segunda etapa, el colorante penetra en el tejido y se fija a continuación. AI final del proceso, el material se lava.

Teñido Por Sistema Discontinuo (Agotamiento)

(Lockuán F, 2012), Este proceso se puede utilizar para fibras, hilos y tejidos. Para transferir el colorante del baño a la fibra, El tinte disuelto en el baño se adsorbe primero, es decir, el material es teñido sólo en su superficie (el resultado en esta etapa depende del movimiento, sea del baño, del sustrato, o de ambos), luego penetra en el núcleo de la fibra (la difusión del colorante se ve afectada por la temperatura y el tiempo de tintura), y finalmente migra permitiendo así la uniformidad del teñido y su consistencia (esta fase se ve afectada por la temperatura y el tiempo). El proceso de teñido es en realidad una reacción química compleja, que se produce entre el colorante en dispersión y la fibra sumergida en la solución.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Teoría del teñido por Agotamiento

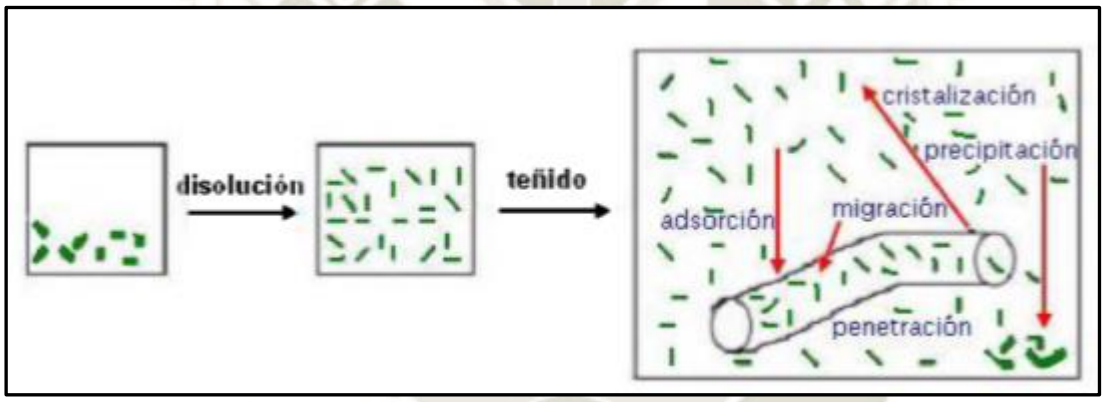
COLORANTE (S) + FIBRA $\rightleftharpoons$ COLORANTE-FIBRA

Este proceso se lleva a cabo en diferentes etapas del proceso.

Para una mejor comprensión de la teoría del teñido, se divide en varias etapas, enfocadas desde varios puntos de vista:

- Cinética: (estudio de la velocidad de reacción).
- Termodinámica: (estudio del equilibrio de reacción).
- Hidrocinética :(influencia sobre la cinética del baño y/o el movimiento del material, dependiendo de la máquina de tintura utilizada).

Ilustración 16 : Fases del Proceso de Tintura



Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

Fases Implicadas en el Proceso de Tintura por Agotamiento

Siguiendo el proceso tintóreo a nivel molecular, en la transferencia del colorante desde el baño hasta la fibra, se distinguen cuatro etapas o fases. (Lockuán F, 2012)

Primera fase (Disolución y dispersión del colorante)

En esta primera etapa el colorante, en estado sólido, se equilibra según el baño ya sea en forma molecular o en forma miscelar (agregados de muchas moléculas con buena solubilidad), o en forma de micro polvo disperso (micro cristales de moléculas de colorante poco solubles).

Un incremento de la temperatura permite un balance más rápido y aumenta la solubilidad de los colorantes (una mayor energía cinética aumenta la desintegración

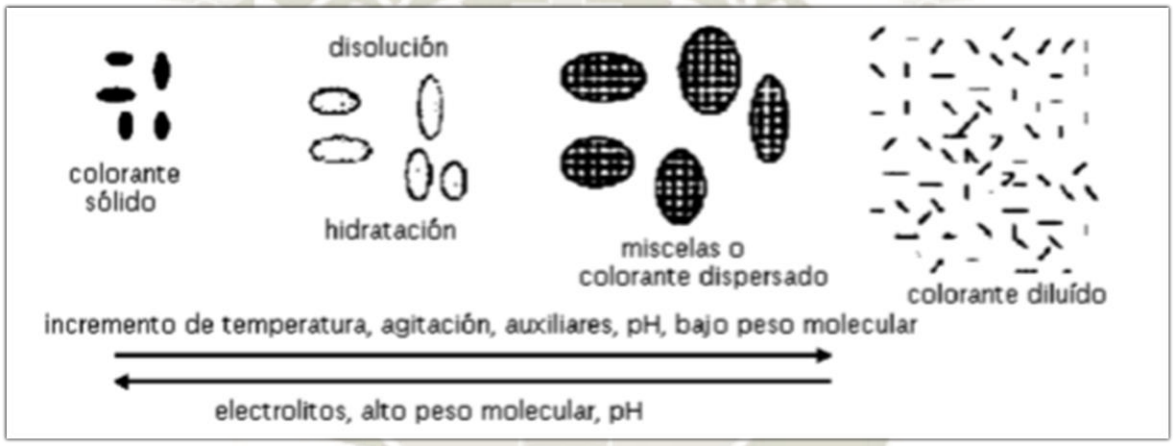
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de las micelas). La agitación favorece una rápida desintegración de las micelas. La adición de sales de sodio (cloruros o sulfatos) en cantidades considerables aumenta el agrupamiento en micelas de los colorantes aniónicos, reduciendo la solubilidad. También el pH puede afectar la solubilidad, aumentando para los colorantes aniónicos en un medio básico y para los colorantes catiónicos en un medio ácido. Un aumento en la concentración del colorante (teñido de tonos intensos, baja relación de baño) favorece la aglomeración en micelas. Algunas condiciones inadecuadas pueden originar precipitaciones y, por lo tanto, diferencias de tonalidad o reducir al agotamiento de los colorantes.

Ilustración 17: Solución de Colorantes



Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012. [2]

Segunda fase (Adsorción)

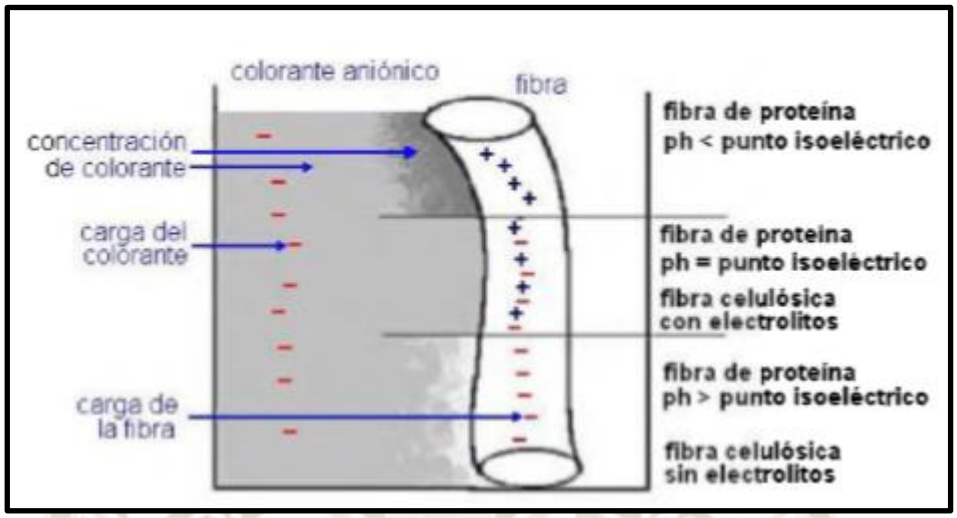
Durante esta etapa, por el efecto de la afinidad colorante-fibra, el colorante es adsorbido en la superficie de la fibra, formando de este modo enlaces químicos con ella. La afinidad, la temperatura, (a veces el pH y/o los auxiliares) afectan a las interacciones termodinámicas y por lo tanto el equilibrio de las reacciones, determinando así el grado de agotamiento del baño de tintura. Los mismos factores influyen también la velocidad de subida del colorante y por lo tanto su dispersión fluida. Esta parte puede afectar a la velocidad de teñido, que, durante esta fase, también se ve afectada por factores hidrocinéticos relacionados con las máquinas utilizadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 18 : Concentración del Colorante en el Baño de teñido



Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

Tercera fase (difusión)

Durante esta etapa el colorante, adsorbido en forma molecular por la superficie mediante la ruptura y formación de enlaces, muchas veces tiende a penetrar dentro de las fibras a través de sus zonas amorfas, distribuirse homogéneamente y fijarse continuamente.

Etapa más lenta del proceso de teñido, es extremadamente importante, pues establece los tiempos para una buena penetración, esencial para la óptima solidez, y, en consecuencia, para una buena relación costo-eficacia y excelente calidad.

Los factores fundamentales son según (Lockuán F, 2012) presenta:

- ✓ La cristalinidad de la fibra: los colorantes penetran en las fibras a través de las áreas amorfas y por lo tanto cuanto mayor es la cristalinidad, menor es la velocidad de difusión.
- ✓ El tamaño molecular del colorante: en colorantes con tamaño de molécula más grande se hace más difícil su difusión a través de las zonas amorfas.
- ✓ La fuerza del enlace colorante—fibra (afinidad): mientras más fuerte sea, más difícil será la difusión.

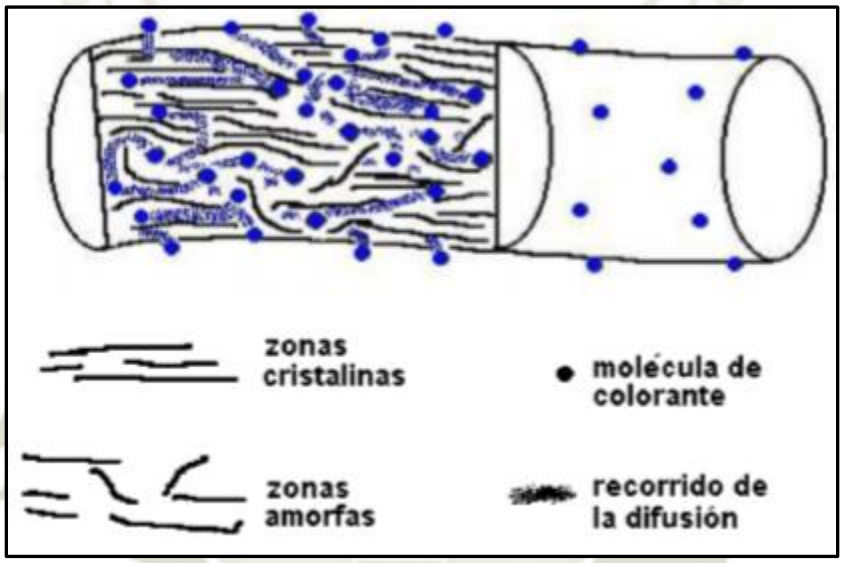
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- ✓ Temperatura de teñido: el aumento de la temperatura facilita el rompimiento del enlace colorante—fibra y libera los enlaces intramoleculares de las fibras. Esto conduce a un hinchamiento de las mismas y hace la difusión más rápida, pero al mismo tiempo reduce la afinidad y por lo tanto el agotamiento del baño (ilustración N° 19).

Ilustración 19: Penetración del Color y migración dentro de la Fibra



Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

(Lockuán F, 2012), Una concentración más alta acelera la difusión: la velocidad máxima de teñido puede obtenerse solamente manteniendo la superficie de la fibra saturada con colorante (manteniendo así el más alto grado de concentración posible), por medio de una velocidad de cambio adecuada del baño en la superficie de la fibra (condición hidrocinética).

La presencia de auxiliares que facilitan el hinchamiento de la fibra o el aumento de la concentración de colorante cerca de ella, tiende a aumentar la velocidad de difusión.

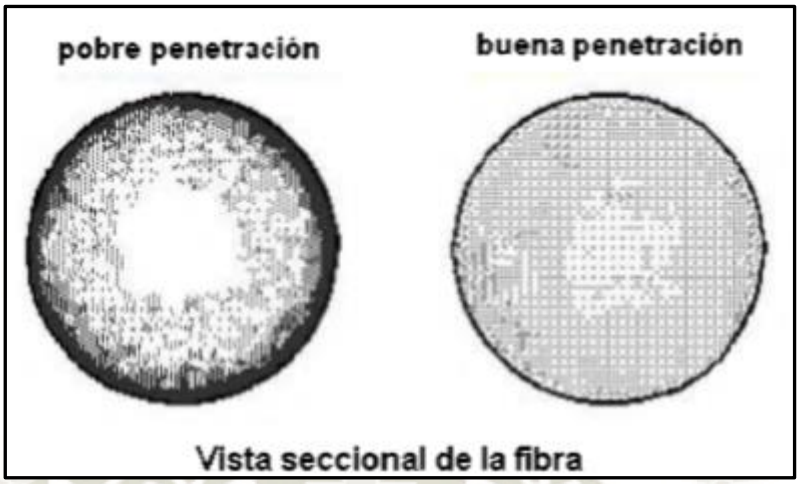
El tiempo debe ser adecuado para permitir la buena penetración de los colorantes, ya que éste es un requisito previo para el desarrollo dela máxima solidez (Ilustración 20).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 20 : Penetración del Colorante



Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

Cuarta fase (migración)

Las fases 2 y 3 se invierten en esta cuarta etapa de migración; el colorante debe difundirse hacia las capas externas de la fibra, y luego volver — siempre en solución — para migrar hacia las zonas donde haya una menor concentración, mejorando así la igualación del color.

La baja afinidad, la baja cristalinidad de la fibra, el tamaño molecular pequeño del colorante favorecerá esta fase, aunque afectan negativamente a la solidez del teñido y al agotamiento de baño. Por otro lado, una alta concentración de electrolitos facilitaría la agregación de los colorantes aniónicos, sobre todo en el núcleo de la fibra, donde el colorante está más concentrado, mejorando el agotamiento y reduciendo el fenómeno dela migración.

La migración se facilita por largos tiempos de permanencia a altas temperaturas (que conducen a mayores costos); un buen control de las etapas de adsorción y difusión, con una dispersión uniforme del colorante en cada momento del proceso de teñido, puede hacer que la etapa de migración sea superior, con un alto costo posterior de eficiencia y calidad.

Para los colorantes dispersos, las variaciones térmicas considerables y la falta de agentes de disolución coloide protectores, pueden promover el crecimiento de los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cristales de colorante que está en el material o precipitado, originando defectos de teñido y baja solidez al frote. Una agitación excesiva (bombeo) o un pH incorrecto pueden causar inestabilidad de la dispersión. (Lockuán F, 2012).

(Hollen N, 2002), Los colorante aniónicos tienden a precipitar a pH demasiado bajos, y también en presencia de agua dura o cationes de gran tamaño; los colorantes catiónicos podrían precipitar en medio neutro o alcalino, y en presencia de aniones de gran tamaño.

Concluyendo con las 4 fases del proceso dadas por (Lockuán F, 2012), El teñido se puede efectuar sobre la materia textil en cualquiera de su forma de presentación, es decir que se puede teñir directamente sobre la fibra (proceso llamado teñido de floca), también de hilado en madeja, y en tejido es decir en tela plana. Para el caso de la vicuña estos tres procesos se efectúan en el teñido, pero con los parámetros del teñido de la alpaca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 3.

METODOLOGIA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

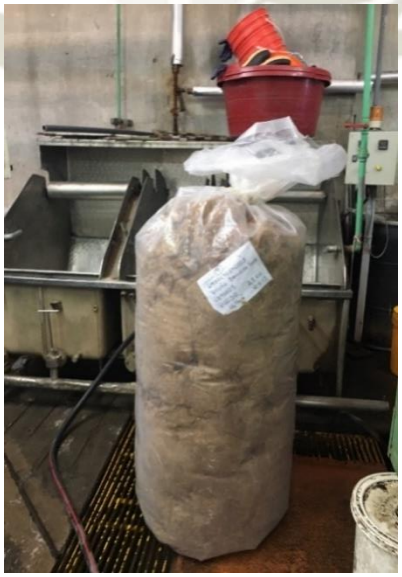
DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales.

Se utilizó floca de Vicuña color natural de mezcla 6198 de la partida HL1904801 25 kg. con las siguientes características físicas iniciales de:

- Resistencia: 368 gramos- fuerza/tex
- Elongación: 20.0%
- RKM: 5.980 gramos-fuerza/tex

Ilustración 21 : Fibra de Vicuña HL1904801



Fuente : Planta de Tintorería

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Colorantes.

Los colorantes que vamos a utilizar para el teñido de fibra por tema de costos y en si por la utilización de los 25kg de este material para clientes son colorantes reactivos cuyas características de composición pertenece al Know-how de la empresa motivo por los cuales no podemos alcanzar, pero si controlar los procesos de teñido.

Colorantes Reactivos

Los colorantes reactivos para la fibra proteica son de fácil aplicación y cuyos teñidos se destacan por sus excelentes solideces a los diversos tratamientos húmedos. El grado de fijación, en relación a la totalidad de colorante empleado, es alto especialmente sobre fibras con tratamientos inafieltrables.

Reactivos y Auxiliares textiles.

La variedad de productos elaborados por diferentes fabricantes para ser utilizados como coadyuvantes de tintura, al tratarse de productos de uso específico y determinante para cada material e infraestructura de producción.

Detergente Textil.

LEVAPON DPN. El detergente utilizado posee las cualidades de limpieza y humectación de la fibra debido a que es no iónico exento de disolventes y degradable biológicamente luego de su uso; posee un efecto emulsionante y dispersante que es apropiado para la limpieza previa de la fibra y así mismo la eliminación de manchas producidas por otros agentes.

Igualante Retardante – Albegal SET.

Producto anfotérico, asistente de teñido, auxiliar desarrollado especialmente para colorantes reactivos y obtener tonos de nivel optimizando el colorante en la fibra y la superficie. Promueve el agotamiento (acelera la difusión del mismo en el baño) y excelente distribución del colorante (mejora la penetración, la igualación). Agente de nivelación para el sistema de teñido de Lanaset en fibra proteica, ayuda a:

- La afinidad por la fibra y el tinte.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Promueve la migración, la sombra se acumulan, la nivelación de la energía y la penetración.
- Descompone agregaciones de tinte y acelera la difusión del tinte.
- Mejora el agotamiento del baño.
- Baja formación de espuma.

Entre los reactivos tenemos:

Acidulante (Ácido Acético).

Un ácido es cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es un pH menor que 7. Generalmente son empleados para regular el pH de los baños para determinados procesos de preparación de teñido, El pH influye en la calidad del teñido obtenido.

Sal Textil (Sulfato de Sodio).

Ayuda a la distribución uniforme del colorante a favor de la fibra, disminuyendo así algo la elevada afinidad de la fibra para con el colorante, surtiendo un efecto retentivo e igualador. Así, por ejemplo, si se tiñe en presencia de sulfato Sódico, como generalmente se acostumbra, los iones sulfato (SO_4) entran en competencia con los iones del colorante; debido a ello el agotamiento del baño tiene lugar más lentamente.

Agua para Uso Textil

El agua es el medio auxiliar indispensable en el que se desenvuelve el proceso tintorero y como tal su calidad es de gran importancia. El agua de teñido a utilizarse es agua blanda para prevenir el efecto negativo de los componentes de dureza y metales pesados especialmente de Cu y Fe, ya que reaccionan con el ácido empleado en el baño de tintura bloqueando el normal desarrollo del proceso. El agua blanda de la línea de alimentación de una planta tintorera contiene en promedio de 1.0 a 3.0 ppm de dureza total y 0.10 mg/l de Fe.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Álcali (Carbonato de Sodio).

Según la literatura técnica, las tinturas de fibras proteicas con colorantes reactivos se efectúan en medio básico utilizando carbonato sódico. La dosificación del álcali debe ser progresiva en porciones muy pequeñas, favoreciendo de esta manera la igualación de la tintura, puesto que, durante la fase de fijación, tanto la misma fijación como el agotamiento del baño se efectúan más lenta y uniformemente. La excesiva alcalinización ocasiona maltrato de la fibra de vicuña, lo que perjudica la calidad de la fibra.

Equipos

Máquina de Tintura: Autoclave CD-50

Las autoclaves tienen la ventaja de poder tintar el género una vez que éste haya sido empaquetado; pero por el hecho de tintar en paquete, la cuestión más importante a tener en cuenta es la igualación de color en toda la masa, que será más problemática cuanto mayor sea la velocidad de fijación del colorante; velocidad controlada mediante la temperatura y electrolitos.

Esquema de la autoclave:

A: Es el recipiente hermético que contiene la solución tintórea.

B: Es la jaula porta-material, en la que se aloja lo que se va a teñir, convenientemente holgado para que el baño pueda circular entre ello. Es de anotar que los porta-materiales serán diferentes, según sea el tipo de textil y su empaquetado:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 22 : Maquina AutoClave CD-50

Fuente: Planta de tintoreria de Incalpaca TPX S.A.

Ilustración 23 : Maquina de Teñido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente : Planta de Tintorería empresa Incalpaca TPX S.A.

Tubos de ensayo de Teñido

El equipo de Pruebas de teñido cuenta con 15 tubos de ensayo. La máquina de teñido mueve los recipientes en forma circular. Los recipientes especiales resistentes a la presión ofrecen la máxima seguridad y pueden utilizarse para tinturas atmosféricas y de altas temperatura.

pH-Metro

Equipo utilizado para las mediciones de pH, incorporado en las maquinas autoclaves.

Secado

Equipo que será utilizado para proceder a secar las muestras luego del descargue de la máquina de pruebas. La temperatura de esta estufa de secado oscila entre 80 a 90°C, por un tiempo aproximado de 15 minutos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 24 : Maquina Secadora

Fuente: Empresa Incalpaca TPX S.A.

Entre los equipos necesarios para la realización de pruebas de ensayo y verificación con muestras de color o pantones utilizamos:

- **Crockmeter (Frictometro)**

Equipo utilizado para el barrido de pruebas de solidez al frote seco y húmedo.

- **DataColor Match Textile Datacolor**

conoce la importancia que tiene la rapidez, la precisión y la fiabilidad en la gestión de color y su impacto en la creatividad del producto y en los beneficios de la empresa. Teniendo en cuenta que cada empresa alrededor del mundo tiene sus propias necesidades con respecto a la funcionalidad y a los resultados, Datacolor ha diseñado un software basado tanto en los indicadores del mercado como en la más avanzada tecnología. El resultado es un paquete de gran calidad, que le ofrece más confort de manejo y diferentes configuraciones, que van desde una simple predicción sobre la formulación de colores hasta sofisticados sistemas profesionales de elaboración de fórmulas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Cabina de Luz Espectro light

La Cabina de luz se utilizará para la evaluación visual de muestras referente a su color. Usada para la comparación de tonalidad, claridad, pureza.

Entre otros equipos de laboratorio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta que para el teñido fibra de vicuña no encontramos registro alguno ni procedimientos establecidos en documentos ni mucho menos registros de la parte experimental para este proceso, voy a levantar información del proceso empezando con el análisis de las variables definidas en el proceso de teñido y luego registrar valores máximos y mínimos de estos parámetros, se van a registrar dos pruebas ya que por tema del programa de producción en teñir sólo 25 Kg. de fibra de vicuña, y esta no es continua si no que es a pedido de clientes, por ello el número de pruebas, y luego de estos poder definir la curva de Agotamiento de teñido.

Ilustración 25 : Planta de Tintorería

Fuente: Empresa Incalpaca TPX S:A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Análisis de las Variables

Tabla 13 : Cuadro de Variables

Variable	Tipo de Variable	Indicador	Técnica	Instrumento
Factores que determinan el teñido de la fibra de vicuña.	Variable Independiente	▪ Morfológicos	Observación	Equipo de Laboratorio
		▪ Temperatura de fijación.	Observación	Equipo de Laboratorio
		▪ Tiempo de fijación.	Observación	Equipo de Laboratorio
		▪ Concentración de Iones Hidrogeno en el baño pH.	Observación	Equipo de Laboratorio
Reducir problemas de Calidad	Variable Dependiente	Solidez al frote	Equipo de solidez DataColor Match.	
		Solidez al lavado	Norma AATCC8-2007.	
		Solidez a luz	Norma AATCC61-1996	
Estandarización del proceso de teñido	Variable Dependiente	Curva de Agotamiento	Representación Gráfica de la Curva de Agotamiento	

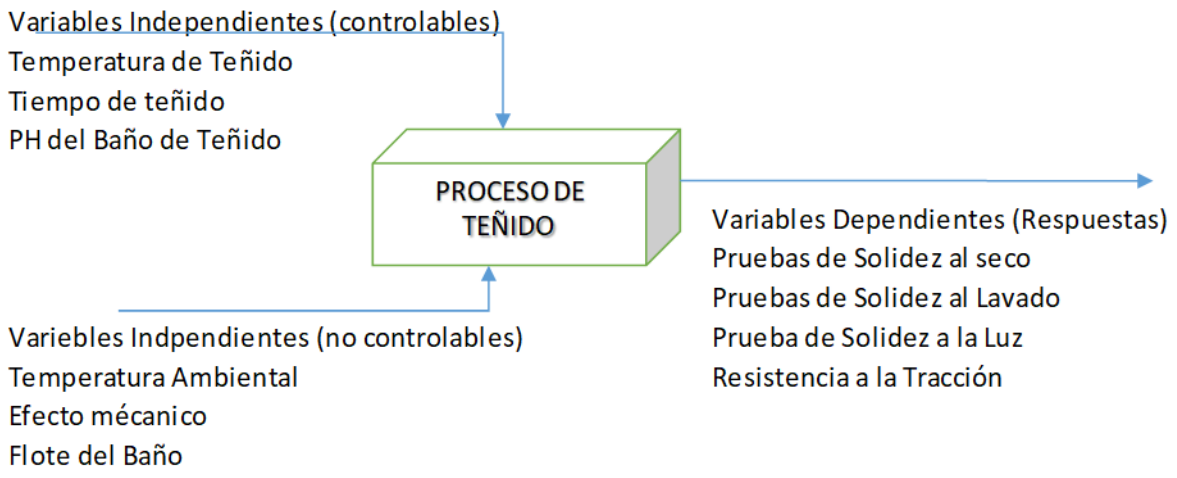
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26 : Manejo de Variables del proceso de Teñido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: Elaboración Propia

Variables Independientes:

Mediante pruebas experimentales preliminares, revisión bibliográfica y datos recopilados se hizo la elección de las variables de mayor influencia en el proceso de teñido de fibra de vicuña. Y así mismo estas variables son las que depende la calidad del producto final.

Ilustración 27 :Material a teñir

Fuente: Incalpaca TPX S.A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Temperatura de Fijación (°C).

La fibra de vicuña en floca por debajo de los 40°C. este material absorbe los colorantes de manera lenta, hasta los 80°C, luego de un tiempo a razón de incrementos de 1.5°C, estando en los 80°C durante cierto tiempo este se incrementa a razón de 1.8°C hasta llegar al pico de temperatura de teñido 98°C, ahora es donde la fibra se estabiliza con el colorante alcanzando el equilibrio fisicoquímico, a mayor temperatura la fibra sufre daños en sus propiedades físicas como resistencia principalmente. Luego se registra una baja de temperatura a 75°C para poder realizar las respectivas pruebas de tono y matiz en los equipos respectivos.

Tiempo de Fijación (min)

Es importante conocer en un proceso de teñido cuando termina la difusión y empieza 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 delicadas, debido a la permanencia excesiva de los materiales textiles en contacto con el baño y con las partes móviles de la maquinaria textil.

El registro del tiempo va de forma directa con la variación de la temperatura; es decir que al iniciar el proceso de teñido utilizando agua blanda a 40°C durante 10 min. y luego incrementando la temperatura a razón de 1.5°C/min hasta alcanzar los 80°C, luego de 30 min incrementando a razón de 1.8°C llegamos a los 98 °C permaneciendo 60min. luego reducimos la temperatura a 75°C y pasamos a un proceso de secado.

Ilustración 28 : Maquina AutoClave

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Concentración de iones Hidronio en el baño (pH)

El potencial de hidrogeno se usa para determinar la alcalinidad o acidez de una solución. Los valores adecuados para la tintura de la seda oscilan entre 8-9 con colorante reactivos, y en el caso de la fibra de vicuña el pH óptimo es de 4 - 5, para obtener un resultado óptimo. Este parámetro depende en el presente estudio de las concentraciones de ácido acético y carbonato de sodio, para obtener los pH adecuados en cada proceso. Así se observó que si no se logra el pH optimo, no se obtendrá una buena difusión y migración del colorante en la fibra, por consiguiente, la calidad visual del teñido no será el adecuado.

Ilustración 29 : Autoclave CD - 50

Fuente: Incalpaca TPX S.A.

Variables Dependientes

Solidez Al Frote Seco

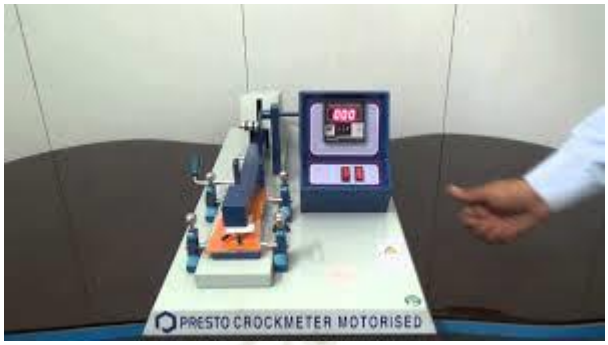
Este método de prueba está diseñado para determinar la cantidad de color que se transfiere desde la superficie de materiales textiles coloreados a otras superficies por medio de frotación. Se frota una muestra de tela de prueba blanca para medir la solidez del color al frote en condiciones controladas; el color transferido se evalúa mediante la comparación con la escala de grises para manchado. El equipo usado Crockmeter.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 30 : Equipo de Calidad control de la Solidez al frote



Fuente: Incalpaca TPX S.A

Solidez al Frote Húmedo

Esta prueba está a acompañada a la prueba solidez al frote seco, por tener colorantes de baja solidez en el mercado, el cual puede transferir o. manchar con colorante a otras prendas solo con la presencia de humedad.

Solidez al lavado

La solidez al lavado determina la resistencia de una muestra a la pérdida de color a lo largo de sucesivos procesos de lavados. En esta prueba se evalúa la permanencia del color y la transferencia de colorantes a otros tejidos (manchado al contacto con otra prenda).

Solidez al Lavado – sobre Lana
Solidez al Lavado – sobre Algodón
Solidez al Lavado – sobre Poliéster

Para el levantamiento de información consideramos necesarios tomar referencias de los valores máximos y mínimos de estas variables:

Temperatura de Fijación

Para la determinación de los valores mínimos y máximos de temperatura se tomó en cuenta el Catalogo de Colorantes Lanaset. Dicho catalogo específica que, para el teñido de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

fibras proteicas estas reaccionan con el colorante a partir de los 80 °C, lo que si hace referencia que para el teñido de Lana recomienda temperaturas que van desde los 85°C a los 105°C dependiendo de la intensidad de color y resistencia de la fibra. No tenemos referencias del teñido de la fibra de vicuña.

Tiempo de Fijación

Para la determinación de los valores mínimos y máximos de temperatura se tomó en cuenta el Catalogo de Colorantes Lanaset. Dicho catalogo específica que, para Lana, recomienda tiempos de 20 y 40 minutos en matices claros y 60 y 80 minutos para matices oscuros. No tenemos referencia en fibra de vicuña.

Concentración pH

De acuerdo al Catálogo de Tintura de Lana de los Colorantes Lanaset, recomienda trabajar la tintura a pH en un rango de 4.5 y 6.5. De igual manera no tenemos referencia en teñido de fibra de vicuña.

Procedimiento Experimental

Metodología.

La metodología utilizada fue teñir fibra de vicuña dentro de un programa de producción de una partida de 25 kg, se registraron muestras de fibra considerando la temperatura y el tiempo de teñido para luego elaborar la prueba cinética y poder observar cuanto de colorante fue absorbido por la fibra en temperaturas y tiempos respectivos de igual manera registrar el agotamiento del baño a diferentes temperaturas.

Procedimiento

La secuencia de actividades realizadas para poder seguir una metodología y poder registrar los valores respectivos de las variables independientes se presentan en la Tabla N°14

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 14 : Cuadro de Procedimiento de la experimentación

Actividad	Procedimiento
Relación de Baño: viene a ser la relación entre el peso del material y el volumen de baño a usar; para nuestro ensayo: - Peso del material 25Kg - Relación R/B: 1/20 - En consecuencia el volumen de baño seria 500 lt.	Determinación del **peso de material** retirado del Almacén; 25 Kg de HL1904801 vellón de vicuña. Determinación del **Volumen de Baño**; es decir la concentración en gr. de producto por cada litro de baño (gr/lt). Para el caso de la vicuña se registra la relación 1/20 es decir que por cada gr de fibra se requiere 20 ml de agua blanda
Preparación de la solución del colorante.	Se preparó la solución de acuerdo al recetario de pantone de color de la empresa
Adición de solución de Auxiliares	Se adicionaron los siguientes auxiliares en el porcentaje indicado: - Albegal 1% - Sulfato sódico 5% - Ácido Acético 3% Los auxiliares fueron previamente preparados en soluciones peso – peso 1/10; es decir 1 gr de producto auxiliar disuelto en 10 gr de agua blanda.
Regulación de PH	Teniendo los auxiliares y el colorante en la tina de teñido se inicia la regulación del PH de la solución.
Teñido	La utilización de la máquina de teñido Autoclave y de igual manera la programación del proceso de teñido es realizado bajo la supervisión del personal especializado de la planta

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Registro de Datos

Teniendo en cuenta el manejo de las variables independientes como la Temperatura de teñido, el tiempo de teñido y la concentración del PH pasamos a registrar los valores en cada etapa del teñido.

Tabla 15 : Registro de Datos de Pruebas 1

Variable Independiente	Colorante Reactivo	
	Mínimo	Máximo
Temperatura °C	89	97
Tiempo de Fijación (min)	83	90
pH del Baño	2.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

Dentro del registro de información de las variables se consideraron la variación de la temperatura, el tiempo de fijación del colorante al material, referido al tiempo en el que alcance la temperatura de fijación o absorción del colorante y registro del pH en el baño de teñido al momento en el que se alcance la temperatura y el tiempo de fijación.

Tabla 16: Registro de Datos Prueba 2

Variable Independiente	Colorante Reactivo	
	Mínimo	Máximo
Temperatura °C	87	95
Tiempo de Fijación (min)	85	94
pH del Baño	2.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

Análisis experimental

De acuerdo al procedimiento aplicado en las actividades mencionadas debemos analizar para luego evaluar dichos resultados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Del proceso de teñido:

Se procederá a preparar la fibra de vicuña; registro del peso de fibra 25Kg. material que ha sido programado dentro del programa de producción del área, se utilizó floca de vicuña partida HL19040801 color natural mezcla 6198 a color 840005 (color vicuña) de resistencia de 368, elongación 20.000 valor RKM de 5.970 y con torsión real 460. (Anexo N° programa de teñido).

De la preparación de las soluciones

Solución de Reactivos

El Ácido Acético se trabajó con una Solución Diluida

Solución de Colorante

Los colorantes usados en esta investigación su forma comercial es sólido granulado. La preparación para la solución de los colorantes usados a nivel laboratorio se prepararon peso – peso 1/1000, es decir 1 gramo de colorante disuelto en 1000 gramos de agua blanda.

Soluciones Auxiliares

Para la preparación de las Soluciones de los Auxiliares tales como el Sulfato de Sodio, Albegal (A, B y SET), entre otros, son previamente preparados en soluciones peso – peso 1/10, es decir 1 gramo de Producto Auxiliar disuelto en 10 gramos de agua blanda respectivamente.

Del lavado del material teñido.

La producción es sumergida en un baño preparado previamente el detergente será diluido 1/10 es decir 1g de detergente en 10 ml de agua blanda a una temperatura de 50 – 60°C, por un tiempo de 10 minutos. Pasado el tiempo de lavado son enjuagadas de tal manera que no se dañe la fibra y son escurridas para proceder a ordenadas en el porta material para luego ser introducido a la máquina de teñido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Del preparado del baño de teñido

Los elementos a tener en cuenta en la preparación del baño de teñido tenemos: Adición de los auxiliares, adición del colorante, regulación del pH, y determinación del volumen del baño.

Adición de auxiliares:

Los auxiliares ya previamente preparados en soluciones con concentración 1/10 peso-peso.

- *Albegal (A, B y SET) concentrado 1%; teniendo en cuenta los 25Kg de fibra requerimos 250 gr. de albegal SET*
- *Sulfato de sodio concentrado 5%; se requiere 1250gr*
- *Ácido Acético concentrado 3%, se requiere 750gr.*

Adición del colorante:

La forma comercial de los colorantes es sólida y granulado. Se preparará una solución 1/20 es lo requerido para la fibra de vicuña, es decir 1 gramo de colorante disuelto en 20 gramos de agua blanda, luego se calienta y se agitación hasta enfriar a temperatura ambiente.

Regulación del pH:

Es generalmente necesario acidificar el baño de tintura para montar el colorante sobre la fibra. Los ácidos rompen los enlaces electrostáticos por fijación del ion hidrógeno al grupo carboxílico y del anión ácido al grupo amino. En el transcurso de la tintura el anión coloreado substituye poco a poco al anión ácido, el cual equilibra los iones sodio en el baño. Es así que los ácidos provocan la fijación de los colorantes sobre la fibra, se encontró un rango de variación de pH entre 2,5 a 6,5

Volumen del Baño.

La relación del baño se predetermino de acuerdo a la capacidad que tiene los equipos y maquinaria. La relación de baño es un indicador que nos permite determinar el volumen de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

agua de teñido o baño, en función del sustrato. Es decir, se utilizará una relación de baño de 1/20 lo cual nos indica que para 25kg de fibra utilizaremos un volumen final de baño de 500 lt.

Del equilibrio del baño

Lo definimos como el conjunto de propiedades macroscópicas visibles y medibles:

- *Temperatura*
- *Composición del Baño*
- *Concentración del pH*
- *Color del baño*

Evaluación visual de los resultados

Se realiza mediante el empleo de una caja de luces, ésta debe contener los iluminantes estándares, para la evaluación visual del color debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar la luz adecuada; para evitar que la evaluación se realice bajo una luz distinta a la que el cliente usará.
- El color de las paredes de la cabina debe ser gris neutro recomendable, de acuerdo a norma, para no interferir en la evaluación del color.
- Es importante emplear patrones geométrico de observación que eviten la percepción del brillo y la textura.
- Normalmente se usa un ángulo de 0°/ 45° o 45°/0° que va desde la dirección de la iluminación y la observación, con respecto a la normal a la superficie de la muestra. Una manera sencilla para lograr que la muestra y el estándar este dentro de la caja de luces en un ángulo de 45° (45° de incidencia de la luz) y observándolas a 90°.
- Despejar el interior de la caja de otras muestras, para evitar alteraciones en la percepción del color.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Evitar la incidencia de otras luces que no sean las de la cabina, por ejemplo, la luz que ingresa por las ventanas o aquella proveniente de los fluorescentes de la planta.
- Si se va a evaluar diferentes colores, empezar con aquellas de tonos claros, continuar con los medios y finalizar con las muestras de tonos intensos.
- Los colores rojos golpean nuestra vista, esto se debe a que el mayor porcentaje de conos en nuestro ojo (64%) percibe este color. El rojo permanece más tiempo en la retina y este residuo puede alterar nuestra percepción de los matices que veremos después, por lo que se recomienda descansar la vista luego de observar tonos muy rojizos.
- Evitar el cansancio visual, no exponer demasiado tiempo nuestra vista.

Pruebas para determinar la solidez

(Según norma AATCC, 2007) La solidez del color se define como, la resistencia de un material a cambiar en cualquiera de sus características de color y transferir su coloración a materiales adyacentes, o ambos como el resultado de la exposición del material a cualquier entorno que puede existir durante su procesamiento, análisis, almacenamiento y uso.

Pruebas para la solidez al frote (norma AATCC8-2007)

Prueba de solidez al frote seco

Para la prueba de solidez al frote en seco se toma una muestra de fibra totalmente seca y la colocamos en la porta material del equipo de solidez al frote cubriendo una superficie de 10x5 cm. Cumpliendo de acuerdo a norma que el material debe estar cubierto por un testigo (material de algodón estandarizado para la prueba de solidez) se procede a la fricción durante 10 segundos de lado a lado con una carga suministrada de 1 kg. De acuerdo a norma. Finalmente se retira el algodón (testigo) para ser evaluado con los equipos de control de calidad como es el data color match.

Prueba de solidez al frote Húmedo.

Es el mismo procedimiento que el anterior, pero con la diferencia que el material testigo (el algodón estandarizado para pruebas de solidez) se encuentre húmedo con agua destilada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

hasta alcanzar un parámetro de 70 a 75% de humedad de acuerdo a norma y poder realizar las pruebas con el mismo mecanismo.

Pruebas de solidez al lavado (norma AATCC)

Procedimiento por el cual realizamos las pruebas de solidez al lavado, iniciamos con material fibra de vicuña y material testigo (algodón estandarizado y multifibras), En una solución con detergentes y esferas de acero colocamos unas muestras de fibra con 250ml de solución que durante 45 min a temperatura ambiental 40°C se procede al lavado. Luego de este proceso se realiza el secado hasta alcanzar 12% de humedad, es evaluado a través del Data Color match.

Equipo de control de calidad a la solidez.

Realizadas las pruebas de solidez al frote seco, solidez al frote húmedo, solidez al lavado se procedió a evaluarlas y para ello se hizo uso del equipo de Data Color Match.

Ilustración 31: Data Color Match

Imagen tomada del Lab Incalpaca TPX

Resistencia.

Obando (2013) este ensayo permite conocer la tenacidad de rotura del hilado después del teñido, para tener una idea clara de cuanto afecta el proceso de teñido a los hilados y fibra y evaluar si son aptos para la tejeduría y el acabado, con relación a la fibra de vicuña es un parámetro importante ya que es una fibra fina y muy delgada, lo cual se observó y también por recomendación del jefe del área de tintorería esta fibra se ve afectada su resistencia al

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

incrementar la temperatura de teñido en forma brusca no constante y sobretodo pasar los 102°C de temperatura.

Elongación.

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.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITLU IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Parámetros que afectan en la absorción de los colorantes reactivos.

Dentro de los factores que determinan la absorción del colorante reactivo en la fibra de vicuña encontrados y cada uno de ellos cumple con aportar ciertas características y pueda darse el teñido en la fibra tenemos:

Efecto de la 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 solideces; caso de la vicuña el control de la variable temperatura es de 93°C a mayor temperatura la resistencia de la fibra baja generando un problema crítico. Es por ello el control y las pruebas respectivas de resistencia ya que afecta directamente a los siguientes procesos textiles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

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. De las pruebas realizadas para la producción de teñido de 25 Kg de fibra de vicuña encontramos que el tiempo de teñido es de 90 min.

pH del Baño.

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. Para la concentración del baño de teñido el pH vario de 2.5 a 4.5 acides necesaria para la absorción del colorante por la fibra.

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. Los colorantes reactivos para la fibra de vicuña son de fácil aplicación y cuyos teñidos se destacan por sus excelentes solideces a los diversos tratamientos húmedos.

Efecto de las sales

Cegarra, (1981). El uso de bajas concentraciones de sal, generalmente NaCI, 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

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

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.

Relación del 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, la relación de baño caso de la vicuña tuvimos en cuenta que fue de 1/20, es decir que por cada gramo de fibra requerimos 2º ml. De agua blanda.

Influencia del movimiento del 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 necesitarán tiempos menores para alcanzar el equilibrio del sistema, es decir lograr agotamientos altos, con altos niveles de solidez e igualación.

Influencia de la calidad del agua

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

El valor práctico del alto grado de fijación de los colorantes reactivos, refleja en la muy buena solidez del teñido a los tratamientos húmedos también en matices intensos, y garantiza este comportamiento una excelente reproductibilidad del color.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Otra condición para obtener alta solidez a estos tratamientos es que la proporción de colorante no fijado sea lo más baja posible o que pueda ser reducida hasta un mínimo por un tratamiento posterior en medio alcalino. Si esta proporción de colorante no fijado resulta alta, la solidez a los tratamientos húmedos es más baja y se produce un manchado mayor de la lana blanca adyacente en una prueba de lavado.

Los teñidos fueron sometidos a pruebas, de solidez y lavado simple. Los colorantes lanasol resistieron muy bien a las distintas pruebas de solidez sobre lana con tratamiento inafieltrable, notándose una ligera disminución de la solidez, pero en general las pérdidas son poco significativas.

Estos colorantes que tienen un pH de tintura que va de 2.5 a 4.5 con ácido acético teniendo como promedio según los puntos centrales un pH de 3.5 para trabajar con ellos Los mejores resultados de solidez tanto al frote seco, húmedo y lavado se dieron en las pruebas 1 y2 cuando se toman los máximos parámetros de tiempo y temperatura de contacto entre fibra / baño.

Tabla 17 : Análisis de Resultados de las pruebas de Teñido

Variable Independiente	Colorante Reactivo		Colorante Reactivo
	Mínimo	Máximo	Punto Medio
Temperatura °C	88	96	92
Tiempo de Fijación (min)	84	92	88
pH del Baño	2.5	4.5	3.5

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la curva de teñido.

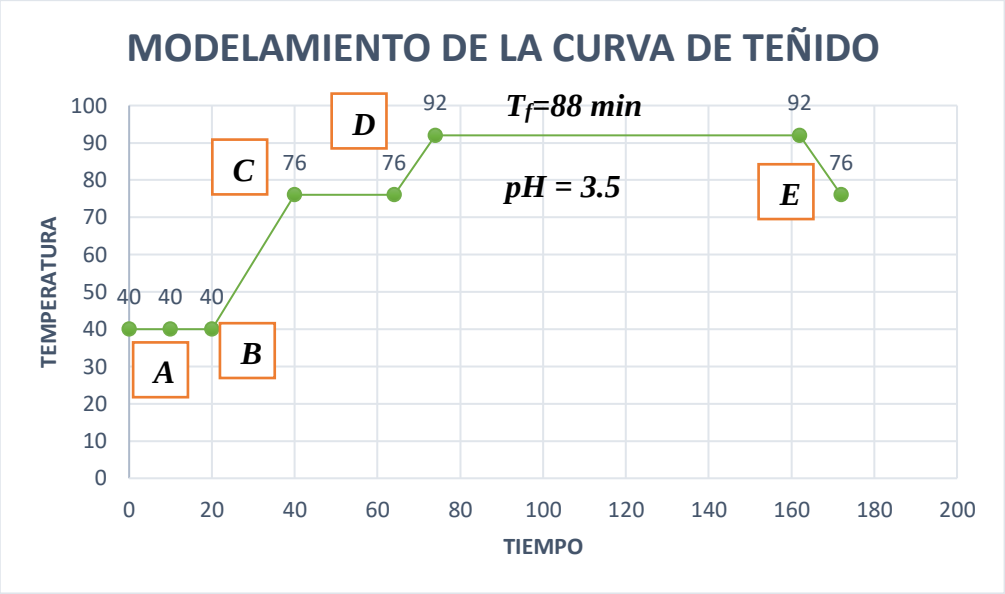
De acuerdo a los datos obtenidos procederemos a colocar la fibra en el porta material de teñido, se le empaqueta y es colocada dentro de la autoclave CD-50 que contiene agua blanda a 40°C inicialmente luego se añade el baño preparado con colorantes y auxiliares se observa los siguientes tramos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 32 : Curva de Agotamiento de Fibra de Vicuña



Fuente: Elaboración propia

A En este punto se le agrega antiespumante, sulfato de sodio, ácido acético, igualante y se mezcla por 10 minutos.

B A la misma temperatura se le agrega el colorante y se mezcla por 10 minutos.

C Pasado ese tiempo la temperatura sube a 76°C a razón de 1.8°C/minuto y sé mantiene un tiempo de 20 minutos.

D Pasado el tiempo de 24 minutos la temperatura sube a 92°C a razón de 1.6°C/minuto, esta temperatura se mantiene por un lapso de 88 a 94 minutos según lo necesite la materia.

E La temperatura baja a 76°C y se saca la muestra para comparar el color con la muestra del cliente y ver si éste coincide en cuanto a tono y matiz. Si no fuese así se procede a matizar el color, para ello se mantiene la fibra durante unos 10 minutos a 76°C, luego de ello se sube la temperatura a 92°C a razón de 1.6°C/minuto por 10 minutos, esto se realiza hasta obtener el color deseado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estandarización del proceso de teñido

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.

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.

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.

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.

Difusion

Carvallo, (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.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fijacion

Carvallo, (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.

- 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.
- 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

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS

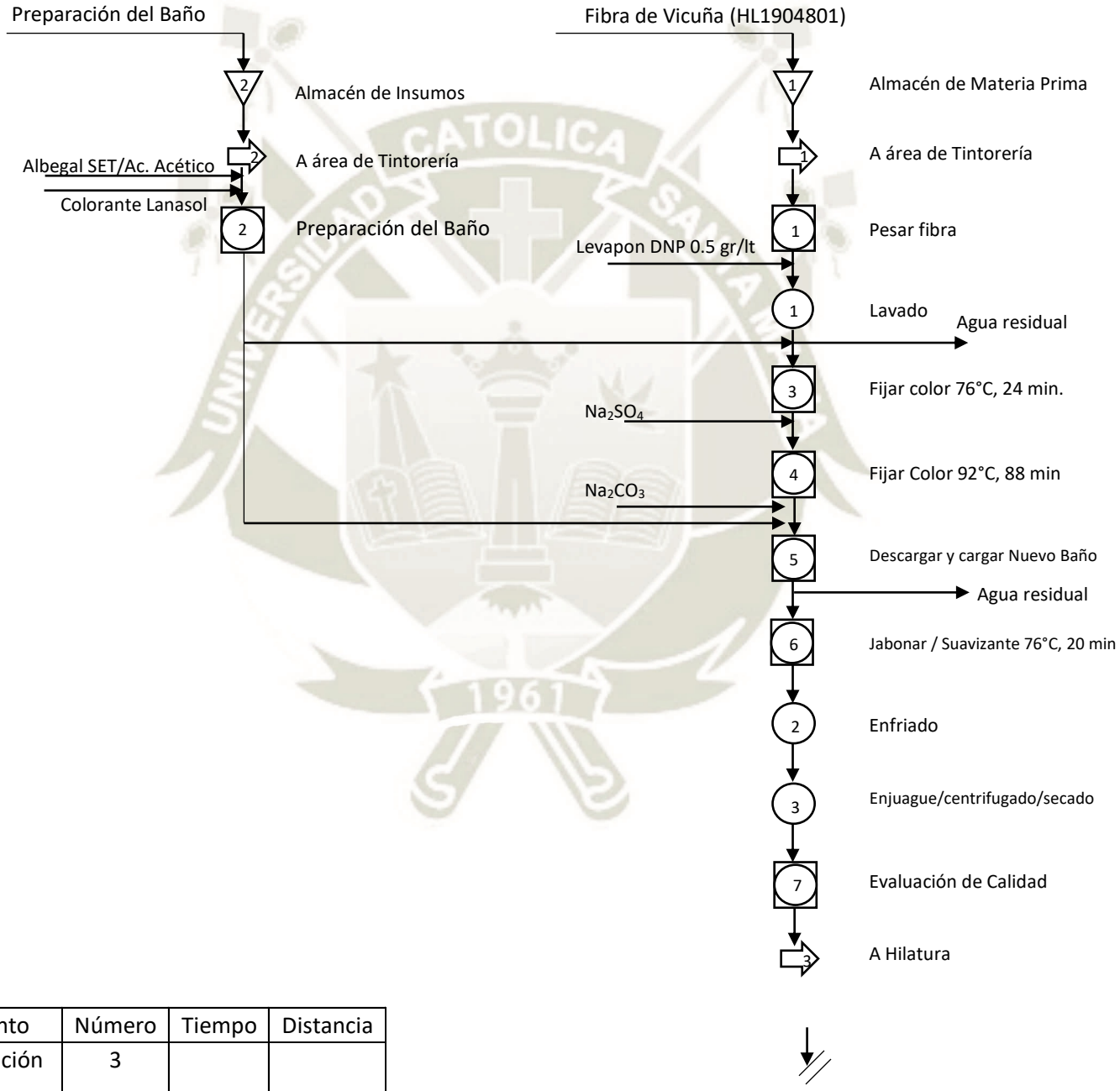
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS			
EMPRESA	INCALPACA TPX S.A.	PAGINA	1/1
DEPARTAMENTO	AREA DE TINTORERIA	FECHA	Junio 2019
PRODUCTO	TEÑIDO DE FIBRA DE VICUÑA	METODO DE TRABAJO	Actual
DIAGRAMA HECHO POR	Ing. José Delgado B.	APROBADO POR	Ing. Miguel Sánchez



Evento	Número	Tiempo	Distancia
Operación	3		
Inspección	7		
Transporte	3		
Demora	0		
Almacenamiento	2		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Evaluación comparativa de calidad.

Los resultados del proceso de teñido dado, se muestran como variable de respuesta a la solidez a la luz tal cual la presenta en la siguiente tabla:

Tabla 18 : Resultados de las Pruebas de Teñido

Tratamiento	Temperatura °C	Tiempo (min)	Relación de Baño (gr/ml)	Solidez AATCC
Prueba 1	97	90	1/20	4.0
Prueba 2	95	94	1/20	4.5
Optimo	96	88	1/20	4.5

Fuente: Elaboración Propia

El parámetro adecuado utilizado para determinar la solidez a la luz fue a temperatura alta de 96°C, con tiempo de 88 min. de fijación de color y con una relación de baño de 1/20. Comparando con la tesis te Robles, (2008), donde obtuvo buenos resultados de solidez a la luz, al utilizar una combinación optima con temperatura 94°C, tiempo de 90 min y una relación de baño de 1/25 en fibra de alpaca.

Obando, (2003). Obtuvo una resistencia a la luz excelente dentro de la valoración de solideces, 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.

Comparativo de Solidez con la fibra de Alpaca y Vicuña

Solidez al frote.

Tabla 19: Resulatdos Prueba de Solidez al Frote

Temperatura y	Vicuña		Alpaca	
Tiempo	En Seco	En Húmedo	En Seco	En Húmedo
92°Cx90 min	4 - 5	4	3 - 4	4
98°Cx60min	3 - 4	3	4 - 5	5

Fuente: Elaboración Propia

Los comparativos con otras fibras en la prueba de solidez son muy parecidas pero el control de la variable temperatura es importante por la característica de la fibra ya que a

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

mayor temperatura perjudica la resistencia de la fibra, problema a investigar, y por ende a los procesos de hilatura.

Solidez al Lavado.

Tabla 20 : Resultados de Prueba de solidez al frete

Temperatura y Tiempo	Vicuña	Alpaca
92°Cx90 min	3 – 4	4
98°Cx60min	3 – 4	4

Fuente: Elaboración propia

Solidez a la Luz

Exposición a 20AFU

Tabla 21 : Resultados Pruebas de Solidez a la Luz

Escala	Temperatura y Tiempo	Vicuña	Alpaca
Esca 6198	92°Cx90 min	5	5
color vicuña	98°Cx60min	5	5
Escala	92°Cx90 min	8	8
Negros	98°Cx60min	8	8

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la tricromía utilizada da buenos resultados tanto para la vicuña como para la alpaca. Sin embargo, en general para la vicuña presenta mejores solideces que la alpaca. La presencia de médula en la alpaca, ocasiona que la fibra tenga menor área transversal para la retención del colorante, por lo que las solideces serían menores. Las solideces también estarían relacionadas con los porcentajes de exocutícula, y porcentajes de zonas queratinosas, que son donde finalmente quedaría el colorante retenido.

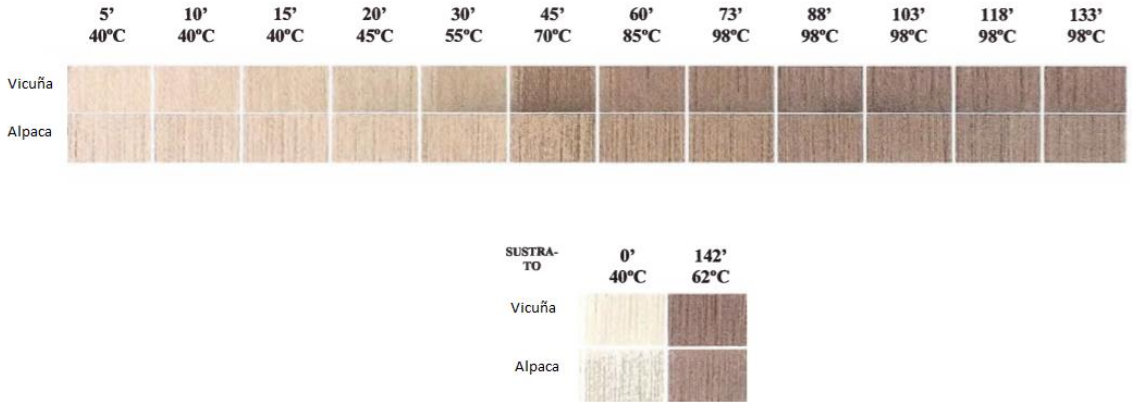
La prueba de solidez al frote en seco dio mejores resultados que en húmedo. La solidez a la luz presenta resultados excelentes tanto para la alpaca como para la vicuña.

Tabla 22 : Muestra de Teñido; comparación entre Vicuña y Alpaca

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: Laboratorio Incalpaca TPX S.A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en las pruebas experimentales nos permiten plantear las siguientes conclusiones:

PRIMERA.

Se pudo determinar los parámetros teñido en Fibra de vicuña. Para los Colorantes Reactivos la temperatura máxima de teñido será de 92°C por un tiempo de teñido de 88 minutos y un pH de 3.5 y de solidez, que deben reducir los problemas de calidad de teñido de la fibra de vicuña.

SEGUNDA.

La materia prima utilizada en la presente investigación fue Fibra de vicuña del tipo 6198 de la partida HL1904801. Se evaluó sus propiedades físicas tales como Finura teniendo como resultado de 14 µ (mayor finura) a 18µ (menor finura). Para el proceso de teñido es una característica importante ya que la parte de la capa cortical es la que recibe el colorante y mientras mayor sea su finura mejor se dará la fijación de todas las familias de colorante estudiadas. Se tiene en cuenta también que tanto la edad de la vicuña y el vellón que se encuentra en el lomo y los flancos influyen en la finura de la fibra. De igual manera se registraron valores de resistencia de 368 gr-f/tex y elongación del 20% con RKM 5.980 gr-f/tex variables muy importante a tener en cuenta para procesos siguientes de hilatura y tejido, ya que estas se ven afectadas en el proceso de teñido.

TERCERA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los parámetros más influyentes en el proceso de teñido de Fibra de Vicuña tenemos a la Temperatura de Fijación (°C), Tiempo de Fijación (min) y Concentración de iones (pH). Se trabajó una Temperatura Máxima y Mínima de 97°C y 87°C. Para el Tiempo de Fijación se desarrolló en diferentes rangos; se evaluó en un Máximo y Mínimo de 94 – 83 minutos. Y finalmente para la Concentración de Iones (pH), colorantes Reactivos en un rango de 2.5 – 4.5 y finalmente para. Desarrollando la curva de Teñido o curva de agotamiento de la fibra de vicuña.

CUARTA.

El desarrollo del proceso de teñido y la confección de la curva de agotamiento de la fibra de vicuña se inicia la mezcla del material con el baño de teñido a temperatura de 40°C, en este punto se le agrega antiespumante, sulfato de sodio, ácido acético, igualante y se mezcla por 10 minutos. A la misma temperatura se le agrega el colorante y se mezcla por 10 minutos. Pasado ese tiempo la temperatura sube a 76°C a razón de 1.8°C/minuto y sé mantiene un tiempo de 20 minutos. Pasado el tiempo de 24 minutos la temperatura sube a 92°C a razón de 1.6°C/minuto, esta temperatura se mantiene por un lapso de 88 a 94 minutos según lo necesite la materia. La temperatura baja a 76°C y se retira el material para comparar el color con la muestra del cliente y ver si éste coincide en cuanto a tono y matiz.

QUINTA.

Variables que definimos como independientes, es decir aquellos parámetros en los que podemos variar y poder alcanzar buenos resultados; estos son Factores que determinar el teñido de fibra aquí sus resultados:

a. Temperatura de teñido: alcanzamos 92°C
b. Tiempo de teñido: 88 min (absorción del color por la fibra)
c. Concentración pH del baño: 4.5
d. Afinidad del colorante; colorante reactivos
e. Efecto de las sales, importante en la absorción del color

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

f. Relación del baño R/B: 1/20
g. Influencia del movimiento del baño
h. Influencia en la calidad del agua.

SEXTA.

Y variables que se desprenden es estos parámetros van relacionado directamente con la calidad de teñido y estandarización de los procesos, es decir la solidez del teñido, para lo que se realizaron pruebas de solidez al seco y al lavado.

RECOMENDACIONES

PRIMERA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Orientar las futuras investigaciones a un mayor estudio de las características de la fibra de vicuña que influyen en el proceso de tintura como son el porcentaje de zona cristalina y zona amorfa, porcentaje de cutícula, porcentaje de kemps, % medulación y encontrar una relación cuantitativa con los factores determinantes de teñido.

SEGUNDA.

Optimizar la afinidad del colorante por la fibra y, asimismo, el rendimiento tintóreo, mediante un adecuado control de pH, temperatura de teñido y la utilización de relaciones de baño más bajos, balance de material y estructura de costos en el teñido de fibra de vicuña.

TERCERA.

Se recomienda realizar un análisis de impacto ambiental de residuos generados en el proceso de teñido, la utilización de altos volúmenes de agua y por los tipos de colorantes utilizados.

CUARTA.

La fibra de vicuña, la más fina del mundo, su cuidado en cada uno de los procesos de transformación justifica inversiones en equipos y maquinaria para su fabricación solo para este tipo de fibra, por el alto valor agregado y capacidades no altas de producción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

BIBLIOGRAFIA

HOLLEN, Norma. “Introducción a los textiles”; Edit. Limusa SA., Año 2002.

LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo “La Industria Textil y su control de la calidad Vol I, II y V, 2012.

ZOCCOLA, Marina, Fibras Proteicas; Pelos finos Identificación, Caracterización, clasificación y Acondicionamiento, Buenos Aires, Argentina 2014.

QUISPE COAQUIRA, Jesús E. Características Tecnológicas de la fibra de vicuña en Semicautiverio en la Multicomunal de Picotani – Puno 2018.

FUNDACION PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA, Producción y Comercialización de fibra de vicuña, Chile – 2008.

WOOL HANDBOOK; a text and reference book for the entire wool industry / edited by Werner von Bergen. New York : Interscience Publishers, 1963

MIRCO R.COSTA “Fibras textiles y su tintura” Editorial TORRES. Lima 1990.

ROJAS TAPIA, Benedicto Lorenzo. “Tecnología de fibras animales”; Publicado Por Investigación - OURA- UNA, Puno, Año- 2011.

VILLARROEL, J. “Fibra de camélidos sudamericanos y su producción” Lima 2009.

ADOT, Osear G. “introducción a la industrialización de la lana y fibras especiales”; Editorial MICHILE. ARGENTINA 201 O.

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.

CARVALLO, M. “Colorantes naturales derivados de la cochinilla (Dactilopius 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.

OSANDO 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- lbarra, Año- 2013.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÁLVAREZ, J. (1997); Cultivo de la tuna y crianza de la cochinilla; Folleto. No1-97 CEGARRA, José "Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles", Barcelona, año- 2010.

DE LOS RIOS PEREA, Elíseo. "Estado de situacion Del sector textil camelidos en Perú (Diagnostico nacional)". ONUDI – ADREAN PRODUCTOS Lima, Año - 2009.

KRYSSIA MADRIGAL, Felipe "El Clúster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas"; INCAE Lima, Año- 2001.

QUISPE E. C. "Revisión sobre fibra de alpaca (vicugna pacos) huacaya y su mejoramiento: Aportes del PROCASUD", Huancayo - Perú, Año 2011.

AATCC, AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS, Método de Prueba O 2556-88, (Método Estándar de Prueba para propiedades de Tracción al Hilo por el método para un cabo).

AA TCC, AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS, Método de Prueba 16-1998, (Estabilidad de color a la luz). CONACS "camélidos sudamericanos, ministerio de Agricultura"; http://www.fdta-altiplano.org/camelidos, Año-2009.

MINAG " Ministerio de Agricultura del Perú" WWVV. Minag.gob.pe

Ilustración 33 : Ministerio de Agricultura del Perú

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 1 ANALISIS CUALITATIVAS DE LAS FIBRA DE ACUERDO A NORMA AATCC METODO E PRUEBA 20 – 2007

Fiber Analysis: Qualitative

Developed by AATCC Committee RA24. Adopted as Tentative 1955; revised 1958, 1962, 1963, 1972, 1976, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005; editorially revised and reaffirmed 1973, 1990, 1995; editorially revised 1974, 1977, 1982 (new title), 1983, 1984, 1988, 2009; editorially revised with technical correction 2008; reaffirmed 1985. Related to ISO 17751, ISO 1833, ISO 2076, and IWTO 58.

1. Purpose and Scope

1.1 This test method describes physical, chemical and microscopical techniques for identifying textile fibers used commercially in the United States. Fibers may be examined in raw fiber form or taken from yarn or fabric.

1.2 These test methods may be used to identify generic fiber types as defined by the Textile Fibers Products Identification Act and subsequent rules and regulations of the Federal Trade Commission or ISO 2076, Textiles man-made fibres-generic names. Quantitative methods for determining percentages in blends of fibers are covered by AATCC Test Method 20A, Fiber Analysis: Quantitative.

1.3 The test methods apply to fibers which are shown below grouped by generic classifications:

Natural Fibers	Man-Made Fibers
Cellulose (Vegetable)	acetate
cotton	secondary
hemp	triacetate
jute	acrylic
linen	aramid
ramie	meta aramid
sisal (agave)	para aramid
manila hemp (abaca)	azlon
	glass
Keratin (Animal)	modacrylic
alpaca	novoloid
camel	nylon
cashmere	6
horse	6,6
llama	11
mohair	nytril
rabbit	olefin
vicuna	lastol
wool	polyethylene
yak	polypropylene
Fibroin (Animal)	polyester
silk	elastolite
bombyx (cultivated)	rayon
tussah (wild)	cuprammonium
	lyocell
	viscose
	rubber
	saran
	spandex
Mineral	vinal
asbestos	vinyon

2. Use and Limitations

2.1 This test method describes a number of procedures—microscopical examination, solubility in solvents, melting point, refractive index, and micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy—which should be used in combination to identify a fiber type. For identifying certain fibers some procedures will be found to be more effective than others.

2.2 For example, microscopical examination is particularly useful in characterizing the natural fibers. It must be used with caution on man-made fibers since they are frequently produced in a number of modifications which alter the longitudinal or cross-sectional appearance. In addition, man-made fibers may contain some or no delusterant or other additive particles. Filaments of a given type may vary in size or cross-sectional shape. Individual filaments may have two or more component sections of the same or different generic types.

2.3 Even natural fibers show a fairly wide variation in typical cross-section. No specific specimen will look exactly like the pictures published. A sufficient number of fibers should be examined to cover the range of appearance in any specimen.

2.4 Successful identification of fibers depends upon experience and familiarity with the fibers. The identification of an unknown fiber is best made by comparison with properly identified fibers used as reference standards. For this reason it is desirable to have available at least one representative fiber sample from each generic class of fibers, which can be used for comparative identification.

2.5 This test method provides means for identifying the generic classification of the common fiber types. In special cases, as when dealing with fibers not described in this method or attempting to distinguish between products of different suppliers of the same generic types, one must consult standard texts on fiber identification or technical bulletins issued by suppliers of man-made fibers. See references Section 13.

3. Terminology

3.1 For definitions of technical terms, refer to the *Glossary of AATCC Standard Terminology* in this TECHNICAL MANUAL.

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted for specific details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

4.2 All chemicals should be handled with care.

4.3 In preparing, dispensing and handling the reagents outlined in Section 6, use chemical goggles or face shield, impervious gloves and an impervious apron. Concentrated acids should be handled only in an adequately ventilated laboratory hood. CAUTION: Always add acid to water.

4.4 All poisonous and flammable reagents should be mixed and handled only in an adequately ventilated laboratory hood. CAUTION: Acetone and ethyl alcohol are highly flammable and should be stored in the laboratory only in small containers away from heat, open flame and sparks.

4.5 An eyewash/safety shower should be located nearby and an organic vapor respirator should be readily available for emergency use.

4.6 Exposure to chemicals used in this procedure must be controlled at or below levels set by governmental authorities (e.g., Occupational Safety and Health Administration's [OSHA] permissible exposure limits [PEL] as found in 29 CFR 1910.1000 of January 1, 1989). In addition, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values (TLVs) comprised of time weighted averages (TLV-TWA), short term exposure limits (TLV-STEL) and ceiling limits (TLV-C) are recommended as a general guide for air contaminant exposure which should be met (see 12.1).

5. Apparatus (see 12.2)

5.1 Compound microscope with matched objectives and eye pieces to achieve magnifications of 100-300X and equipped with a polarizer and analyzer.

5.2 Glass slides and cover glasses.

5.3 Dissection needles.

5.4 Scissors (small) and tweezers (fine).

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.5 Cross-sectioning device of one type such as listed below:

5.5.1 Stainless steel plate, 2.54 × 7.62 × 0.0254 cm (1 × 3 × 0.01 in.) drilled with 0.09 cm (0.04 in.) diameter holes. Soft copper magnet wire AWG #34, 0.016 cm (0.0063 in.) diameter.

5.5.2 Microtome, hand.

5.6 Razor blades, sharp, thin, single edge or double edge with holder.

5.7 Density gradient tube, glass approximately 2.5 cm (1 in.) in diameter and 45 cm (18 in.) long with a sealed bottom and a 24/40 standard taper joint glass cap closure at top to avoid moisture pickup or evaporation of solvents. Tiny glass spheres of calibrated density may be used as density standards.

5.8 Melting point apparatus consisting of a heated block, temperature measuring device such as a thermometer and means for controlling the rate of heating and viewing the specimen at low magnification. The instrument should have a range of 100-300°C or more, and an accuracy of ± 1 degree over the entire range.

5.9 Micro-FTIR Instrument.

6. Reagents and Materials (see 12.2)

6.1 Mounting Reagents.

6.1.1 Mineral oil, U.S.P. or other immersion fluid.

6.1.2 Collodion, solution of nitrocellulose (4 g/100 mL) in 1:3 alcohol/ethyl ether.

6.2 Bleaching Reagent.

6.2.1 Hydrosulfite-caustic solution. Dissolve 2 g sodium hydrosulfite and 2 g sodium hydroxide in 100 mL of water.

6.3 Staining Reagents.

6.3.1 Zinc chloro-iodide reagent. Dissolve 20 g of zinc chloride in 10 mL of water. Add 2.1 g of potassium iodide and 0.1 g of iodine dissolved in 5 mL of water. Add a leaf of iodine.

6.3.2 Acid phloroglucinol reagent. Dissolve 2 g of phloroglucinol in 100 mL of water. Use with equal volume of concentrated hydrochloric acid.

6.4 Refractive Index Immersion Liquids.

6.4.1 Hexadecane (cetane) C. P. Grade, RI = 1.434.

6.4.2 Alpha chloronaphthalene, RI = 1.633. Poisonous. Avoid inhaling vapors.

6.4.3 Blends of the above. Assume that the refractive index varies linearly by volume of ingredients. For example, to make a liquid of RI = 1.550 mix 42 parts by volume of hexadecane with 58 parts by volume of alpha chloronaphthalene.

6.5 Fiber Solvents.

6.5.1 Acetic acid, glacial. Corrosive. Do not get in eyes or on skin.

6.5.2 Acetone, reagent grade. (Caution: highly flammable).

6.5.3 Sodium hypochlorite solution, 5%. Home laundry bleach is satisfactory.

6.5.4 Hydrochloric acid, concentrated reagent, 20%. Dilute 50 mL of concentrated hydrochloric acid, 38%, to 95 mL with distilled water.

6.5.5 Formic acid, 85%. Corrosive. Do not get in eyes or on skin.

6.5.6 1,4-Dioxane.

6.5.7 *m*-Xylene.

6.5.8 Cyclohexanone.

6.5.9 Dimethylformamide. (Caution: if spilled on skin, wash off immediately.)

6.5.10 Sulfuric acid solution, 59.5 ± 0.25% by weight, density 1.4929 ± 0.0027 g per mL at 20°C. Weigh into a beaker 59.5 g of concentrated sulfuric acid (sp gr 1.84). Weigh into a 250 mL Pyrex Erlenmeyer flask 40.5 g of distilled water. Cautiously add *the acid to the water* swirling and cooling in ice water or under a tap. *Wear goggles!* The solution becomes very hot and may boil and spatter if not cooled during mixing. After the solution has cooled to 20°C (68°F) adjust the density to a value between 1.4902 and 1.4956 g per mL.

6.5.11 Sulfuric acid solution, (70 ± 1% by weight, density 1.6105 ± 0.0116 g per mL at 20°C). Weigh 70 g of concentrated sulfuric acid (sp gr 1.84) and 30 g of water and mix with the same precautions as in 6.5.10. After the solution has cooled to 20°C (68°F) adjust the density to a value between 1.5989 and 1.6221 g per mL.

6.5.12 *m*-Cresol, reagent grade. Poisonous. Use in ventilated hood.

6.5.13 Hydrofluoric acid, 49% reagent grade. Very dangerous. Use goggles and hood under suction. Do not inhale vapors or allow to contact skin.

7. Sampling

7.1 To obtain a representative sample for identification it is necessary to consider the following:

7.1.1 If the sample is loose fiber or yarn, it may contain one fiber only or it may be an intimate blend of two or more fibers.

7.1.2 A yarn sample may be a ply or wrapped core blend of two or more yarns. These yarns in turn may be the same or different and may themselves contain a blend of fibers.

7.1.3 Woven and knitted fabrics may be constructed of the same or different yarns in various combinations. The yarn may contain one or more fiber types.

7.1.4 Different fiber types may be dyed to the same color. Contrarywise, the same fiber type may appear in different colors in the finished article by mixing stock dyed or yarn dyed materials or using fibers with modified dyeing characteristics.

7.1.5 It is essential that the specimens selected represent the entire sample of raw fiber, yarn or fabric under examination.

8. Specimen Preparation

8.1 In many cases the identity of an unknown fiber can be established without pretreatment.

8.2 When the presence of starch, wax, oil or other coating obscures the appearance of the fiber, try heating in warm to hot distilled water to remove the foreign matter. If this fails, try extracting with organic solvents, 0.5% hydrochloric acid or 0.5% sodium hydroxide. Some fibers such as nylon are damaged by acid and some such as anion, silk and wool, are damaged by caustic treatment (see 9.7).

8.3 To separate vegetable fiber bundles, treat with 0.5% sodium hydroxide solution, rinse well with water and dry.

8.4 To strip dye from colored fibers, especially the cellulosic fibers, heat for 30 min at 50°C with hydrosulfite caustic solution (see 6.2.1).

9. Procedure

9.1 The identification of fibers is usually carried out by subjecting specimens to a variety of selected tests until enough information is obtained to make a satisfactory judgment as to the generic class or specific type. The selection of tests and order in which they are performed can change depending on the knowledge already available and results of the preliminary tests.

9.2 Visual and Microscopical Examination.

9.2.1 Examine the sample of material submitted for identification. Note form (loose fibers, yarn, fabric, etc.), color, fiber length and fineness, uniformity of appearance and probable end-use. If the sample is a fabric, separate out yarns by unravelling or cutting. If the fabric is woven, separate warp and filling yarns. If yarns differ in color, luster, size or other apparent ways, make a physical separation of these yarns for separate identification.

9.2.2 The fibers may be identified using either light or scanning electron microscopy. If using transmitted light microscopy, place a small quantity of the fibers on a glass slide, tease fibers apart, mount with a drop of mineral oil or other immersion fluid, cover with a cover slip and examine under the microscope.

9.2.3 Observe the fiber characteristics as seen in traverse section and classify into four general classes.

9.2.4 Fibers with surface scales. These are the animal hair fibers listed in Purpose and Scope (see 1.3). All of the keratin fibers listed except silk are included in this group. Continue detailed microscopical examination including cross-section examination (see 9.3). Compare with the characteristics in Table I, photographs in the appendix of this method, and known

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

specimens of hair fibers (see 12.3). Additional confirmation of this class may be made by burning test (see 9.5); density (see 9.6); and solubility (see 9.7).

9.2.5 Fibers with Cross Markings. These are the vegetable fibers other than cotton listed in 1.3. Continue detailed microscopical examination including cross-section examination (see 9.3). Compare with characteristics as given in Table II, photographs and known specimens of vegetable fibers. To distinguish linen and ramie from hemp, observe the direction of rotation on drying (see 9.8). If the fibers are light in color, stain with zinc chloro-iodide reagent and with acid phloroglucinol as directed in 9.9. Additional confirmation of this class may be made by tests described in 9.4, 9.5, 9.6 and 9.7.

9.2.6 Convoluted Fibers. This class includes cotton and tussah silk. The two are easily distinguished by cross-section (see 9.2), burning test (see 9.5) and solubility (see 9.7) or micro-FTIR (see Appendix II). If fibers are light in color, they may be distinguished by staining with zinc chloro-iodide reagent (see 9.9).

9.2.7 Other Fibers. This class includes all of the man-made fibers, Bombyx silk and asbestos. The latter two can be identified by microscopical appearance including cross-section (see 9.3). Burning tests (see 9.5) and solubility tests (see 9.7) are especially significant for asbestos and are useful in confirming the presence of silk.

The man-made fibers are best identified by micro-FTIR, solubility, melting point, refractive indices and other optical characteristics and density: properties which relate to chemical nature rather than physical shape. Cross-sections may vary and staining tests can be misleading since modifications of a generic type may dye differently. Used with discrimination and in combination with other tests, cross-sections and dye tests may sometimes be helpful in narrowing down the number of possibilities. Metallic fibers have a distinctive shiny appearance, but a shiny residue may not indicate a metallic fiber. Using a transmitted light microscope at 5x, 10x and 20x magnification powers will not reveal diffraction, interference and gloss effects that can deceptively appear to be metallic in nature. Chemical (colorimetric) and/or instrumental (Atomic Absorption Spectrophotometric) analyses should be performed to confirm their presence.

9.3 Microscopical Cross-Section Examination.

9.3.1 Obtain a parallel bundle of fibers or yarn. Thread a loop of copper wire through one hole in the stainless steel plate. Catch the bundle or yarn in the loop and pull it through the hole. Use sufficient fibers to pack the hole full. If necessary, use some extra, readily identifiable other fiber to fill up the hole.

Table I—Characteristics of Fibers with Scales on Surface

Note: The characteristic designated by a capital letter X in this table is that which is especially significant.

Microscopical Appearance	Alpaca	Camel	Cashmere[4,5]	Horse	Llama	Mohair	Vicuna	Wool[3]	Yak
Longitudinal:									
Epidermis:									
Pronounced	—	—	—	—	—	—	—	X	—
Faint	x	x	X	x	x	X	x	—	x
Coronal[a]	—	x	x	X	—	—	x	x	x
Imbricate[b]	x	x	—	—	x	x	—	x	x
Smooth edge	—	x	x	x	—	x	x	x	—
Serrated edge	X	—	—	x	X	—	—	—	x
Medulla:									
Occurrence:									
Usually present	x	—	—	x	X	—	—	—	—
Seldom present	—	x	X	—	—	x	x	x	—
Never present	—	—	—	—	—	—	—	—	x
Type:									
Fragmental	x	x	—	—	x	—	x	x	—
Interrupted	x	—	—	—	x	x	x	x	—
Continuous	x	—	—	x	x	x	—	—	—
Size (ratio to fiber diameter):									
Under ¼	—	—	—	—	—	x	x	x	—
¼ to ½	x	—	—	x	x	x	—	x	—
Over ½	—	—	—	X	—	—	—	—	—
Pigment:									
Diffuse	—	—	x	—	—	—	—	—	—
Streaky	x	X	x	—	x	—	x	—	x
Granular	—	x	—	x	—	—	—	—	x
Mono	—	—	—	—	—	X	—	X	—
Cross-Section:									
Contour:									
Round to oval	—	x	x	x	—	x	x	x	x
Oval to elongated	x	—	—	—	x	—	—	x	—
Kidney	x	—	—	—	x	—	—	—	—
Medulla contour:									
Round to oval	—	—	—	x	—	x	x	x	—
Oval to elongated	X	—	—	—	X	—	—	—	—
Kidney to dumbbell	X	—	—	—	X	—	—	—	—
Pigment distribution:									
Uniform	x	X	—	—	x	—	x	—	x
Cortical	—	—	X	—	—	—	—	—	—
Eccentric	—	—	—	X	—	—	—	—	—
Fineness (in µm)									
Average	26 to 28	18	15 to 16.5	—	26 to 28	—	13 to 14	—	18 to 22
Range	10 to 50	9 to 40	5 to 30	—	10 to 40	10 to 60	6 to 25	10 to 70	8 to 50
Number of scales per 100 µm	—	—	6 to 7	—	—	Under 5.5	—	Over 5.5	Over 7

[a] Coronal means crowlike, and refers to scales in which the visible scale edge completely encircles the fiber.
[b] Imbricate means overlapping, and refers to scales in which the visible scale edges overlap like shingles on a roof and cover only a part of the fiber circumference.
[c] The term wool is used here to represent clothing wool and not carpet wool.
[d] The longitudinal/epidermal appearance of cashmere fiber while generally finer than that of sheep's wool is not as faint as some specialty fibers such as camel and alpaca.
[e] The average diameter for cashmere fibers was broadened in 2000 based on a review of published research concerning Asian capra hircus.

Table II—Appearance of Fibers with Cross Markings or Swellings

Longitudinal Section:	Linen	Hemp	Ramie
Ratio, lumen of fiber diameter	under ½	usually over ½	over ½
Cell ends	pointed	blunt or forked	blunt
Cross-Section:			
Contour	sharp polygon	rounded polygon	elongated polygon
Lumen	round or oval	irregular	irregular

9.3.2 With a sharp razor blade make a smooth cut on both sides of the plate.

9.3.3 Examine the section in air, or covered by a mounting fluid like mineral oil under a cover slip. Use transmitted light and useful magnification of 200-500X. Compare with photographs in Appendix or cross-sections of known fibers.

9.3.4 If the Hardy type microtome is used, follow instructions with the instru-

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ment. Insert a bundle of fibers or yarn into the slot. Slide the tongue into the slot to compress the bundle. Adjust the quantity of fibers for a tight package. Cut off both sides. Apply a drop of collodion to one cut face, wait until it shows through on the other side and then apply a drop to the other side. Let dry thoroughly. Slice off excess collodion and fiber on both sides of the plate with a sharp razor blade.

9.3.5 Attach the auxiliary plunger, and with the screw advance the embedded tuft through the slot until it protrudes 20-40 µm above the plate. Add a drop of collodion and let dry about 5 min or until firm. Slice off collodion and embedded fiber section with a sharp razor blade held at about 45° angle with the slot. Cut with a single stroke.

9.3.6 Remove the section, transfer to a glass slide, mount with a drop of mineral oil or other immersion liquid, add a cover slip and examine. Continue to cut sections as described in 9.3.5 until good clear cross-sections are obtained. Examine and compare to known cross-sections.

9.4 Refractive Index.

9.4.1 Place a small sample of the fiber on a glass slide. Immerse in a drop of a chloronaphthalene and cetane mixture (or equivalent) of refractive index 1.55.

9.4.2 Insert the polarizer into the substage of the microscope to provide light polarized in the 6-12 o'clock direction. Align the long dimension of a fiber in the same direction. Close the diaphragm of the substage condenser so as to provide axial illumination.

9.4.3 Focus carefully on the outlines of the fiber. With the fine adjustment, raise the focus to just above the top of the fiber. If the fiber is roughly a cylinder, it will act like a lens. If the refractive index of the fiber is *higher* than the immersion liquid, the fiber will act like a positive lens. A bright line of light will move into the middle of the fiber as the focus is raised. If the refractive index of the fiber is *lower* than the immersion liquid, the light will flare out as the focus is raised and the middle of the fiber will become darker. Repeat until certain of the direction.

9.4.4 The test can be seen best with round fibers. On flat ribbons it may be easier to see movement of a bright line—the Becke line—at the outlines of the fiber. Movement is in the same direction, toward the medium of higher refractive index as the focus is raised.

9.4.5 Rotate the specimen 90° and repeat the test.

9.4.6 Rotate the specimen 45°. Insert the analyzer in the body tube or eyepiece to provide crossed polars. Observe if the fiber appears very bright (strong birefringence), dim (weak birefringence) or dark (no birefringence).

9.4.7 Refer to Table IV for refractive index of fibers in the long and cross direction and an estimate of birefringence. Consider that the retardation depends on the thickness of the fiber specimen as well as the extent of drawing of a given specimen. Compare with known fibers of similar diameter for birefringence.

9.4.8 Select other immersion liquids and repeat 9.4.1 through 9.4.5. As the refractive index of the liquid approaches that of the fiber, the outlines of the fiber become less distinct. Match the liquid to the fiber within 0.01 refractive index.

9.5 Burning Test.

9.5.1 Take a small tuft of fibers (held in tweezers) and place close to the side of a small flame. Note if the fibers melt or shrink from the flame.

9.5.2 Move the fibers into the flame. Note whether the fibers will burn when held in the flame. Remove from the flame very slowly and carefully. Note whether the fibers continue to burn outside of the flame. Make sure that the fiber was ignited before making this latter observation.

9.5.3 Blow out the flame, if still burning, and smell the smoke. Note the odor and examine the color and nature of any ash residue.

9.5.4 Compare the behavior observed with that listed in Table III and that of known reference fibers. Flame retardant modifications of some fibers—cotton, rayon, acetate and modacrylic, for example—are available. Burning is retarded; odor on burning and ash may be changed. Colored fibers—especially those colored by pigments—will retain color in the colored residue.

9.5.5 Odors of some burning fibers are quite characteristic. The animal fibers and man-made protein fibers (azlon) have the odor of burning hair or feathers. The vegetable fibers and regenerated cellulose (rayon) smell like burning paper. The smell of burning rubber is a familiar odor. Other man-made fibers—such as acrylic, nylon and spandex—have characteristic odors which can be recognized with experience.

9.6 Density.

9.6.1 Prepare a density gradient column as follows. Clamp the density gradient glass tube in a firm vertical stand. Pour into the tube 25 mL of tetrachloroethylene. Now prepare mixtures of xylene and tetrachloroethylene by volume in descending order of percent tetrachloroethylene: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80 and 10/90. Pour 25 mL of each in order carefully down the side of the gradient tube. Finally, put 25 mL of xylene on top.

9.6.2 Take short fragments of dyed reference fibers and tie in a knot snipping off loose ends. Boil for about 2 min in xylene

Table III—Reaction to Flame

	Melts Near Flame	Shrinks From Flame	Burns In Flame	Continues to Burn	Appearance of Ash
Natural Fibers					
silk	yes	yes	yes	slowly	soft black bead
wool	yes	yes	yes	slowly	irregular black
cellulose	no	no	yes	yes	light greyish
asbestos	no	no	no	no	may blacken
Man-Made Fibers					
acrylic acetate azlon nylon	yes	yes	yes	yes	hard black irregular shaped bead
polyester	yes	yes	yes	yes	hard black round bead
nylon	yes	yes	yes	yes	hard grey round bead
olefin vinal	yes	yes	yes	yes	hard tan bead
modacrylic saran vinyon	yes	yes	yes	no	hard black irregular bead
metallic	yes	yes	no	no	metal bead
glass	yes	slowly	no	no	hard clear bead
rubber	yes	yes	yes	no	irregular mass
spandex	yes	no	yes	yes	fluffy black or grey
aralex	yes	no	yes	yes	brittle black irregular bead
rayon	no	no	yes	yes	none
aramid	no	yes	yes	no	hard black bead
novoloid	no	no	best	no	carbon

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Table IV—Physical Properties of Fibers

	Refractive Index				
	Long	Cross	Birefringence	Density g/cc	Melting Point Degree C
Natural Fibers					
asbestos (chrysotile)	1.50-1.55	1.49	strong	2.1-2.8	over 350
cellulose	1.58-1.60	1.52-1.53	strong	1.51	none
silk	1.59	1.54	strong	1.32-1.34	none
wool and other hair	1.55-1.56	1.55	weak	1.15-1.30	none
Man-Made Fibers					
acetate, secondary	1.47-1.48	1.47-1.48	weak	1.32	260
acetate, tri.	1.47-1.48	1.47-1.48	weak	1.30	288
acrylic	1.50-1.52	1.50-1.52	weak, negative	1.12-1.19	none
anidex	opaque		—	1.22	softens at 190
aramid	—	—	strong	1.38	chars at 400
arlon	1.53-1.54	1.53-1.54	none	1.30	none
glass	1.55	1.55	none	2.4-2.6	850
metallic	opaque		—	varies	over 300
modacrylic	1.54	1.53	weak	1.30 or 1.36	188* or 120
novoloid	1.5-1.7		none	1.25	none
nylon	1.57	1.51	strong	1.12-1.15	213-225
nylon 6,6	1.58	1.52	strong	1.12-1.15	256-265
nytril	1.48	1.48	nil	1.20	218
polyester	1.71-1.73 or 1.63	1.53-1.54	intense	1.38 or 1.23	250-260 or 282
polyethylene	1.56	1.51	strong	0.90-0.92	135
polypropylene	1.56	1.51	strong	0.90-0.92	170
rayon	1.54-1.56	1.51-1.53	strong	1.51	none
rubber	opaque		—	0.96-1.06	none
saran	1.61	1.61	weak, negative	1.70	168
spandex	opaque		—	1.20-1.21	230
vinal	1.55	1.52	strong	1.26-1.30	—
vinyon	1.53-1.54	1.53	weak, negative	1.34-1.37	230 or 400

*Not sharp. Sticking point is 178°C.

solvent to remove moisture and air. Place in the column. After about a half hour they should come to rest at the level representing their density. Calibrated glass spheres may be used to determine the actual density at various levels.

9.6.3 Prepare the unknown fiber in like manner, place in the gradient column and note at what level it floats. Densities of fibers are listed in Table IV.

9.7 Solubility Test.

9.7.1 For tests at room temperature (20°C) place a small sample of the fibers in a watch crystal, test tube or 50 mL beaker and cover with the test solvent (see Table V). Use about 1 mL of solvent per 10 mg of fiber.

9.7.2 If the test is conducted at the boiling point of the solvent, first bring the solvent to a boil in a beaker on an electric hot plate in a ventilated hood. Adjust the hot plate temperature to maintain slow boiling and keep watch so that the solvent does not boil dry. Drop fiber sample into the boiling solvent.

9.7.3 If the test is conducted at some intermediate temperature, heat a beaker of water on a hot plate and adjust the temperature with a thermometer. Place the fiber sample in the test solvent in a test tube and immerse in the heated water bath.

9.7.4 Note if the fiber dissolves completely, softens to a plastic mass or remains insoluble. Compare with data on fiber solubility in Table V.

9.7.5 Solubility can also be used as a test to determine the presence of a metal component in a fiber. On dissolving in meta-cresol a shiny residue is evidence of a metal component.

9.8 Drying Twist Test.

9.8.1 Separate out a few parallel fibers. Dip in water and squeeze off excess. Tap the end of the bundle to make separate fibers flare out. Hold over a hot plate in warm air to dry the fibers. Hold the fibers so that the free ends point toward the observer. Note the direction of twist as the fibers dry. Linen and ramie twist in a clockwise direction; hemp and jute twist in a counter clockwise direction.

9.9 Stain Tests.

9.9.1 Place a few fibers on a microscopical slide. Apply a drop of zinc chloro-iodide reagent and cover with a cover slip taking care to avoid bubbles. Examine the fibers for staining. Hemp, ramie and cotton stain violet; linen stains brownish violet; jute stains brown. Many other fibers stain shades of yellow brown including silk.

9.9.2 Warm a few fresh fibers on a microscopical slide with a drop of acid phloroglucinol reagent. Woody fibers such as unbleached jute stain a deep magenta because of the presence of lignin.

9.10 Melting Point.

9.10.1 Melting Point Apparatus.

9.10.2 Place a few fibers on the clean heating block. Cover with a cover slip. Turn the heat on and set the heating rate for fast heating. Observe the thermometer and the sample. When the temperature reaches 100°C, reduce the rate of heating. (If previous tests already indicate the fiber, the rate can be set at about 10°C per min until 10-20°C below the expected melting point.) Near the melting point the rate should be reduced to about 2°C per min.

9.10.3 Observe the fibers for evidence of softening. At the melting point, liquid begins to form which wets the cover slip. Fibers eventually merge and form a liquid mass. As the test is in progress it is sometimes helpful to press gently on the cover slip with tweezers to see if the fibers flatten under pressure. If this melting point is passed at a high heating rate, repeat the test with a fresh sample.

9.10.4 Compare the melting point found with those listed in Table IV.

9.10.5 Microscope Mounted Apparatus.

9.10.6 Place a few fibers on one of the small glass slides provided and cover with a cover slip. Place the slide on the stage of the microscope with the fibers over the central hole of the stage. Put the baffle and cover plate in place.

9.10.7 Insert the polarizing accessories in the optical path of the microscope to provide crossed polars. The fibers should be visible if aligned diagonally to the direction of polarization. If fibers are not visible under these lighting conditions, remove the polarizing accessories and observe in ordinary transmitted light.

9.10.8 Set a high heating rate with the voltage regulator until the temperature reaches 100°C. Reduce the rate as the expected melting point is approached as directed in 9.10.2.

9.10.9 Observe the fibers. As melting takes place there is a decrease in birefringence; the fibers become dark. Read as melting point the temperature at which the fibers become completely dark. If crossed polars are not used, observe melting as described in 9.10.2.

9.10.10 Compare the melting point found with those listed in Table IV.

9.11 Micro-FTIR.

9.11.1 Compare FTIR spectra with FTIR spectra in Appendix II or other library sources (see Appendix II—Figs. 1-9).

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

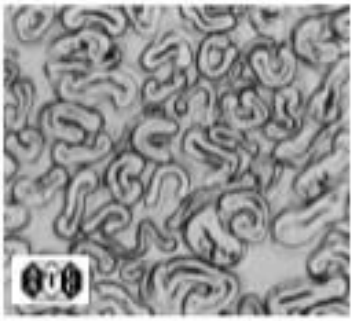
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Appendix I
Photomicrographs of Common Textile Fibers

Cross-Section 500X



Longitudinal View 500X

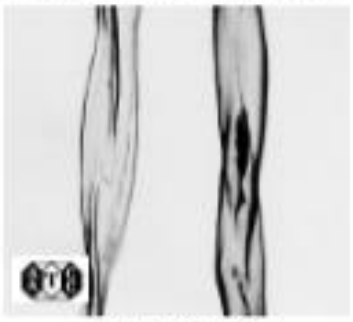
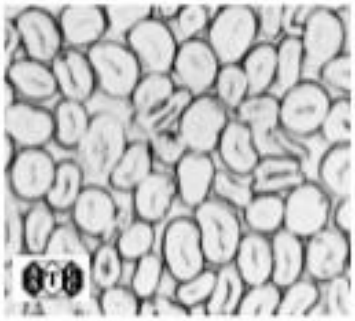


Fig. 1—Cotton, not mercerized.

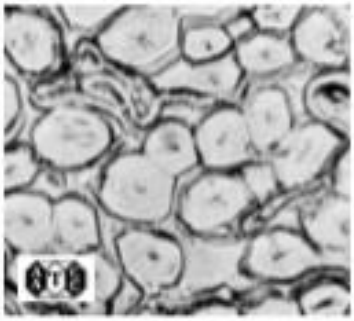
Cross-Section 500X



Longitudinal View 500X

Fig. 2—Cotton, mercerized.

Cross-Section 500X



Longitudinal View 500X

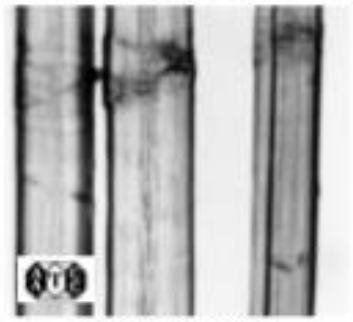
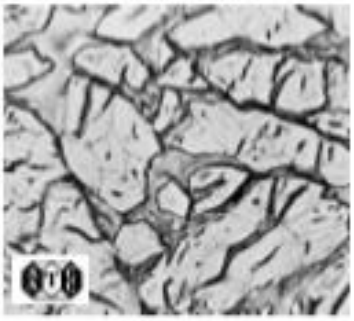


Fig. 3—Linen.

Cross-Section 500X



Longitudinal View 500X

Fig. 4—Hemp.

Cross-Section 500X

Longitudinal View 500X

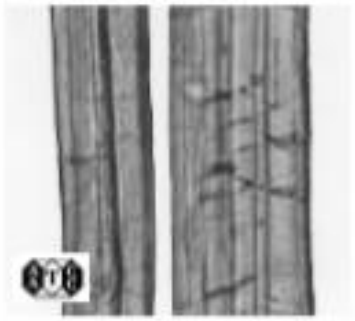
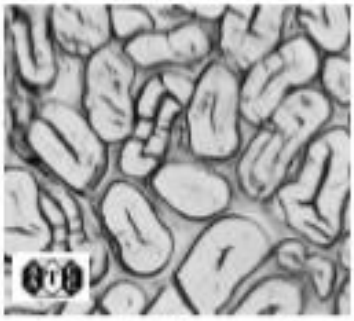


Fig. 5—Jute.

Cross-Section 500X



Longitudinal View 500X

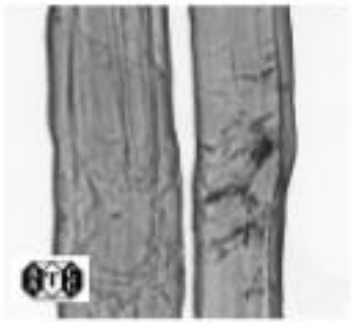


Fig. 6—Ramie.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

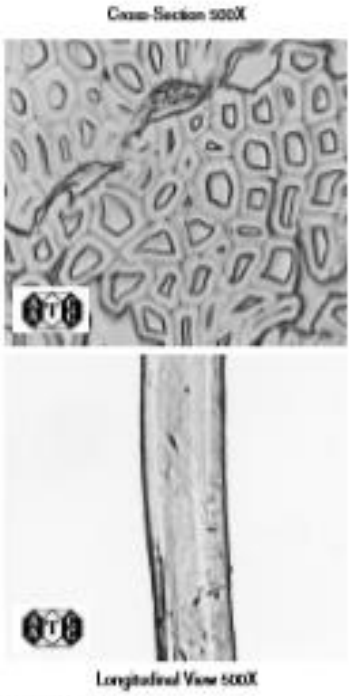


Fig. 7—Sisal.

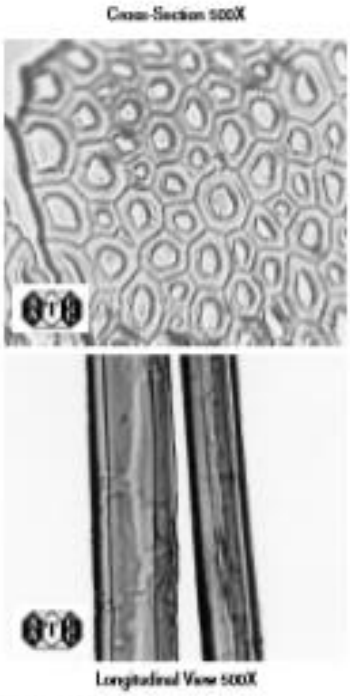


Fig. 8—Abaca.

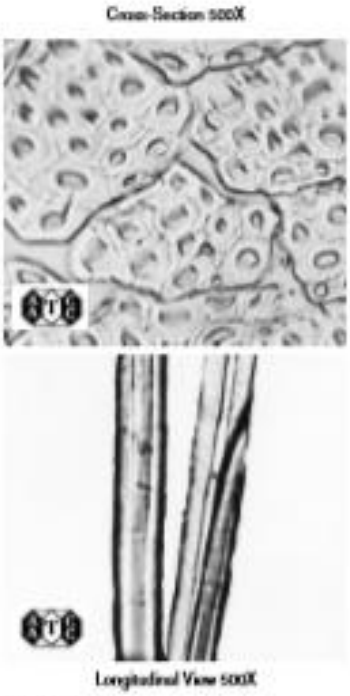


Fig. 9—Kenaf.

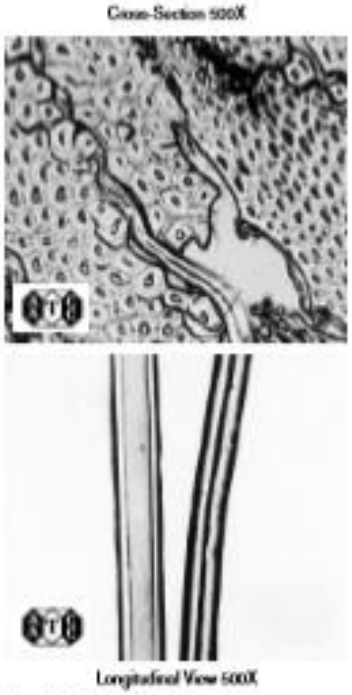


Fig. 10—Phormium.

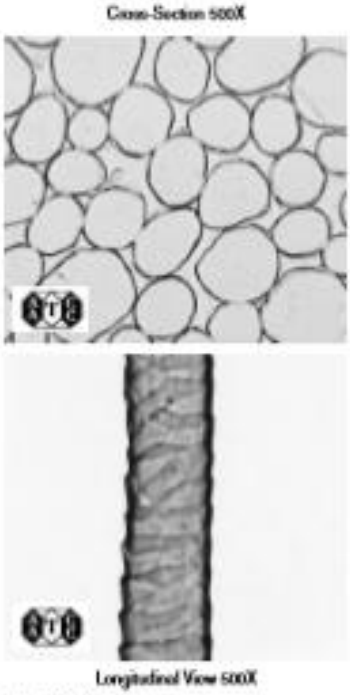


Fig. 11—Wool.

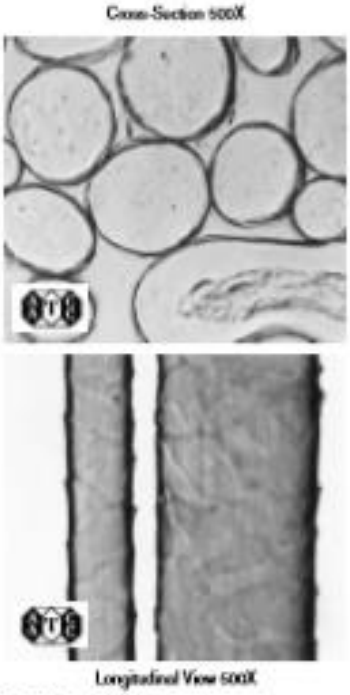


Fig. 12—Mohair.

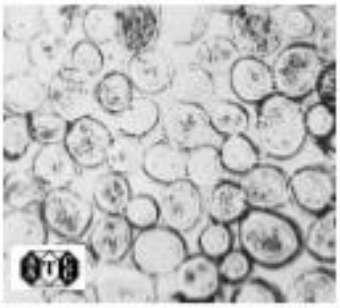
Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

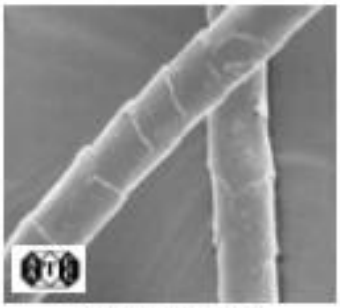
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cross-Section 500X



Longitudinal View 240X

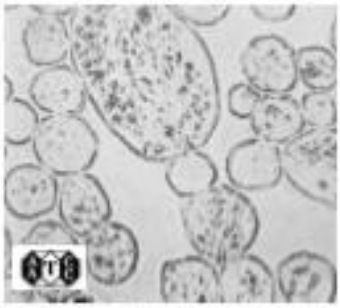
Fig. 13—Cashmere.

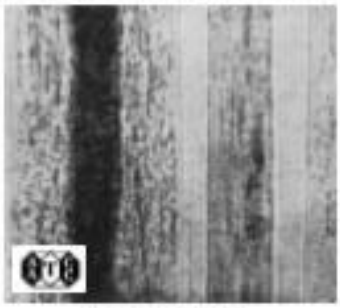


Longitudinal View 1500X

Fig. 13A—SEM (Cashmere).

Cross-Section 500X

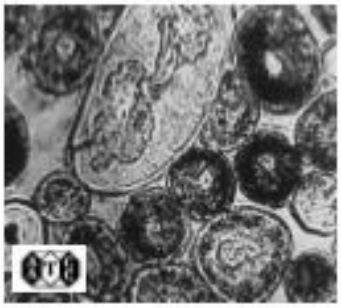


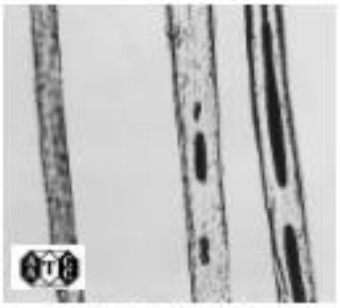


Longitudinal View 500X

Fig. 14—Camel hair.

Cross-Section 500X

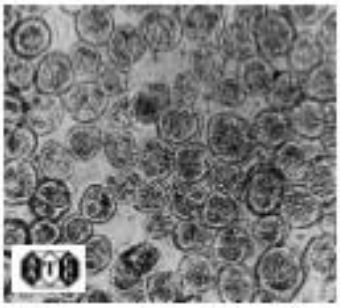




Longitudinal View 240X

Fig. 15—Alpaca.

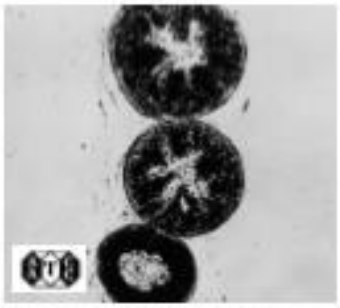
Cross-Section 500X

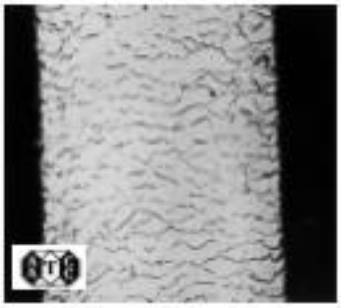


Longitudinal View 240X

Fig. 16—Vicuna.

Cross-Section 115X





Longitudinal View 230X

Fig. 17—Horsehair.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS 2 NORMA AATCC MÉTODO DE PRUEBA 16-2004

Colorfastness to Light

Developed in 1964 by AATCC Committee RA50; revised 1971, 1974, 1978, 1981, 1982, 1990 (Supersedes AATCC Test Methods 16-1987, 16A-1988, 16C-1988, 16D-1988, 16E-1987, 16F-1988 and 16G-1985), 1993, 2003, 2004; reaffirmed 1977, 1998; editorially revised 1983, 1984, 1986, 1995, 1996, 2008. Technically equivalent: Option 6-ISO 105-B01; Related to Option 3-ISO 105-B02.

1. Purpose and Scope

1.1 This test method provides the general principles and procedures which are currently in use for determining the colorfastness to light of textile materials. The test options described are applicable to textile materials of all kinds and for colorants, finishes and treatments applied to textile materials.

Test options included are:

1—Enclosed Carbon-Arc Lamp, Continuous Light

2—Enclosed Carbon-Arc Lamp, Alternate Light and Dark

3—Xenon-Arc Lamp, Continuous Light, Black Panel Option

4—Xenon-Arc Lamp, Alternate Light and Dark

5—Xenon-Arc Lamp, Continuous Light, Black Standard Option

6—Daylight Behind Glass

1.2 The use of these test options does not imply, expressly or otherwise, an accelerated test for a specific application. The relationship between any lightfastness test and the actual exposure in use must be determined and agreed upon by the contractual parties.

1.3 This test method contains the following sections that assist in the use and implementation of the various options for determining lightfastness of textile materials.

	Section
Terminology	3
Safety Precautions	4
Uses and Limitations	5
Apparatus and Materials	6
Comparison Standards	7
Test Specimen Preparation	8
Machine Operating Conditions	9
Calibration and Verification	10-12
AATCC Fading Unit Measurement	13-14
Machine Exposure Procedures	15-18
Daylight Exposure Procedures	19-22
Evaluation of Results	23-27
Report	28
Precision and Bias	29-30
References	31
Notes	32
Appendix	A-C

2. Principle

2.1 Samples of the textile material to be tested and the agreed upon comparison standard(s) are exposed simultaneously to a light source under specified conditions. The colorfastness to light of the specimen is evaluated by comparison of the color change of the exposed portion to the masked control portion of the test specimen or unexposed original material using the AATCC Gray Scale for Color Change, or by instrumental color measurement. Lightfastness classification is accomplished by evaluation versus a simultaneously exposed series of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards.

3. Terminology

3.1 **AATCC Blue Wool Lightfastness Standard,** n.—one of a group of dyed wool fabrics distributed by AATCC for use in determining the amount of light exposure of specimens during lightfastness testing (see 32.1).

3.2 **AATCC Fading Unit (AFU),** n.—a specific amount of exposure made under the conditions specified in various test methods where one AFU is one-twentieth (1/20) of the light-on exposure required to produce a color change equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change or 1.7 ± 0.5 CIELAB units of color difference on AATCC Blue Wool Lightfastness Standard L4.

3.3 **black-panel thermometer,** n.—a temperature measuring device, the sensing unit of which is coated with black paint designed to absorb most of the radiant energy encountered in lightfastness testing (see 32.2).

3.3.1 This device provides an estimation of the maximum temperature a specimen may attain during exposure to natural or artificial light. Any deviation from the geometry of this device described in 32.2 may have an influence on the measured temperature.

3.4 **black standard thermometer,** n.—a temperature measuring device, the sensing unit of which is coated with black material designed to absorb most of the radiant energy encountered in lightfastness testing and is thermally insulated by means of a plastic plate (see 32.2).

3.4.1 This device provides an estimation of the maximum temperature a specimen may attain during exposure to natural or artificial light. Any deviation from the geometry of the device described in 32.2 may have an influence on the measured temperature. The temperature measured by the black standard thermometer will not be the same as that measured by the black-panel thermometer; therefore, they cannot be used interchangeably.

3.5 **broad bandpass radiometer,** n.—a relative term applied to radiometers that have a bandpass width of more than 20 nm at 50% of maximum transmittance and can be used to measure irradiance at wavelengths such as 300-400 nm or 300-800 nm.

3.6 **color change,** n.—*as used in colorfastness testing,* a change in color of any kind whether a change in lightness, hue or chroma or any combination of these, discernible by comparing the test specimen with a corresponding untested specimen.

3.7 **colorfastness,** n.—the resistance of a material to change in any of its color characteristics, to transfer of its colorant(s) to adjacent materials, or both as a result of exposure of the material to any environment that might be encountered during the processing, testing, storage or use of the material.

3.8 **colorfastness to light,** n.—the resistance of a material to a change in its color characteristics as a result of exposure of the material to sunlight or an artificial light source.

3.9 **infrared radiation,** n.—radiant energy for which the wavelengths of the monochromatic components are greater than those for visible radiation and less than about 1 mm.

NOTE: The limits of the spectral range of infrared radiation are not well defined and may vary according to the user. Committee E-2.1.2 of the CIE distinguishes in the spectral range between 780 nm and 1 mm:

IR-A	780-1400 nm
IR-B	1.4-3.0 µm
IR-C	3 µm to 1 mm

3.10 **irradiance,** n.—radiant power per unit area incident on a receiver, typically reported in watts per square meter, W/(m²·nm).

3.11 **"L" designation,** n.—the sequence number given each AATCC Blue Wool Lightfastness Standard according to the number of AATCC Fading Units required to produce a color change equal to Step 4 on the AATCC Gray Scale for Color Change.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

NOTE: See Table II for the numerical relationship between "L" designations of the standards and their colorfastness to light in AFUs. The colorfastness to light of a fabric specimen can be determined by comparing its color change after light exposure with that of the most similar AATCC Blue Wool Lightfastness Standard as shown in Table III.

3.12 **langley,** n.—a unit of total solar radiation equivalent to one gram caloric per square centimeter of irradiated surface.

NOTE: The internationally recommended units are: Joule (J) for quantity of radiant energy, watt (W) for quantity of radiant power, and meter squared (m^2) for area. The following factors are to be used: 1 langley = 1 cal/cm^2; 1 cal/cm^2 = 4.184 J/cm^2 or 41840 J/m^2.

3.13 **lightfastness,** n.—the property of a material, usually an assigned number, depicting a ranked change in its color characteristics as a result of exposure of the material to sunlight or an artificial light source.

3.14 **narrow bandpass radiometer,** n.—a relative term applied to radiometers that have a bandpass width of 20 nm or less at 50% of maximum transmittance and can be used to measure irradiance at wavelengths such as 340 or 420, ± 0.5 nm.

3.15 **photochromism,** n.—a qualitative designation for a reversible change in color of any kind (whether a change in hue or chroma) which is immediately noticeable upon termination of light exposures when the exposed area of a specimen is compared to the unexposed area.

NOTE: The reversion of the color change or instability of the hue or chroma upon standing in the dark distinguishes photochromism from fading.

3.16 **pyranometer,** n.—a radiometer used to measure the global solar irradiance or, if inclined, hemispherical solar irradiance.

3.17 **radiant power,** n.—energy per unit time emitted, transferred or received as radiation.

3.18 **radiometer,** n.—an instrument used to measure radiant energy.

3.19 **total irradiance,** n.—radiant power integrated over all wavelengths at a point in time expressed in watts per square meter (W/m^2).

3.20 **ultraviolet radiation,** n.—radiant energy for which the wavelengths of the monochromatic components are smaller than those for visible radiation and more than about 100 nm.

NOTE: The limits of the spectral range of ultraviolet radiation are not well defined and may vary according to the user. Committee E.2.1.2 of the CIE distinguishes in the spectral range between 400 and 100 nm:

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

3.21 **visible radiation,** n.—any radiant energy capable of causing a visual sensation.

NOTE: The limits of the spectral range of visible radiation are not well defined and may vary according to the user. The lower limit is generally taken between 380 and 400 nm and the upper limit between 760 and 780 nm (1 nanometer, 1 nm = 10^{-9} m).

3.22 **xenon reference fabric,** n.—a dyed polyester fabric used for verifying xenon-arc equipment test chamber temperature conditions during a lightfastness test cycle (see 32.4, 32.5 and 32.7).

3.23 For definitions of other terms relative to lightfastness used in this test method, refer to the *Glossary of AATCC Standard Terminology*.

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted on specific details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 Do not operate the test equipment until the manufacturer's instructions have been read and understood. It is the operator's responsibility to conform to the manufacturer's directions for safe operation.

4.2 The test equipment contains high intensity light sources. Do not look directly at the light source. The door to the test chamber must be kept closed when the equipment is in operation.

4.3 Before servicing light sources, allow 30 min for cool-down after lamp operation is terminated.

4.4 When servicing the test equipment, shut off both the off switch and the main power disconnect switch. When equipped, ensure that the main power indicator light on the machine goes out.

4.5 Daylight exposure of the skin and eyes for prolonged periods may be hazardous and therefore caution should be employed to protect these areas. Do not look directly at the sun under any circumstances.

4.6 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

5. Uses and Limitation

5.1 Not all materials are affected equally by the same light source and environment. Results obtained by the use of any one test option may not be representative of those of any other test option or any end-use application unless a mathematical correlation for a given material and/or a given application has been established. Enclosed Carbon-Arc, Xenon-Arc and Daylight have been extensively used in the trade for acceptance testing of textile materials. There may be a distinct difference in spectral power distribution, air temperature and humidity sensor locations, and test chamber size between test equipment supplied by different manufacturers that can result in differences in reported test results. Consequently, data obtained from equipment supplied by the different manufacturers, different test chamber size, or different light source and filter combinations cannot be used interchangeably, unless a mathematical correlation has been established. No correlations among differently constructed test apparatus are known to AATCC Committee RA50.

5.2 Results from Xenon-Arc, for all materials should be in good agreement with the results obtained in Daylight Behind Glass (see Table II). Since the spectral distribution of Xenon-Arc, Alternate Light and Dark, equipped with the specified filter glass is very close to that of average or typical daylight behind window glass, it is expected that results should be in good agreement with the results obtained in Daylight, Daylight Behind Glass. The two carbon-arc options, Continuous and Alternating Light and Dark, under the conditions specified, will produce results which correlate with those obtained in the Daylight Behind Glass Method unless the material being tested is adversely affected by the differences in spectral characteristics of Enclosed Carbon-Arc and natural light.

5.3 When using this test method, the test method option selected should incorporate light, humidity, and heat effects based upon historical data and experience. The test method option selected should also reflect expected end-use conditions associated with the material to be tested.

5.4 When using this test method, use a standard of comparison which has a known change in lightfastness after a specific exposure for comparison to the material to be tested. AATCC Blue Wool Lightfastness Standards have been used extensively for this purpose.

6. Apparatus and Materials (see 32.3)

6.1 AATCC Blue Wool Lightfastness Standards L2 through L9 (see 32.1 and 32.6).

6.2 Xenon Reference Fabric (see 32.4, 32.5, 32.6 and 32.7).

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Table I—Machine Exposure Conditions by Option

Component	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5
Light Source	Enclosed Carbon[a]	Enclosed Carbon[a]	Xenon[b,c]	Xenon[b]	Xenon[b,c,d]
	Continuous Light	Alternate Light/Dark	Continuous Light	Alternate Light/Dark	Continuous Light
Black Panel Temperature, Light Cycle	63 ± 3°C (145 ± 6°F)	63 ± 3°C (145 ± 6°F)	63 ± 1°C (145 ± 2°F)	— —	— —
Black Standard Temperature, Light Cycle	— —	— —	— —	70 ± 1°C (158 ± 2°F)	60 ± 3°C (140 ± 6°F)
Chamber Air Temperature, Light Cycle	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	32 ± 5°C (90 ± 9°F)
Dark Cycle	— —	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	— —	43 ± 2°C (110 ± 4°F)	— —
Relative Humidity, %					
Light Cycle	30 ± 5	35 ± 5	30 ± 5	35 ± 5	30 ± 5
Dark Cycle	—	90 ± 5	—	90 ± 5	—
Light Cycle, Hours					
Light-On	Continuous	3.8	Continuous	3.8	Continuous
Light-Off	—	1.0	—	1.0	—
Filter Type	Borosilicate	Borosilicate	see A.3.3	see A.3.3	see A.3.3
Irradiance W/m²/nm (at 420 nm)	Not controlled	Not controlled	1.10 ± 0.03	1.10 ± 0.03	1.25 ± 0.2
Irradiance W/m² (300-400 nm)	Not controlled	Not controlled	48 ± 1	48 ± 1	65 ± 1
Water Requirements (Input)					
Type		demineralized, distilled or reverse osmosis			
Solids-ppm		less than 17 ppm, preferably less than 8			
pH		7 ± 1			
Temperature		Ambient 16 ± 5°C (61 ± 9°F)			

[a] See Appendix C.
[b] See Appendix A.
Be sure that the temperature chosen is appropriate for the type of Black Thermometer to be used.
[c] Options 3 and 5 have different temperature set-points specified because of the differences in the thermal sensing elements between the Black Panel Thermometer and the Black Standard Thermometer.
[d] Option 5 should be used at the recommendation of the equipment manufacturer.

6.3 L4 AATCC Blue Wool Standard of Fade for 20 AATCC Fading Units (AFU) (see 32.6).

6.4 L2 AATCC Blue Wool (alternate) Standard of Fade for 20 AATCC Fading Units (AFU) (see 11.2 and 32.5).

6.5 Xenon Reference Fabric Standard of Fade (see 32.6).

6.6 AATCC Gray Scale for Color Change (see 32.6).

6.7 Card stock: 163 g/m² (90 lb) one ply, White Bristol Index.

6.8 Test masks made of material approaching zero light transmittance, and suitable for multiple exposure levels, such as 10, 20, 40, etc. AFU.

6.9 Black-Panel Thermometer (see 3.3 and 32.2).

6.10 Black Standard Thermometer (see 3.4 and 32.2).

NOTE: The Black-Panel Thermometer should not be confused with the Black Standard Thermometer which is used in Xenon-Arc, Continuous Light, Option 5, and some European test procedures. Temperatures as measured by the two different devices generally will not agree at the same test condition. The term *Black Thermometer*, as used in this method, refers to both the Black Panel and Black Standard Thermometers.

6.11 Spectrophotometer or Colorimeter (see 31.2).

6.12 Xenon-Arc Lamp Fading Apparatus optionally equipped with light monitors and control systems (see Appendix A).

6.13 Daylight Exposure Cabinet (see Appendix B).

6.14 Enclosed Carbon-Arc Lamp Fading Apparatus (see Appendix C).

7. Comparison Standards

7.1 AATCC Blue Wool Lightfastness Standards, as defined in Method 16, are preferred for all options. However, the rate of fade of any AATCC Blue Wool Lightfastness Standard by one test option may not agree with that of other test options.

7.2 The reference standard can be any suitable textile material where a history of the rate of color change is known. Reference standards for comparison must be determined and agreed upon by the contractual parties. Standards must be exposed simultaneously with the test specimen. The use of the standard assists in determining time-to-time equipment and test procedure variations. If test results of the exposed standards differ by more than 10% from the known standard data, thoroughly review the test equipment operating conditions, and correct any malfunctions or defective parts. Then, repeat the test.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

8. Test Specimen Preparation

8.1 Number of Specimens—For acceptance testing, use at least three replicate specimens of both the material to be tested and the standard for comparison to ensure accuracy unless otherwise agreed upon between the purchaser and the supplier.

NOTE: It is recognized that in practice one test and one control specimen are used for test purposes. While such a procedure cannot be accepted in cases of dispute, it may be sufficient in routine testing.

8.2 Specimen Cutting and Mounting—Identify each sample using a label resistant to the environment encountered during the test. Mount in frames such that the surface of the test specimen and the reference specimen are the same distance from the light source. Use covers that avoid specimen surface compression, particularly when testing pile fabrics. The test specimen and the reference standards shall be of equal size and shape. Cut and prepare test specimens for exposure as follows:

8.2.1 Specimen Backing—For all options, mount the specimens and standards on white card stock. The card stock shall be white, not reflecting cardboard (see 32.3). When mounted test specimens are masked, use test masks approaching zero light transmittance. For Option 6, put the mounted, or mounted and masked, test specimens in frames with backing as directed in an applicable specification such as open-backed, solid metal, or solid backing (see 32.5).

8.2.2 Fabric—Cut swatches of fabric with the long direction parallel to the machine (warp) direction, at least 70.0 × 120.0 mm (2.75 × 4.7 in.) with the exposed area measuring not less than 30.0 × 30.0 mm (1.2 × 1.2 in.). Secure the backed specimens in the frames supplied with the test apparatus. Ensure that front and back covers of the holders make good contact with the specimens and give a sharp line of demarcation between the exposed and unexposed areas without compressing the specimen unnecessarily (see 32.8 and 32.9). When required to prevent raveling, the samples may be edged by sewing, pinking or fusing.

8.2.3 Yarns—Wind or fasten yarns on frames of white card stock to a length of approximately 150.0 mm (6.0 in.). Only that portion of the yarns directly facing the radiant energy is evaluated for color change. Wind the yarn on the frame closely packed to at least 25.0 mm (1.0 in.) width. The control sample must contain the same number of strands as the sample subjected to exposure. After the exposure has been completed, bind together those yarns facing the light source using 20.0 mm (0.75 in.) masking or other suitable tape to keep the yarns closely packed on the exposure frame for evaluation (see 32.9).

Machine Operating Conditions

9. Preparation of Test Apparatus

9.1 Prior to running the test procedure, verify machine operation by using the following test protocol. To enhance the repeatability of test results, install test apparatus in a room where temperature and relative humidity are controlled in accordance with the manufacturer's recommendations.

9.2 Check to see that the machine has been calibrated and maintained within the manufacturer's recommended calibration schedule interval.

9.3 Turn off all rack and specimen spray units, if applicable.

9.4 Set machine operating conditions according to Table I and the specified option. Be sure that the temperature chosen is appropriate for the type of Black Thermometer to be used (see 32.2). Fill the specimen rack with framed white card stock and the required black thermometer unit. The white card stock is used to simulate air flow in the test chamber during the test exposure and should not include the actual test specimens. Support the black thermometer unit in the specimen drum or rack in the same manner as the test specimen frames. Operate and control the test apparatus as specified in Table I and further defined by the manufacturer. Operate the test apparatus in this mode and adjust the instrumentation to provide the required black panel or black standard temperature, chamber air temperature and relative humidity. When exterior indicators are not available, read the black thermometer unit through the window in the test chamber door.

9.5 Calibrate using AATCC Blue Wool Lightfastness Standards following the guidelines in 11.1-11.2.2. If the fade of the L2 or L4 standards do not meet these requirements follow the instrument manufacturer's instructions for calibration and repeat the 20 AFU exposure with fresh L2 or L4 standards. If the fade does meet the requirements described in Section 11 remove the white card stock from the specimen rack and proceed.

9.6 For additional information to prepare and operate the test apparatus refer to the manufacturer's instructions and the following:

9.6.1 For Both Enclosed Carbon-Arc Options, use Test Standard ASTM G 151 and G 153 (see 31.3 and 31.4).

9.6.2 For Daylight Behind Glass, use Test Standard ASTM G 24 (see 31.5).

9.6.3 For all Xenon Options, use Test Standard ASTM G 151 and G 155 (see 31.3 and 31.6).

9.6.4 For Options as applicable, refer to ISO 105, Part B (see 31.7).

10. Calibration, Verification and AATCC Fading Unit Measurement

10.1 Instrument Calibration—To ensure standardization and accuracy, the instruments associated with the exposure apparatus (that is, light monitor control system, Black Thermometers, chamber air sensor, humidity control system, UV sensors and radiometers) require periodic calibration. Whenever possible, calibration should be traceable to national or international standards. Calibration schedule and procedure should be in accordance with manufacturer's instructions.

10.1.1 The accuracy of machine operation must be verified by exposure of an applicable AATCC Blue Wool Lightfastness Standard and assessment of the Standard after every 80-100 AATCC Fading Units. Always expose reference standards near the center position of the specimen rack adjacent to the black-panel temperature sensing unit.

11. Calibration by AATCC Blue Wool Lightfastness Standards

11.1 Carbon-Arc Options 1 and 2; Xenon-Arc Options 3 and 4, expose the L4 AATCC Blue Wool Lightfastness Standard at the specified temperature, humidity and selected option for 20 ± 2 continuous light-on operating hours (see Table II for the corresponding AATCC Fading Units for xenon lamp options). After exposure, assess the exposed standard specimen, either visually or instrumentally. Increase or decrease the wattage of the lamps, the time of exposure, of both, and expose additional standard specimens until the change in color of the exposed standard meets one of the following criteria.

Table II—AATCC Fading Unit and Light Exposure Equivalents for AATCC Blue Wool Lightfastness Standards (see 32.14)[a]

AATCC Blue Wool Lightfastness Standard	AATCC Fading Units	Xenon Only kJ/(m²·nm) @ 420 nm	Xenon Only kJ/(m²·nm) 300–400 nm
L2	5	21	864
L3	10	43	1728
L4	20	87	3456
L5	40	175	6912
L6	80	345[b]	13824
L7	160	690	27648
L8	320	1380	55296
L9	640	2720	110592

[a] For color change of 1.7 ± 0.3 CIELAB units or Step 4 on the AATCC Gray Scale for Color Change.

[b] Verified by experiment using Daylight Behind Glass and Xenon-Arc, Continuous Light. All other values are calculated (see 32.14).

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Table III—Classification by AATCC Blue Wool Lightfastness Standards[a] Test Specimen Color Change

Less Than Standard	Equal To But Not Greater Than Standard	More Than Standard	Lightfastness Class	AATCC Fading Units (AFU)
—	—	L2	L1	
—	L2	L3	L2	5
L2	—	L3	L2-3	
—	L3	L4	L3	10
L3	—	L4	L3-4	
—	L4	L5	L4	20
L4	—	L5	L4-5	
—	L5	L6	L5	40
L5	—	L6	L5-6	
—	L6	L7	L6	80
L6	—	L7	L6-7	
—	L7	L8	L7	160
L7	—	L8	L7-8	
—	L8	L9	L8	320
L8	—	L9	L8-9	
—	L9	—	L9	640

[a] The following are examples for using Table III to assign lightfastness classifications:

The test specimen is exposed simultaneously with standards L4, L5, and L6. After exposure and conditioning, the color change exhibited by the test specimen is less than that exhibited by the standards L4 and L5 but greater than that exhibited by the standard L6. The test specimen would be assigned a Lightfastness Classification of L5-6, or use the following example.

The test specimen is examined after each exposure increment until it exhibits a color change equal to Step 4 on the AATCC Gray Scale for Color Change. If this occurs after 40 AFU and before 80 AFU exposure, the test specimen would be assigned a Lightfastness Classification of L5-6.

11.1.1 Visual Comparison—equals the change in color exhibited by the L4 Standard of Fade applicable to the Lot designation used.

11.1.2 Instrumental Color Measurement—for Lot 5, AATCC Blue Wool Lightfastness Standard, equals 1.7 ± 0.3 CIELAB units of color change as determined by AATCC Evaluation Procedure 6. Other Lot designations of AATCC Blue Wool Lightfastness Standard L4 equals the CIELAB units of color change specified on the calibration certificate supplied with the standard as determined by AATCC Evaluation Procedure 6.

11.2 Alternate for Carbon-Arc Options 1 and 2; Xenon-Arc Options 3 and 4, the L2 AATCC Blue Wool Lightfastness Standard may be exposed at the specified temperature, humidity and selected option for 20 ± 2 continuous light-on operating hours. After exposure, assess the exposed standard specimen, either instrumentally or compare to a L2 Standard of Fade. When required, increase or decrease the wattage of the lamps, or the time of exposure, or both, and expose additional standard specimens until the change in color of the exposed standard meets one of the following criteria.

11.2.1 Visual Comparison—equals the change in color exhibited by the L2 Standard of Fade applicable to the Lot designation used (see 32.6).

11.2.2 Instrumental Color Measurement—for Lot 8, AATCC Blue Wool Lightfastness Standard L2, equals 7.24 ± 0.70 CIELAB units of color change as determined by AATCC Evaluation Procedure 6. Other Lot designations of AATCC Blue Wool Lightfastness Standard L2 equal the CIELAB unit of color change specified on the calibration certificate supplied with the standard as determined by AATCC Evaluation Procedure 6.

NOTE: The Xenon Reference fabric is discontinued for calibration since it is temperature sensitive. It is more appropriately used to monitor test chamber temperature conformance (see Sections 12, 32.4, 32.5 and 32.7).

12. Verification of Test Chamber Temperature by Xenon Reference Fabric, Xenon-Arc Options

12.1 Expose the Xenon Reference Fabric for 20 ± 2 continuous light-on operating hours at the specified temperature, humidity and selected option. Assess the exposed standard specimen, either visually or instrumentally, by one of the following:

12.1.1 Visual Comparison—If the color change of the exposed standard specimen equals the Xenon Reference Fabric Standard of Fade in 20 ± 2 continuous light-on operating hours the test equipment is maintaining the correct temperature.

12.1.2 Instrumental Color Measurement—If the exposed standard specimen equals 20 ± 1.7 CIELAB units of color change in 20 ± 2 continuous light-on operating hours, the test machine is providing the correct temperature.

12.2 If the exposed Xenon Reference Fabric differs visually, or instrumentally, from that specified in 12.1.1 or 12.1.2, as applicable, after 20 ± 2 continuous light-on operating hours, it is an indication that temperature sensing units within the test chamber are not calibrated or responding correctly, or that the test equipment requires maintenance. Verify the accuracy of the temperature sensors and that all machine functions are operating correctly according to the manufacturer's instructions. Replace temperature sensors if they are defective.

13. AATCC Fading Unit Measurement by AATCC Blue Wool Lightfastness Standards

13.1 The use of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards and AATCC Fading Units provides a common exposure standard across the various exposure methods: daylight, carbon-arc lamp and xenon-arc lamp. The terms *clock hours* and *machine hours* are not valid reporting methods.

13.2 Table II illustrates the number of AATCC Fading Units to produce a color change equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change on each of the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards.

13.3 For instrumental color measurement, the colorimetric data are calculated using CIE 1964 10° observer data for Illuminant D_{65}. Express the color difference in CIELAB units as directed in AATCC Evaluation Procedure 6. NOTE: For Xenon-Arc, Alternating Light and Dark, Option 4, although calibration is conducted using continuous light-on operating hours, it may take more or less operating hours during the actual test cycle due to the inclusion of the dark periods.

14. AATCC Fading Unit Measurement based on Spectral Irradiation, Xenon-Arc, Options 3 and 4 only

14.1 For Options 3 and 4, 20 AATCC Fading Units are produced by an exposure interval of 85 kJ/(m²·nm) measured at 420 nm when xenon-arc machines are operated at the conditions specified in this test method (see Table II).

Machine Exposure Procedures, Options 1-5

15. Machine Exposure, General Conditions

15.1 Specimen Mounting. Mount the framed test material on the specimen rack. Make sure that all materials are adequately supported, both top and bottom, in proper alignment. Any displacement of

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

the material toward or away from the source, even by a small distance, may lead to variation in fading between specimens (see 8.2). The specimen rack must be filled; card stock is used when the number of specimens being tested is insufficient to fill the specimen rack. The card stock shall be white, not reflecting cardboard (see 32.3). When alternate light and dark cycles are required, begin exposure at the start of the light cycle.

15.2 In the case of woven, knitted and nonwoven fabrics, unless otherwise specified, ensure that the side normally used as the face is directly exposed to the radiant source.

15.3 Operate the test apparatus on a daily basis until the selected exposure has been completed. Avoid unnecessary delays when interrupting the exposure period to change filters, carbons or lamps, as such delays may contribute to variations in results or lead to errors. When available, monitor exposure test chamber conditions with suitable recorders. If necessary, readjust the controls to maintain the specified test conditions. Verify calibration of the test apparatus during the test cycle (see Sections 10, 11, 12 and 13).

16. Machine Exposure to a Specified Amount of Radiant Energy, Options 1-5

16.1 One-Step Method—Expose the test specimens and applicable standards for 5, 10, 20 or multiples of 20 AATCC Fading Units until the specimen has been exposed to the desired amount of radiant energy defined in terms of AATCC Fading Units measured by simultaneous exposure of the appropriate Blue Wool Standard(s).

16.2 Two-Step Method—Proceed as directed in 16.1, except double the exposure area of the test specimens. After the specimen has been exposed to the first specified level of radiant energy, remove the specimens from the test chamber and mask (cover) one-half of the exposed area and continue the exposure for an additional 20 or multiples of 20 AATCC Fading Units until the specimen has been exposed to the higher desired amount of radiant energy.

16.3 In those machines equipped with irradiation monitors, the AATCC Fading Units of exposure can be determined and controlled by measuring kJ/(m²·nm) at 420 nm (see 14.1 and Table II).

NOTE: The two-step method is preferred for the complete characterization of the lightfastness of a test specimen.

17. Machine Exposure using a Reference Specimen, Options 1-5

17.1 Expose the test specimen(s) and reference specimen(s) simultaneously to the required end point in terms of AATCC Fading Units, kilojoules per square meter of irradiance or reference specimen performance (that is, the reference specimen shows a color change equal to Step 4 on the Gray Scale of Color Change).

18. Machine Exposure for Lightfastness Classification

18.1 One-Step Method—Expose test specimen(s) simultaneously with a series of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards or determine the number of AATCC Fading Units required to produce a color change in the test specimen equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change (see 32.18).

18.2 Two-Step Method—Proceed as directed in 18.1, except double the exposure area of the test specimens. After the specimen has been exposed to a color change equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change, remove the specimens from the test chamber and mask (cover) one-half of the exposed area and continue the exposure until the test specimen exhibits a color change equal to Step 3 on the Gray Scale for Color Change (see 32.18).

Daylight Behind Glass

19. Daylight Behind Glass, General Conditions, Option 6

19.1 Mount the AATCC Blue Wool Lightfastness Standard(s) and the test specimen(s) on cardboard with an opaque cover (mask) covering one-half of the standard.

19.2 Expose standards and test specimen(s) simultaneously to the same test conditions behind glass (see 32.11 and Appendix B). Ensure that the face of the exposed standard(s) and test specimen(s) are at least 75.0 mm (3.0 in.) below the inside surface of the plate glass cover and are positioned at least 150.0 mm (6.0 in.) in from the edges of the glass frame. The back of the exposure cabinet may be varied as follows to achieve the desired exposure conditions:

Backing	Exposure Condition
Open	Low Temperature
Expanded Metal	Medium Temperature
Solid	High Temperature

Standard(s) and specimen(s) remain exposed 24 h a day and are removed only for inspection.

19.3 Monitor temperature and relative humidity in the vicinity of the test cabinets (see 32.17).

20. Daylight Behind Glass Exposure to a Specified Amount of Radiant Energy

20.1 Use of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards—Mount reference and test specimen(s) to be exposed as directed in 19.1 and expose simultaneously to the same test conditions behind glass as directed in 19.2. Monitor the effect of light by frequently removing the standard(s) from the test frame and evaluating the color change. Continue the exposure until the standard exhibits a difference in color between the exposed and masked portion as described in Section 24. When the test of the specimens is to be terminated after exposure to a specified number of AATCC Fading Units, choose the appropriate standard to achieve the end point. The standards may be used as a set, L2 through L9, or in replicate sets exposed consecutively to total a given end point; that is, singularly expose two L2 standards to reach 10 fading units, or expose one L3 standard to reach 10 fading units.

20.1.1 Remove the samples from exposure when the desire AATCC Fading Units have been achieved and evaluate as specified in Evaluation of Results. For multiple step exposure, that is, 5 fading units and 20 fading units, a single sample may be exposed and portions covered (masked) at intervals measured by the standard. The result will be a sample having an original masked, unexposed section and various sections which have been exposed and subsequently masked. Each section of the specimen, representing a stated exposure interval, can be evaluated versus masked control or an unexposed original portion of the sample.

20.2 Use of Irradiation Monitors—Mount reference and test specimen(s) to be exposed as directed in 19.1 and expose them simultaneously to the same test conditions behind glass as directed in 19.2.

NOTE: The exposure of the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards with their known performance can be helpful in determining whether any unusual conditions were present during the test duration (see 32.13).

20.2.1 Record any one, or a combination of global, broad bandpass, or narrow bandpass irradiation with a radiometer, exposed under the same conditions as the specimens.

20.2.2 Remove the reference and test specimens from exposure when the desired radiant energy, as measured by the radiometer, has been achieved. For multiple step exposure, a single sample may be exposed and portions covered (masked) at intervals of measured radiant exposure (see 20.1.1).

21. Daylight Exposure Using a Reference Specimen

21.1 Substitute reference specimen(s) for the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards and proceed as directed in 20.1 and 20.2, as applicable.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

22. Daylight Exposure for Lightfastness Classification

22.1 One-Step Method—Expose test specimen(s), as detailed in 19.1 and 19.2, simultaneously with a series of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards or determine the number of AATCC Fading Units required to produce a color change in the test specimen equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change (see 32.18).

22.2 Two-Step Method—Proceed as directed in 22.1, except double the exposure area of the test specimens. After the specimen has been exposed to a color change equal to Step 4 on the Gray Scale for Color Change, remove the specimens from the test chamber and mask (cover) one-half of the exposed area and continue the exposure until the test specimen exhibits a color change equal to Step 3 on the Gray Scale for Color Change (see 32.18).

Evaluation of Results

23. Conditioning

23.1 After the test exposure is completed, remove the test specimens and comparison standards from exposure. Condition in a dark room at standard conditions for testing textiles, as directed in ASTM D 1776, Standard Practice for Conditioning and Testing Textiles. [65 ± 2% RH and 21 ± 1C (70 ± 2F)] for a minimum of 4 h before evaluation.

24. Assessment of Color Change

24.1 Compare the exposed portion to the masked control or to an unexposed original portion of the specimen, as specified in a material specification or purchase order. Complete characterization of the lightfastness of a test specimen requires evaluation at more than one level of exposure (see 32.12).

24.2 Quantify the color change using either the AATCC Gray Scale for Color Change (preferred), or by colorimetric measurement of color difference at the specified exposure level, whether in AATCC Fading Units, kilojoules of radiant energy, or compared to a reference standard (see 32.18).

24.3 Determine total color difference (ΔE^*_{CIELAB}) and the difference in lightness, chroma, and hue (ΔL^*, ΔC^*, ΔH^*). Use instruments that provide values based on the CIE 1976 equation using illuminant D_{65} and 10° observer data. For instruments with diffuse geometry, include the specular component of reflectance in the measurements (refer to AATCC Evaluation Procedure 6, Instrumental Color Measurement).

25. Acceptance Based on Simultaneous Exposure of a Reference Specimen

25.1 Assess color change of the material as directed in Section 24 in terms of the agreed upon reference specimen.

25.2 Assess the lightfastness of the material as follows:

25.2.1 Satisfactory—If the test specimen exhibits a color change equal to or less than the reference specimen at the exposure level when the reference specimen shows a color change equal to Step 4 on the AATCC Gray Scale for Color Change.

25.2.2 Unsatisfactory—If the test specimen exhibits a color change greater than the reference specimen at the exposure level when the reference specimen shows a color change equal to Step 4 on the AATCC Gray Scale for Color Change.

26. Classification Based on the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards

26.1 One Step Exposure—Classify lightfastness of the material by:

(a) comparison of the color change of the test specimen to that of a simultaneously exposed series of AATCC Blue Wool Lightfastness Standards (see Table III), or

(b) determination of the number of AATCC Fading Units required to produce a color change in the test specimen equal to Step 4 of the Gray Scale for Color Change (see Table II).

26.2 Two Step Exposure—Classify lightfastness of the material by:

(c) determination of the number of AATCC Fading Units required to produce color changes in the test specimen equal to both a Step 4 and Step 3 on the AATCC Gray Scale for Color Change (see Table II).

26.2.1 Assign both classifications: the Step 3 level appears first, followed by the Step 4 level in parentheses. For example, a L5(4) classification would illustrate a L5 classification at Step 3 color change and a L4 classification at Step 4 color change. When only one classification number is assigned, it shall represent the number of AATCC Fading Units to produce a Step 4 color change.

27. Classification above L7 AATCC Blue Wool Lightfastness Standard

27.1 Using Table IV, classify lightfastness above the L7 AATCC Blue Wool Lightfastness Standard according to the total number of consecutive L7 standards exposed to Step 4 on the Gray Scale for Color Change during the exposure cycle that is required to produce a Step 4 color change on the test specimen, and Table IV.

28. Report

28.1 Use Table V to report all applicable information.

28.2 Report any deviation from Test Method 16 or the performance of the reference standard.

28.3 Report all information in Table V for the same conditions that the samples and reference materials are exposed.

Precision and Bias

29. Precision

29.1 In 2002 a single laboratory study was performed using a single operator. This study was intended to be a temporary table of variances to give some indication of test variability. A complete interlaboratory study is to be conducted in

Table IV—Classification by AATCC Blue Wool Lightfastness Standards Above L7

Number of L7 Standards Exposed			Lightfastness Class	Equivalent AATCC Fading Unit (AFU)
Less Than	Equal To But Not Greater Than	More Than		
—	2	—	L8	320
3	—	2	L8-9	—
—	3	—	L8-9	480
4	—	3	L8-9	—
—	4	—	L9	640
5	—	4	L9-10	—
—	5	—	L9-10	800
6	—	5	L9-10	—
—	6	—	L9-10	960
7	—	6	L9-10	—
—	7	—	L9-10	1120
8	—	7	L9-10	—
—	8	—	L10	1280
etc.[A]	etc.[A]		etc.[A]	etc.[A]

[A] A classification increase of 1 represents the interval when the equivalent AATCC Fading Units are doubled from the previous whole number classification. Any test specimen for which the number of L7 Standards fall between two whole number classifications is assigned both the lower and higher classification defining that interval.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

the near future for the purposes of precision and bias. Table values do not reflect different types of material tested to this standard. *Between-Laboratory* variability is not indicated either. Special care and consideration of the variances reported must be used when examining test variability problems.

29.1.1 Samples tested consisted of four fabrics, with three replicates each. Exposure conditions were those found in Option 3 of this method. Each sample was evaluated instrumentally three times and averages were calculated. The data is found in Table VI.

29.1.2 *Within-laboratory* standard errors and Sample Variance are shown in Table VII. Data is on file at the AATCC Technical Center.

30. Bias

30.1 The colorfastness to natural and artificial light can be defined only in terms of a test method. There is no independent method for determining the true value. As a means of estimating this property, the method has no known bias.

31. References

31.1 AATCC Evaluation Procedure 1, Gray Scale for Color Change (see 32.6).

31.2 AATCC Evaluation Procedure 6, Instrumental Color Measurement (see 32.6).

31.3 ASTM G 151, Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources.

31.4 ASTM G 153, Standard Practice for Operating Enclosed Carbon-Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials (see 32.15).

31.5 ASTM G 24, Standard Practice for Conducting Exposures to Daylight Filtered through Glass (see 32.15).

31.6 ASTM G 155, Standard Practice for Operating Xenon-Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials (see 32.15).

31.7 ISO 105, Part B, Textiles—Tests for Colorfastness (see 32.16).

32. Notes

32.1 AATCC Blue Wool Lightfastness Standards, except L2, are specially prepared by blending varying proportions of wool dyed with a very fugitive dyestuff, Erio Chrome Azurole B (C.I. 43830) and wool dyed with a fast dyestuff, Indigosol Blue AGG (C.I. 73801). Each resultant higher numbered standard is twice as colorfast as the preceding numbered standard. AATCC Blue Wool Lightfastness Standards and the ISO numbered Blue Wool Lightfastness Standards (as used in ISO 105-B01) produce different ratings and therefore cannot be used interchangeably (see 32.6).

32.2 Black Thermometers are used to control an artificial weathering device and to provide an estimate of the maximum temperature of samples exposed to a radiant energy source. There are two types of Black Thermometers. One type is referred to as a "Black Panel Thermometer" which is uninsulated and is made of metal. The other type is referred to as a "Black Standard Thermometer" which is insulated and is made of metal with a plastic backing. As a point of information, some ISO specifications specify the use of a "Black Standard Thermometer." Typically, Black Standard Thermometers indicate higher temperatures than Black Panel Thermometers under the same exposure conditions.

The Black Thermometer units indicate the absorbed irradiance minus the heat dissipated by conduction and convection. Keep the black face of these thermometer units in good condition. Follow the manufacturer's recommendations for proper care and maintenance of Black Thermometers.

32.2.1 For Black Panel Thermometers: Testing temperature is measured and regulated by a Black Panel Thermometer unit mounted on the specimen rack to permit the face of it to receive the same exposure as the test specimen. Black Panel Thermometers shall consist of a metal panel at least 70 × 150 mm and not less than 45 × 100 mm whose temperature is measured with a thermometer or thermocouple whose sensitive portion is located in the center of and in good contact with the panel. The side of the panel facing the light source shall be black with a reflectance of less than 5% throughout the spectrum of light reaching the specimen; the side of the panel not facing the light source shall be open to the atmosphere within the exposure chamber.

32.2.2 For Black Standard Thermometers: Testing temperature is measured and regulated by a black standard thermometer unit mounted on the specimen rack to permit the face of it to receive the same exposure as the test specimen. The Black Standard Thermometer shall consist of a plane of stainless steel plate measuring 70 × 40 mm with a thickness of about 0.5 mm, whose temperature is measured by a thermal resistor, with good heat-conducting properties, fitted to the reverse side. The metal plate is fixed to a plastic plate so that it is thermally insulated. The side of the panel facing the light source shall be black with a reflectance of less than 5% throughout the spectrum of light reaching the specimen.

32.3 For potential equipment information pertaining to this test method, please visit the online *AATCC Buyer's Guide* at http://www.aatcc.org/bg. AATCC provides the possibility of listing equipment and materials sold by its Corporate members, but AATCC does not qualify, or in any way approve, endorse or certify that any of the listed equipment or materials meets the requirements in its test methods.

32.4 The Xenon Reference Fabric is a knit of 150 denier textured polyester yarn in a double pique stitch, dyed to a purple shade with 1.8% of 2,4-dinitro-6-bromo-2-amino-4—(N,N-diethylamino) azobenzene at 129°C (265°F) for 1 h and then heat set at 179°C (335°F) for 30 s (see 32.7).

32.5 More uniform and reproducible fading of the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards, Xenon Reference Fabric, and test specimens is achieved when backed with white cardboard. The color difference values in the initial determination of the end point for both the Xenon Reference Fabric and the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards were determined from exposures with such backing. Although tolerances are given for both the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards and Xenon Reference Fabric, every effort should be made to achieve the midpoint value given for these standards. For referee purposes, the Xenon Reference Fabric and AATCC Blue Wool Lightfastness Standards will be exposed in multiples of three and the average color difference in the case of the Xenon Reference Fabric will be 30 ± 1.7 CIELAB units and in the case of the AATCC Blue Wool Lightfastness Standards will be 1.7 ± 0.3 CIELAB units.

32.6 Available from AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org; web site: www.aatcc.org.

Table VI—ΔE

	Brown #1	Brown #2	Green	Blue
Sample 1	0.61	1.85	2.41	2.04
Sample 2	0.92	1.16	3.18	2.65
Sample 3	0.58	1.79	2.59	2.1
Average	0.687	1.333	2.727	2.263

Table VII—Within-Laboratory Standard Errors and Sample Variance

Sample Identification	Standard Dev.	Standard Error	Sample Variance	95% Confidence
Brown #1	0.195	0.1125955	0.0380333	0.4844603
Brown #2	0.399	0.2305308	0.1594333	0.9919946
Green	0.403	0.2325463	0.1622333	1.0005656
Blue	0.336	0.1941078	0.1130333	0.8351784

*Note: Because the interlaboratory test included less than five laboratories, estimates of standard error and sample variance may be either underestimated or overestimated to a considerable extent and should be used with special caution. The values should be viewed as minimal data with regards to precision. Confidence intervals are not well established.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Table VIII—Temperature vs. Color Change, Xenon Reference Fabric*

Black-Panel Temperature	ΔE (CIELAB)
58°C	16.8
63°C	20.0
68°C	23.8

* see Note 32.9.

32.7 The Xenon Reference Fabric Standard of Fade is used as a visual or instrumental reference for test chamber temperature verification. The measured instrumental color difference value will be shown on each standard of fade. The Xenon Reference Fabric is sensitive to temperature as shown in Table VIII.

32.8 Pile fabric, such as carpets, which have fibers that may shift position, or texture which may make evaluations in small areas difficult should be tested with an exposed area of not less than approximately 40.0 × 50.0 mm (1.6 × 2.0 in.). Expose sufficient size or multiple specimens to include all colors in the sample.

32.9 Sample frames must be made of stainless steel, aluminum, or suitably coated steel to avoid contaminating the specimens with metallic impurities that might catalyze or inhibit the degradation. When samples are fastened with staples, they should be of the nonferrous type overcoated to avoid contamination of the specimen by corrosion products. Metal frames must have a dull finish and be designed to avoid reflectances that could influence the performance of the material. Frames shall conform to the curvature of the specimen rack. The size of the frame is determined by the type specimens required for individual property requirements.

32.10 In Table C1, the data are for a typical spectral power distribution for an enclosed carbon-arc with a borosilicate glass globe. The daylight data are for global irradiance on a horizontal surface with an air mass of 1.2, column ozone 0.294 atm cm, 30% relative humidity, altitude 2100 m (atmospheric pressure of 787.8 mb), and an aerosol represented by an optical thickness of 0.081 at 300 nm and 0.62 at 400 nm. Data from 780-800 nm is not shown.

The following references provide background information on radiation measurements by Light Control Systems:

32.10.1 *Handbook of Chemistry & Physics*, 61st Edition, 1980, edited by Robert C. Weast; The Chemical Rubber Co., Cleveland OH.

32.10.2 International Commission on Illumination (CIE) Publication No. 20, 1972.

32.10.3 *Atlas Sun Spots*, Vol. 4, No 9, Spring 1975, Atlas Material Testing Technology LLC, Chicago, IL.

32.11 In order to reduce variability due to changes in UV transmission of glass, all new glass shall be exposed facing the equator, at the site latitude angle, or on an empty under glass exposure cabinet, for at least three months prior to installation in test cabinets.

32.11.1 After the three-month exposure period, it is recommended that the spectral transmittance of representative samples from each lot of glass be measured. Typically "single strength" glass will have a transmittance of 10-20% at 320 nm and at least 85% at wavelengths of 380 nm or higher after the three-month pre-aging procedure. If transmittance of the glass is measured, report the average for at least three pieces of the lot of glass being tested. Follow the instructions for measurement of transmittance of solid samples recommended by the manufacturer of the UV-visible spectrophotometer used. If a spectrophotometer with an integrating sphere is used, the measurements shall be performed in accordance with ASTM E 903, Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. Additional information on this subject is contained in the following ASTM paper by W. D. Kenda and J. S. Robblee: "UV Transmission of Single Strength Window Glass," *Accelerated and Outdoor Durability Testing of Organic Materials, ASTM STP 1202*, Warren D. Kenda and Douglas Grossman, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.

32.12 A difference in color between original material and the covered portion of the exposed specimen indicates that the textile has been affected by some agent other than light, such as heat or a reactive gas in the atmosphere. Although the exact cause of this difference in color may not be known, it should be noted in the report when it occurs.

32.13 In some cases high humidity, in combination with atmospheric contaminants, has been found to produce color changes as great as those produced by light. When requested, prepare a duplicate set of test specimens and standards mounted on cardboard, but not masked, and expose simultaneously in another cabinet of the same type used in the light exposures but with the glass covered with an opaque material so that the light is excluded. Since there is a combined effect of light, temperature, humidity and atmospheric contaminants, it cannot be assumed that a comparison between specimens exposed in the covered cabinet and in the uncovered cabinet under glass will permit separating the effects produced by light only. However, a comparison of the two sets of specimens with a piece of the original which has not been in an exposure cabinet will indicate whether a material is sensitive to moisture and atmospheric contaminants. This may also help to explain why different results may be obtained with the same amount of radiant energy in daylight exposures made at different times and in different locations.

32.14 Interlaboratory Test Summary—Committee RA50 has conducted extensive studies to evaluate the use of radiation monitoring devices to terminate exposures in lightfastness testing. Data has been collected in interlaboratory studies using controlled irradiance, xenon-arc equipment and in daylight exposures conducted during a two-year period in both Arizona and Southern Florida. In both studies, one laboratory conducted instrumental measurement of the color change for all exposed specimens.

The interlaboratory studies were undertaken, using eight different lightfastness standard fabrics, to determine the definition of 20 AATCC Fading Units in terms of measured radiation. These studies showed that acceptable agreement between laboratories can be obtained for lightfastness testing providing the following variables are controlled: irradiance level, black panel temperature, ambient temperature and relative humidity. Overall, there was less than 10% variability in the instrumentally determined color change of specimens exposed in different laboratories. For all specimens tested the standard deviation was equivalent to less than one-half step on the Gray Scale for Color Change. As a result of these tests, 20 AATCC Fading Units was established at 85 KJ/(m²nm) when measured at 420 nm (approximately 21.5 continuous light-on operating hr) when tested at the conditions specified for Xenon-Arc Lamp, Continuous Light, Option 3.

For the daylight studies, 16 different fabrics, in addition to AATCC and ISO Blue Wool Lightfastness standard fabrics, were exposed. An exposure series was begun each quarter year at two locations over a two-year period. Exposures were terminated based on instrumental measurement of radiant energy dosage. A wide variation in climatic conditions was encountered during the test period. The data obtained clearly shows that the color change of individual specimens is affected differently by variations in temperature, humidity, atmospheric contaminants, etc.; however, the single most significant variable is radiation. The variation in color change resulting from exposure during different years, locations, and seasons, averaged ± 30%.

A more detailed summary of these test results was presented to the 14th meeting of ISO, Technical Committee 38, Subcommittee 1 as Document 38/1 N 993, USA Report on Monitoring of Radiation during Lightfastness Testing.

32.15 Available from ASTM, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken PA 19428; tel: 610/832-9500; fax: 610/832-9555; web site: www.astm.org.

32.16 Available from American National Standards Institute, Inc., 11 W. 42nd St., 13th Fl., New York NY 10036; tel: 212/642-4900; fax: 212/302-1286; web site: www.ansi.org.

32.17 For measuring temperature and relative humidity of the air under the same conditions that the samples and reference materials are exposed and in the vicinity of test cabinets, any suitable indicating or recording instrument may be used. Continuous recording of temperature and relative humidity is preferred.

32.18 An automated electronic grading system may be used as long as the system has been demonstrated to provide results that are equal to and provide equal or better repeatability and reproducibility than an experienced grader performing visual evaluations.

Appendix A

A. Xenon-Arc Lamp Fading Apparatus

A1 Different types of xenon-arc test apparatus may be utilized provided that the test apparatus is capable of automatically controlling irradiance level, humidity level, chamber air temperature, and Black Panel or Black Standard Thermometer temperature.

A2 The design of the test chamber may vary, but it should be constructed from corrosion resistant material.

A3 Xenon-Arc Light Source. The

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

xenon-arc test apparatus utilizes a long-arc quartz-jacketed xenon-arc lamp as the source of irradiance which emits radiation from below 270 nm in the ultraviolet through the visible spectrum and into the infrared.

While all of the xenon-arc lamps are of the same general type, different size lamps operated in different wattage ranges are employed in several sizes and types of apparatus. In each of the various models, the diameter and height of the specimen rack varies according to the lamp size and the wattage at which it is operated to provide an irradiance at the face of the specimen of 1.10 ± 0.03 W/(m²·nm) measured at 420 nm or equivalent when exposed in standard holders.

A3.1 Aging of the xenon burners or filters can result in changes in lamp spectrum. Changes in lamp spectrum may also be caused by accumulation of dirt or other residue in or on the burner envelope.

A3.2 Filter—In order for xenon-arcs to simulate terrestrial daylight, filters must be used to remove short wavelength UV radiation. In addition, filters to remove infrared radiation may be used to prevent unrealistic heating of test specimens that can cause thermal degradation not experienced during outdoor exposures. Filters to reduce irradiance at wavelengths shorter than 310 nm must be used to simulate daylight filtered through window glass.

The instrument manufacturers' recommendations should be used to provide the appropriate spectrum (see A3.4 below). Replace filters when chipped, cracked, or when discoloration or milkiness develops. Discard xenon lamp tubes and filters at the manufacturer's recommended time intervals or sooner, or when 20 AATCC Fading Units can no longer be attained in 20 ± 2 continuous light-on operating (clock) hours.

A3.3 Spectral Irradiance of Filtered Xenon-Arc—Figure A1 shows the desired relative spectral power distribution for filtered xenon-arcs comply with these limits. The acceptable limits for variation of the relative spectral power distribution shown in Fig. A1 are on file at the AATCC Technical Center.

A3.4 Follow the device manufacturer's instructions for recommended maintenance.

Appendix B

B. Daylight Exposure Cabinet and Location

B1 The daylight exposure cabinet shall consist of a glass-covered enclosure of any convenient size constructed of metal, wood or other satisfactory material to protect the specimens from rain and weather, and be well ventilated to allow free flow of air over the specimens. The glass cover shall be a sheet 2.0-2.5 mm thick piece of good grade, clear and flat-drawn. It shall be single strength, free of bubbles or other imperfections.

B2 The enclosure or cabinet shall be equipped with a rack which supports the specimens in a plane parallel to that of the glass cover with the face of the specimen at a distance below it of not less than 75.0 mm (3.0 in.). The specimen mounting rack shall be constructed of a material that is compatible with the test specimens. It may be either the open type providing good ventilation on the back side of the specimen, or of a solid material as required. To minimize shadows from the top and the sides of the cabinet, the usable exposure area under glass shall be limited to that of the glass cover reduced by twice the distance from the cover to the specimens.

B3 The cabinet shall be located where it will receive direct daylight throughout the day and where shadows of objects in the vicinity will not fall upon it. When the cabinet is installed over soil, the distance between the bottom of the cabinet and the plane of the cleared area shall be great enough to prevent any undesirable effects of contact with grass or other plant growth during the period of exposure.

B4 The glass cover and the test specimen shall slope toward the equator at an angle from the horizontal equal in degrees to approximately the latitude of the location at which the tests are being made. Other angles of exposure, such as 45° may be used, but the angle must be

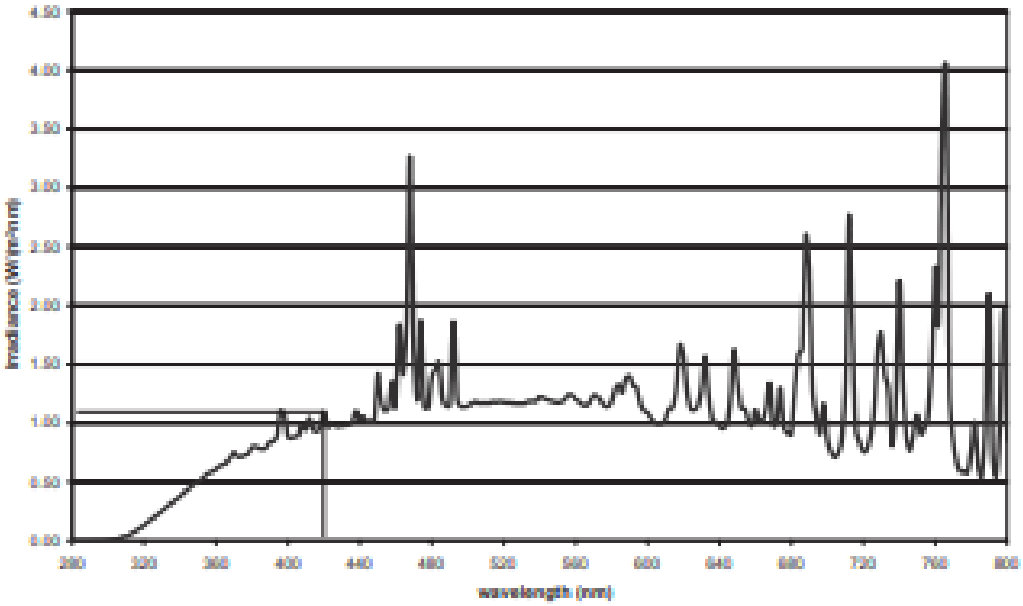


Fig. A1—Filtered Xenon Lamp Spectral Power Distribution Controlled at 1.1 W/(m²·nm) at 420 nm

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

reported in the results of test.

B5 Exposure cabinets shall be located in cleared areas, preferably at a suitable number of climatologically different sites representing the various conditions under which the material will be used. Major climatological variations include subtropical, desert, seashore (salt air), industrial atmosphere and areas exhibiting a wide range in percentage of available sunshine. The area beneath and in the vicinity of the cabinets should be characterized by low reflectance and be typical of the ground cover in that climatological area. In desert areas, it should be gravel whereas in most temperature and subtropical areas, it should be low cut grass. The type of ground cover should be indicated in the report.

B6 Instruments for determining climatological data during the exposure period shall be operated in the immediate area of the exposure cabinets. When requested, data obtained shall be reported as part of the results of the test. To characterize the conditions around the test frame, these instruments should be capable of recording: ambient temperature (daily minimum and maximum), relative humidity (daily minimum and maximum), hours of precipitation (rain), and total hours of wetness (rain and dew). To characterize the conditions within the test frame, these instruments should be capable of recording: ambient temperature under glass (daily minimum and maximum), black temperature sensor under glass, total radiant energy and ultraviolet radiant energy (either broad or narrow bandpass) at the same angle of exposure as the test specimens, and relative humidity (daily minimum and maximum) (see 32.17).

Appendix C

C. Enclosed Carbon-Arc Lamp Fading Apparatus

C1. Different types of carbon-arc test apparatus may be utilized. The design of the test chamber may vary, but it should be constructed from corrosion resistant material, and in addition to the radiant source, may provide for means of controlling temperature and relative humidity.

C1.1 Laboratory Light Source—Enclosed carbon-arc light sources typically use carbon rods which contain a mixture of metal salts. An electric current is passed between the carbon rods which burn and give off ultraviolet, visible and infrared radiation. Use carbon rods recommended by the device manufacturer.

C1.2 Filter—The most commonly used filters are borosilicate glass globes which fit around the carbon burners.

C1.3 The emission spectra of the enclosed carbon-arc shows strong emission in the long wavelength ultraviolet region. Emissions in the visible, infrared and short wavelength ultraviolet below 350 nm are generally weaker than in daylight behind window glass (see Table C1). The enclosed carbon-arc does not provide a good match to natural daylight.

C1.3.1 Spectral Irradiance for Enclosed Carbon-Arc with Borosilicate Filters—Table C1 is representative of the spectral irradiance received by a test specimen mounted in the specimen plane.

Table C1—Typical Spectral Power Distribution for Enclosed Carbon-Arc with Borosilicate Filters. Ultraviolet Wavelength Region Irradiance as a Percentage of Total Irradiance from 300-400 nm

Bandpass (nm)	Enclosed Carbon-Arc with Borosilicate Filters	Sunlight
290-320	0%	5.8%
320-360	20.5%	40.2%
360-400	79.5%	54.2%

C1.4 See 32.10 for additional information.

C1.5 Thermometer—A Black Panel or Black Standard Thermometer may be used and shall conform to the descriptions found in 32.2.1 and 32.2.2. The type of thermometer used, the method of mounting on specimen holder, and the exposure temperature shall be stated in the test report.

C1.6 Relative Humidity—The test chamber may be equipped with a means to measure and control the relative humidity. Such instruments shall be shielded from the light source.

C1.7 Apparatus Maintenance—The test apparatus requires periodic maintenance to maintain uniform exposure conditions. Perform required maintenance in accordance with manufacturer's instructions.

Copyright © 2009 American Association of Textile Chemists and Colorists

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

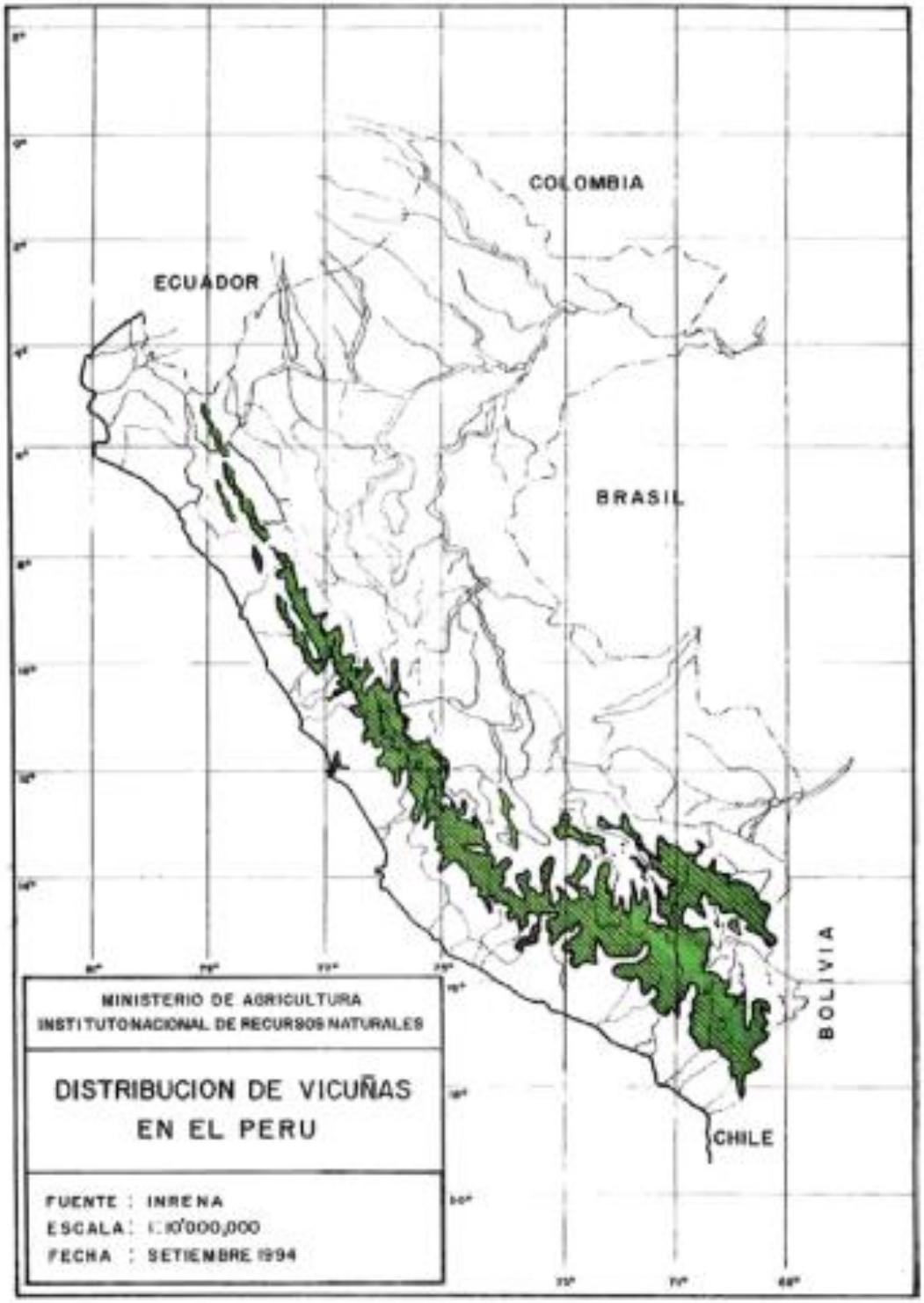
ANEXO 3. LA VICUÑA EN AMÉRICA DEL SUR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 4. LA VICUÑA EN EL PERÚ



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 4. POBLACIÓN DE VICUÑA EN AMÉRICA.

Población de vicuñas por países

PAÍS	Superficie / hectáreas	Nº de vicuñas	Año de censo
Argentina	4 555 495	33 791	1994
Bolivia	3 428 356	49 281	2000
Chile	757 127	16 046	2000
Ecuador	58 560	1 676	2000
Perú	6 428 356	118 391	2000
TOTAL	**15 461 036**	**219 185**	

Fuente: Dirección Técnica CONACS

ANEXO 5. POBLACIÓN DE VICUÑA EN PERÚ.

Censo Nacional de Vicuñas 2000

Nª	DEPARTAMENTO	PROV.	Nª ORGAN.	Grupos Familiares				Trop.	Mach. Solita.	Nª Dif.	TOTAL VICUÑAS	% POBL.
				Mach.	Hemb.	Crías	Sub total					
1	AYACUCHO	6	92	4 753	17 158	7 770	29 681	9 080	330	1 299	40 390	34,12
2	PUNO	13	238	2 115	7 806	3 208	13 129	4 293	206	479	18 107	15,29
3	LIMA	7	118	2 070	8 396	3 084	13 550	3 478	269	392	17 689	14,94
4	JUNÍN	6	48	1 640	4 839	2 147	8 626	2 617	164	1	11 408	9,63
5	APURÍMAC	5	84	1 321	4 848	1 635	7 804	1 538	233	445	10 020	8,46
6	HUANCAVELICA	4	60	951	3 651	1 788	6 390	1 964	186	205	8 745	7,38
7	CUSCO	8	81	521	1 904	702	3 127	867	75	140	4 209	3,55
8	AREQUIPA	6	51	390	1 468	670	2 528	986	39	128	3 681	3,10
9	ICA	1	5	240	857	209	1 306	138	39	100	1 583	1,33
10	TACNA	3	26	132	465	258	855	323	10	26	1 214	1,02
11	ÁNCASH	4	10	114	398	76	588	83	9	4	684	0,57
12	PASCO	2	3	38	181	68	287	49	7	0	343	0,28
13	MOQUEGUA	2	15	25	133	49	207	75	4	7	293	0,24
14	CAJAMARCA	1	1	72	97	26	195	35	5	0	235	0,19
15	HUÁNUCO	1	1	9	25	1	35	14	2	0	51	0,04
16	LA LIBERTAD	1	8	1	1	1	3	0	16	7	26	0,02
	TOTAL	70	841	14 392	52 227	21 692	88 311	25 540	1 594	3 233	118 652	100

Fuente: CONACS.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 6. CARTA DE COLORES GRUPO INCA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 7. RESULTADOS DE LABORATORIO DE PRUEBAS DE RESISTENCIA Y SOLIDEZ

INCALPACA TPX | Grupo Inca

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

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INCALPACA TPX | Grupo Inca |

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 COLOREASTNESS 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

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INCALPACA TPX | Grupo Inca |

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

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis