

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



“OPTIMIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE
TEÑIDO DE TEJIDOS DE POLIÉSTER/ALGODÓN SIN ALTERAR
LA SOLIDEZ DEL LAVADO”

TESIS

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TEXTIL

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS ARAGÓN VALLENAS

LIMA- PERU

2012

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a toda mi familia por su apoyo incondicional.

Agradezco a la Ing. Elsa Roca, Coordinadora del Área Académica de Ingeniería Textil de la Facultad de Ingeniería Química y Textil, por su apoyo académico y asesoría durante el desarrollo de la tesis.

Agradezco al Ing. Marco Brañez, Director Técnico de Sociedad Química Mercantil, por brindarme la oportunidad de realizar las pruebas y ensayos de laboratorio necesarios para el avance del presente trabajo, además de sus comentarios y sugerencias.

INDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: MATERIA PRIMA.....	4
2.1. DEFINICIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES	4
2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES	5
FIG1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES	6
2.2.1. <i>Fibras de Poliéster (PES)</i>	7
2.2.1.1. Síntesis del Poliéster	7
2.2.1.2. Estructura química del PES.....	9
2.2.1.3. Propiedades químicas y físicas del PES.	11
2.2.1.4. Teoría de la Tintura del Poliéster.	13
2.2.1.5: El mercado mundial de las fibras textiles.....	18
2.2.2.1. Composición Química y Estructura Física.	21
2.2.2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Algodón.	23
2.2.2.3. Teoría de la Tintura del algodón con colorantes reactivos.....	26
2.2.2.4. Perú, Sector Textil 2010 - 2011	30
CAPITULO III : PREPARACIÓN, MÉTODOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA TINTURA DE FIBRAS TEXTILES	36
3.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL	36
3.1.1 <i>Tratamientos previos del poliéster</i>	36
3.1.2 <i>Tratamientos previos del algodón</i>	37
3.2 MÉTODOS DE TINTURA.....	38
3.2.1 <i>Transferencia del colorante hacia la fibra por efecto de la afinidad</i>	39
3.2.2 <i>Transferencia conjunta del colorante y solución hacia la fibra por efecto de una impregnación</i>	40
3.3 TIPOS DE COLORANTES SEGÚN LA NATURALEZA DE LA FIBRA	40
3.3.1 <i>Colorantes Dispersos</i>	40
3.3.2 <i>Colorantes Reactivos</i>	46
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TINTURAS: SOLIDECES.....	49
3.4.1 <i>Generalidades</i>	49
3.4.2 <i>Factores que afectan las solideces</i>	50
3.4.3 <i>Clases y determinación de solideces</i>	51
3.4.4 <i>Normas para los ensayos</i>	52
3.4.5 <i>Solidez a la luz</i>	53
3.4.6 <i>Solidez al lavado</i>	54
3.4.7 <i>Aparatos utilizados en los ensayos de solidez</i>	55
CAPITULO IV: PROCEDIMIENTOS DE TINTURA Y CARACTERÍSTICAS DE MEZCLAS DE POLIÉSTER/ALGODÓN	57
4.1 TEÑIDO TRADICIONAL DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.....	58
4.2 CURVA DE TEÑIDO TRADICIONAL DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.....	60

4.3	TEÑIDO OPTIMIZADO DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN	64
4.4	CURVA DE TEÑIDO OPTIMIZADA DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.....	65
4.5	DIAGRAMAS COMPARTIVOS ENTRE AMBOS MÉTODOS	67
4.6	DETERMINACIÓN DE LA SOLIDEZ AL LAVADO SEGÚN NORMAS ESTANDARIZADAS.....	69
	4.6.2 <i>SOLIDEZ AL LAVADO DOMESTICO Y COMERCIAL SEGÚN NORMA AATCC 16</i>	
	- 1996 2A	71
4.7	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN CON LA ESCALA DE GRISES.....	72
	4.7.1 <i>EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN O CAMBIO DE COLOR</i>	73
	4.7.2 <i>EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE COLOR O MANCHADO SOBRE LOS TEJIDOS</i>	
	<i>TESTIGOS.</i>	74
	4.7.3 <i>CONDICIONES DE OBSERVACIÓN E ILUMINACIÓN PARA EVALUAR LAS SOLIDECES.</i>	74
	CAPITULO V: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SOLIDEZ DE MUESTRAS TEÑIDAS POR EL	
	MÉTODO ESTÁNDAR Y MÉTODO OPTIMIZADO.....	75
	CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROCESO DE TINTURA DE UN TEJIDO	
	PES/CO.	82
	CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
7.1	CONCLUSIONES	89
7.2	RECOMENDACIONES	91
	CAPITULO VIII : BIBLIOGRAFÍA.....	93
	CAPÍTULO IX: GLOSARIO.....	96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES

FIGURA 2. SÍNTESIS DEL POLIÉSTER

FIGURA 3. CONSUMO DE FIBRAS TEXTILES A NIVEL MUNDIAL

FIGURA 4. INDICE DE PRECIOS DE FIBRAS TEXTILES

FIGURA 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALGODÓN

FIGURA 6. ESTRUCTURA FÍSICA DEL ALGODÓN

FIGURA 7. VISTA EN MICROSCOPIA DE LA FIBRA DE ALGODÓN

FIGURA 8. ESTRUCTURA DE LOS COLORANTES TIPO AZO.

FIGURA 9. ESTRUCTURA DE LOS COL. NITROFENILAMINA

FIGURA 10. ESTRUCTURA DE LOS COL. ANTRAQUINONICOS

FIGURA 11. PROPIEDADES DE LOS COLORANTES DISPERSOS

FIGURA 12. DERIVADOS DE LOS DICLOROTRIAZINAS.

FIGURA 13. ESTRUCTURA DE LOS COLORANTES REACTIVOS.

FIGURA 14. CÁMARA DEL XENON TESTER.

FIGURA 15. LAUNDER OMMETER

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. FIBRAS DE POLIÉSTER

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DEL ALGODÓN

TABLA 3. FINURA DEL ALGODÓN.

TABLA 4. GRADOS DE COLOR DEL ALGODÓN UPLAND

TABLA 5. GRADOS DE RESISTENCIA DEL ALGODÓN

TABLA 6. PRODUCCIÓN DEL ALGODÓN POR SECTORES

TABLA 7. DIFERENCIAS DE COLOR EN LA ESCALA DE GRISES

TABLA 8. DIFERENCIAS DE COLOR EN LA ESCALA ISO DE AZULES

TABLA 9. PARÁMETROS DEL ENSAYO DE SOLIDEZ AL LAVADO

TABLA 10. TEST B1M PARA SOLIDEZ AL LAVADO.

CAPÍTULO I

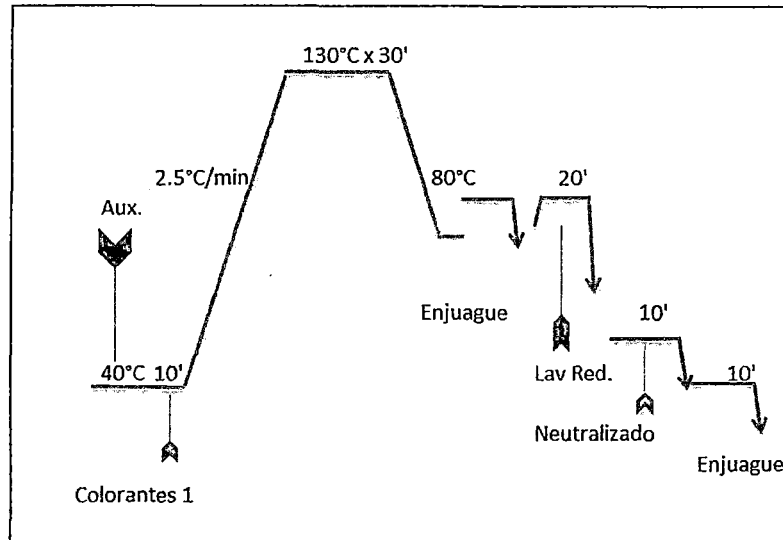
INTRODUCCIÓN

Las presiones medioambientales sobre la industria textil y el consumo de agua y energía de dicho sector, llevan a la adopción de medidas que influyen directamente sobre los procesos industriales de tintura. Disminuir el impacto medioambiental optimizando procesos para conseguir reducir tiempos de teñido, ahorro en el consumo de agua y energía sin variar la calidad final del tejido y en algunos casos mejorando la misma, es la labor que se viene realizando en la actualidad.

El consumo de las fibras sintéticas, tal como es el poliéster, ha ido aumentando de manera exponencial en los últimos años debido a su bajo costo y la posibilidad de realizar mezclas con otras fibras, tal como el algodón. Se pueden encontrar en el mercado tejidos con una composición de 30/70, 50/50 y 60/40 de algodón y poliéster.

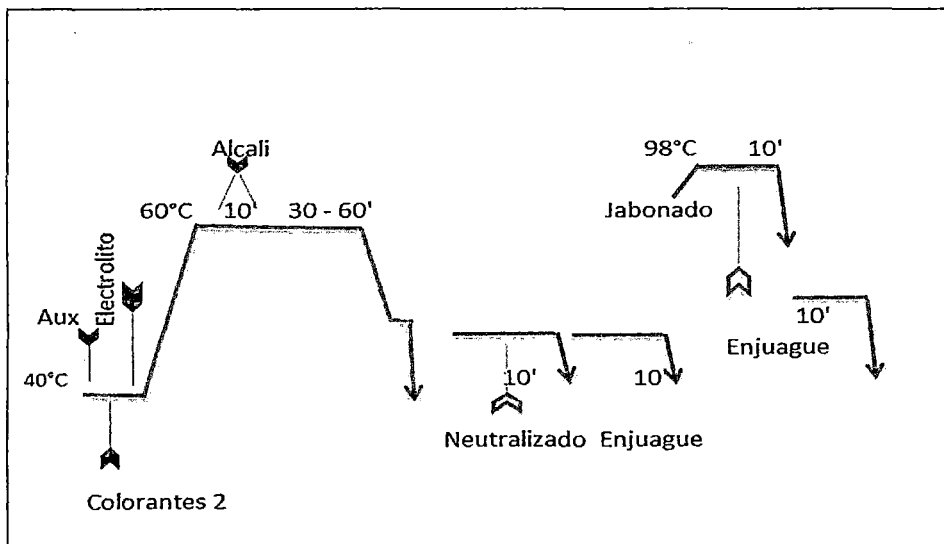
El proceso de teñido tradicional de tejidos de poliéster/algodón se realiza en dos procesos separados, primero el poliéster y luego el algodón.

Curva de Teñido del Poliéster con colorantes dispersos a 130° C.



No todas las curvas llevan un lavado reductivo (pH= 8 a 10) ya que está en función del porcentaje de colorante. Para valores menores de 0.5% de concentración total de colorante ya no es necesario.

Curva de Teñido del Algodón con colorantes reactivos a 60° C.



El número de enjuagues y jabonados está en función del porcentaje de colorante que lleva el tejido.

Por lo tanto, en la presente tesis se busca evaluar de manera experimental a nivel de laboratorio, la posibilidad de reducir el número de pasos uniendo las curvas del proceso específicamente para colores oscuros, sin alterar la solidez al lavado.

Lo que más se busca en este tipo de teñidos es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5.

CAPITULO II

MATERIA PRIMA

2.1. Definición de las fibras textiles

La historia de las fibras es tan antigua como la misma civilización humana y por muchos años su uso ha sido limitado a las fibras de origen natural, tales como el algodón, lana, lino, seda, etc.

Se denomina fibra textil a los polímeros lineales de gran longitud molecular susceptibles de ser usados para formar hilos o telas, bien sea mediante tejido o mediante otros procesos físicos o químicos, por lo tanto, son el elemento estructural básico de todo material textil. En general las fibras están compuestas por polímeros de alto peso molecular, en que la forma de la molécula es alargada. Las características principales que se desean en una fibra son: flexibilidad, finura y gran longitud referida a su tamaño (relación longitud/diámetro: de 500 a 1000 veces)

Existen más de 500 fibras naturales pero en realidad son pocas las que pueden utilizarse a nivel industrial, pues no todas se pueden hilar, ni todos los pelos y fibras orgánicas son aprovechables para convertirlos en tejidos. El carácter textil de una fibra comprende las condiciones necesarias de resistencia, elasticidad, longitud, aspecto, finura, etc. En la naturaleza, y con la única excepción de la seda, las fibras tienen una longitud limitada, que puede variar desde 1 mm, en el caso de los asbestos, hasta los 350 mm en algunas clases de lanas, llamándolas fibras discontinuas. Químicamente podemos fabricar fibras de longitud indefinida, que resultarían similares al hilo producido por el gusano de seda

y que denominamos filamentos; estos filamentos son susceptibles de ser cortados para asemejarse a las fibras naturales (STAPLE FIBERS).

2.2. Clasificación de las fibras textiles

La clasificación de las fibras, en general, puede ser hecha de la siguiente manera:

- Por su naturaleza: naturales y manufacturadas(hechas por el hombre).
- Por su longitud: fibras cortas, fibras largas, fibras cortadas y filamentos continuos
- Por su finura: Fina, ultra fina, regular.

La clasificación según su naturaleza es la más empleada y difundida. Las fibras naturales están constituidas por todas aquellas fibras que, como tales, se encuentran en estado natural y que no exigen más que una ligera preparación para ser hiladas y utilizadas como materia textil. Además cabe hacer una subdivisión según el reino natural del que proceden: animal, vegetal y mineral.

En cuanto a las fibras manufacturadas se tienen las fibras sintéticas, obtenidas en la industria química a base de polímeros sintéticos y las regeneradas que son aquellas que tienen como base de fabricación materias o polímeros de origen natural.

El sector textil no abarca solamente la fabricación de tejidos, el diseño de prendas y su confección. El nuevo reto de la Ingeniería Textil en la fabricación de hilados, tiene como objetivo la búsqueda de nuevas tecnologías que perfeccionen la hilatura y que proporcione mayor producción, más calidad y menor costo; tanto para las fibras existentes como para las nuevas materias primas.

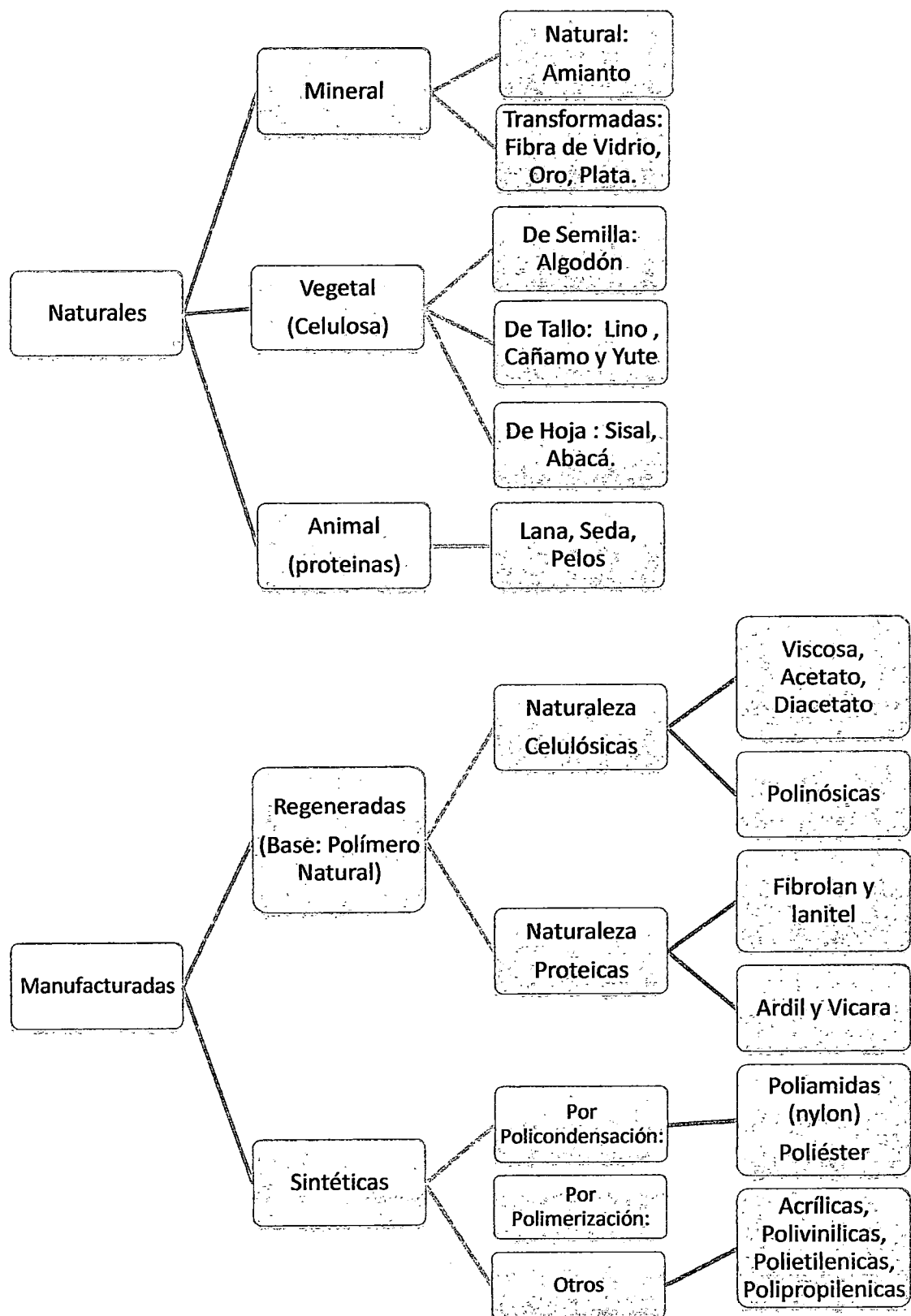


Fig1. Clasificación de las fibras Textiles

2.2.1. Fibras de Poliéster (PES)

Las fibras de poliéster (PES) son, sin duda, las más versátiles de las fibras químicas hechas de polímero sintético, lo que les permite satisfacer las exigencias de muy diversos campos de aplicación. Adaptando el polímero (peso molecular, copolimerización) y las condiciones del proceso de hilatura/extrusión, se fabrican fibras cuya tenacidad puede variar de 25 a 95 cN/tex, su elongación del 8 a 50%, y su módulo de 250 a 1200 cN/tex. Las de mayor peso molecular, tenacidad y módulo de tracción son principalmente utilizadas en la fabricación de productos de uso industrial.

Dentro del campo de las fibras convencionales, se fabrica fibra discontinua para mezclas con algodón o lana, alguna de ellas de bajo pilling, además de hilo continuo. Otras variantes se refieren a fibras teñidas con colorantes catiónicos y teñidas con colorantes dispersos con o sin la necesidad de usar un carrier, etc.

El amplio espectro de las propiedades de las fibras de poliéster es consecuencia de su estructura fina (y ésta de su peso molecular), composición química y de la cristalinidad y orientación de las cadenas moleculares, que resultan de la aplicación de las operaciones de estirado y estabilización térmica a determinadas condiciones. Se debe tener en cuenta que el mismo producto fabricado por diferentes compañías tiene diferencias importantes en cuanto a su estructura fina pero fácilmente detectables por caracterizaciones físico-químicas.

2.2.1.1. Síntesis del Poliéster

El poliéster es una categoría de polímero el cual contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. A pesar de que existen poliésteres en la naturaleza, el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), especialmente el polietileno tereftalato (PET) que es uno de los poliésteres termoplásticos más importantes del mercado.

El poliéster es obtenido sintéticamente con etilenglicol más ácido tereftálico, produciendo el polímero o polietileno tereftalato. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que es la base para la elaboración de hilados y mezclas con otras fibras como el algodón. Las resinas de poliéster son usadas también como matriz para la construcción de equipos o tuberías anticorrosivos.

Comercialmente se fabrican una gran variedad de polímeros de condensación de poliésteres y uno de los de mayor importancia es el polímero comercializado con los nombres de dacrón y teryleno. Aunque el PES se puede también obtener mediante esterificación directa, el polímero derivado de este proceso es de bajo peso molecular, y en general, tiene poca utilidad. En la reacción entre el etilenglicol y el ácido tereftálico se obtienen unas fibras de poliéster de propiedades muy parecidas a las del nylon y que se conoce como Terylene, Terlenka o Tergal.

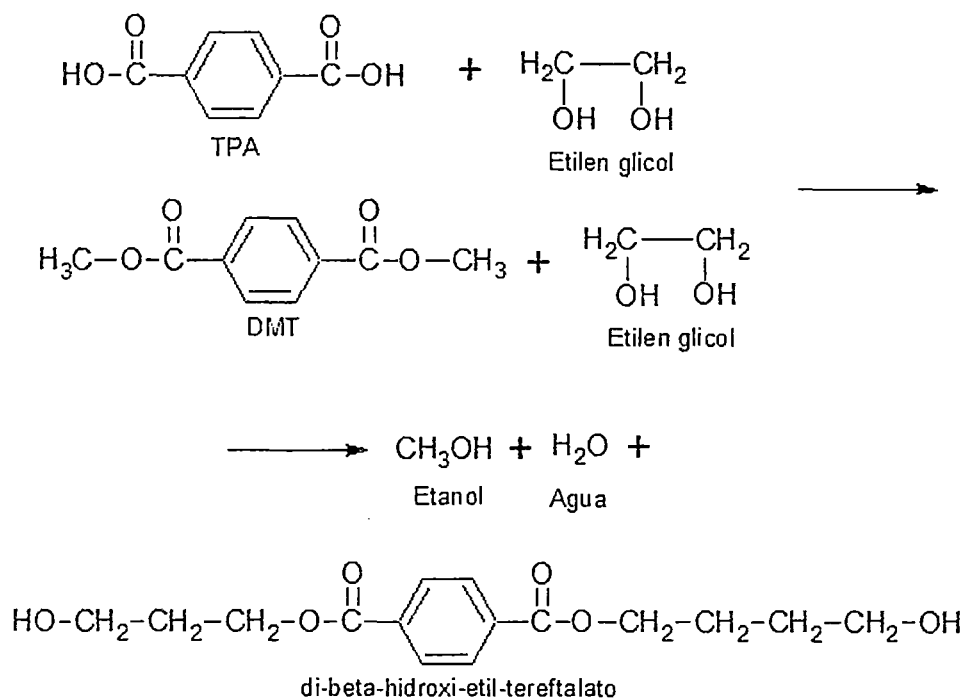
Industrialmente, se puede partir de dos productos intermedios distintos:

- TPA ácido tereftálico;
- DMT dimetiltereftalato

Haciendo reaccionar por esterificación el TPA o DMT con el etilenglicol se obtiene el monómero Bis-beta-hidroxi-etil-tereftalato, el cual en una fase sucesiva, mediante policondensación, se polimeriza en PET como se observa la figura 2.

En la reacción de esterificación, se elimina agua en el proceso del TPA y metanol en el proceso del DMT, y la reacción de policondensación se facilita mediante catalizadores y elevadas temperaturas (arriba de 270°C). La eliminación del etilenglicol es favorecida por el vacío que se aplica en la autoclave y el glicol recuperado se destila y vuelve al proceso de fabricación. Cuando la masa del polímero ha alcanzado la viscosidad deseada, evaluada de manera adecuada, se romperá el vacío e introduciendo nitrógeno en la autoclave en este punto se detiene la reacción y la presencia del nitrógeno evita fenómenos de oxidación. La masa fundida, por efecto de una suave presión ejercida por el nitrógeno, es obligada a pasar a través de una tobera que, cayendo en un tanque con agua se enfrían y consolidan. Los hilos que pasan por una cortadora, se reducen a gránulos, los cuales, tamizados y desempolvados se envían al almacenamiento y fabricación

Esterificación



Policondensación

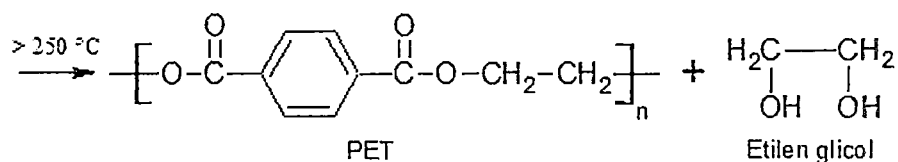
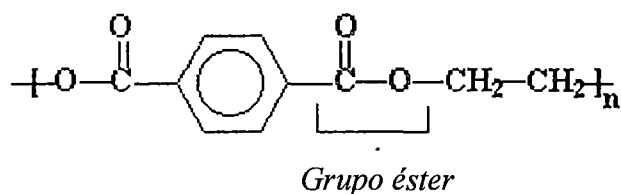


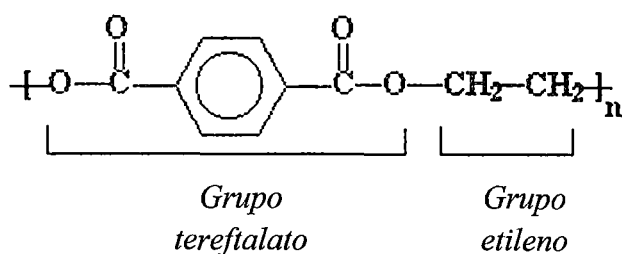
Fig. 2 Síntesis del PET

2.2.1.2. Estructura química del PES.

Los poliésteres tienen cadenas hidrocarbonadas que contienen uniones éster, de ahí su nombre.



La estructura de la figura mostrada a continuación se denomina polietileno tereftalato o PET para abreviar, porque se compone de grupos etileno y grupos tereftalato.



Los grupos éster en la cadena de poliéster son de naturaleza polar, donde el átomo de oxígeno del grupo carbonilo tiene una carga negativa y el átomo de carbono del carbonilo tiene una carga positiva, por lo que los grupos éster se atraen mutuamente y esto permite que los grupos éster de cadenas vecinas se alineen entre sí en una forma cristalina y debido a ello, den lugar a fibras resistentes.

FIBRA DE POLIESTERES HOMOPOLIMEROS		
Polímero	Denominación	Observaciones
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot (\text{CH}_2)_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli (etilentereftalato) (PET)	Producción comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_{10} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli (1,4-ciclohexilendimetilenteroftalato) (PCHDT)	Producción comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{O} \cdot (\text{CH}_2)_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli (etilen-p-oxibenzoato)	Poli (éster-éter) Producción interrumpida
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli (butilentereftalato) (PBT)	Producción comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}(\text{CH}_3)_2 \text{CH}_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli (pivalolactona)	Desarrollo interrumpido antes de alcanzar su producción comercial

Tabla 1: Fibras de Poliéster.

2.2.1.3. Propiedades químicas y físicas del PES.

Las propiedades de las fibras de poliéster se ven fuertemente afectadas por su estructura y esta tiene una fuerte influencia sobre su versatilidad. La estructura depende en gran medida de la temperatura, la velocidad y grado de estiramiento, grado de la relajación y el ajuste de las condiciones de calor (Termofijado). La orientación cristalina y no cristalina y el porcentaje de cristalinidad se pueden ajustar de manera significativa en respuesta a estos parámetros del proceso.

Como la tensión en la fibra hilada se incrementa por el aumento de la velocidad de estiramiento, las moléculas de PET se extienden, resultando en una mejor uniformidad de hilado, baja elongación y una mayor resistencia, orientación y alta cristalinidad. El estiramiento en caliente logra el mismo efecto y permite un mayor grado incluso de orientación y cristalinidad.

La relajación es la liberación de tensiones y estrés de las moléculas extendidas, que se traduce en menor contracción.

El Termofijado, es el tratamiento por medio de calor cuya finalidad es fijar la estructura molecular, lo que permite que las fibras puedan resistir mejor los cambios dimensionales.

Propiedades físicas.

Las fibras de poliéster destacan fundamentalmente por su:

- ✓ Alto módulo de elasticidad
- ✓ Excelente estabilidad dimensional y de forma
- ✓ Gran resistencia a las arrugas
- ✓ Gran estabilidad de los pliegues impartidos en el plisado
- ✓ Fácil cuidado (secado rápido y buen comportamiento a los tratamientos de lavado)
- ✓ Alta resistencia a la tracción, en seco y en húmedo, que permite una larga vida útil
- ✓ Buena resistencia a la abrasión

- ✓ Buena resistencia a la luz y al amarilleamiento cuando se las expone protegidas por un vidrio
- ✓ Buena resistencia a los ácidos, lo cual es especialmente importante cuando se trata de algunas aplicaciones técnicas
- ✓ Buena resistencia a procesos a temperaturas relativamente altas

Como propiedades desfavorables se pueden mencionar las siguientes:

- ✓ Generación de cargas electrostáticas
- ✓ Baja absorción de humedad
- ✓ Condiciones especiales de tintura
- ✓ Tendencia a la formación de pilling
- ✓ Tacto duro de los tejidos

Propiedades Químicas:

- ✓ Las fibras de poliéster tienen buena resistencia a los ácidos minerales débiles, incluso a temperatura de ebullición, y a una gran mayoría de los ácidos a temperatura ambiente.
- ✓ La hidrólisis es altamente dependiente de la temperatura. Así las fibras de PES convencional empapado en agua a 70°C durante varias semanas no muestran una pérdida apreciable de resistencia, pero después de una semana a 100°C, la resistencia se reduce aproximadamente en un 20%.
- ✓ Las fibras de PES son muy sensibles a los álcalis como el hidróxido de sodio y metilamina, que sirven como catalizadores en la reacción de hidrólisis. La metilamina penetra en la estructura inicialmente a través de las regiones no cristalinas, causando la degradación de los enlaces éster y, por tanto, la pérdida de las propiedades físicas. Esta susceptibilidad al ataque alcalino se utiliza a veces para modificar la estética de la tela durante procesos de acabado y la estructura porosa producida en la superficie de la fibra por medio de esta técnica contribuye a una mayor humectabilidad y mejores propiedades de desgaste.
- ✓ El poliéster muestra una excelente resistencia a los agentes oxidantes, tales como blanqueadores textiles convencionales, y es resistente a los disolventes de

limpieza y agentes tensoactivos. Además, el PES es insoluble en la mayoría de disolventes a excepción de algunos polihalogenados de ácido acético y fenoles. Las soluciones concentradas de ácido benzoico y fenilfenol producen un hinchamiento de la fibra.

- ✓ El PES es al mismo tiempo hidrofóbico y oleofílico. La naturaleza hidrofóbica imparte repelencia al agua y por consiguiente un secado rápido pero debido a la propiedad oleofílica la eliminación de manchas de aceite es difícil. En condiciones normales, las fibras de poliéster tienen una baja recuperación de contenido de humedad, alrededor de 0,4%, lo que contribuye a las buenas propiedades de aislamiento eléctrico, incluso a altas temperaturas.
- ✓ Las propiedades de tracción de la fibra húmeda son similares a los de fibra seca. El bajo contenido de humedad, sin embargo, puede conducir a problemas de inducción de cargas eléctricas que afectan la producción del tejido y remoción de partículas de suciedad.

2.2.1.4. Teoría de la Tintura del Poliéster.

Debido a las propiedades textiles óptimas del poliéster y la posibilidad de realizar mezclas con otras fibras, especialmente el algodón, se han desarrollado todo tipo de procesos y tecnologías para sacar el máximo provecho a esta fibra tan versátil. Existen métodos que van desde los tradicionales por agotamiento junto con la aparición de nuevos colorantes de mayor peso molecular hasta el procedimiento termosol en cuanto a la tintura y toda clase de procesos capaces de satisfacer todas las demandas del mercado actual.

Los métodos de tintura dependen de la forma como se encuentra la materia prima. Así el filamento continuo se tiñe por agotamiento en autoclaves a altas temperaturas o con carrier a 100°C, a la continua por impregnación y fijado del colorante por calor seco en ramas. Los hilados y tejidos de fibra cortada y mezclas se tiñen generalmente por agotamiento o el procedimiento termosol. En todos los casos se siguen los mismos pasos tales como: preparación del material, la tintura, enjuagues, lavado reductivo si es necesario y jabonados.

Mecanismo de Tintura

Teóricamente el proceso de tintura de la fibra de poliéster consiste en tres etapas:

a) Difusión del colorante en estado molecular hacia la superficie de la fibra

El colorante en dispersión en el baño migra hacia la superficie de la fibra por fenómenos físicos, una vez en la superficie empieza la etapa de absorción.

b) Fase de absorción del colorante por la superficie de la fibra.

También la podríamos llamar fase de agotamiento ya que la misma determina las posibilidades de igualación del colorante, de ahí la importancia de incrementar la temperatura en una forma controlada en esta etapa en particular, para lograr un agotamiento uniforme del colorante. Debemos reconocer que estas condiciones se encuentran muy influenciadas por la concentración del colorante, el gradiente de temperatura, tipo de fibra y ciertos auxiliares presentes en el baño, es también necesario hacer una buena selección de colorantes compatibles entre sí.

b.1. La temperatura crítica y el grado de igualación dependen de la concentración del colorante, más si utilizamos en una receta combinaciones de varios colorantes y en diferentes porcentajes de cada uno.

b.2. La absorción del colorante depende del rango de calentamiento empleado en el proceso, es decir el gradiente.

b.3. Diferentes fibras presentan diferentes afinidades (grados de absorción) por los colorantes. Por ejemplo, la temperatura crítica y el rango de absorción son generalmente inferiores cuando el título de la fibra de poliéster disminuye, esto es especialmente crítico en el caso de las microfibras, si las comparamos con un poliéster convencional.

b.4. En general se utilizan tres tipos de auxiliares para la tintura de las fibras de poliéster, tales como:

b.4.1 Dispersantes aniónicos, generalmente sulfonatos orgánicos que mantienen estables la dispersión a altas temperaturas y tienen muy poco impacto sobre la fase de absorción.

b.4.2 Agentes de igualación no-iónicos, que en general son condensados oxietilenados de ácidos grasos que retardan la absorción de los colorantes asegurando un buen agotamiento, reproducibilidad de tonos y mejora la estabilidad de la dispersión de los colorantes.

b.4.3 Agentes de igualación aniónicos, generalmente promueven la solubilidad y la migración de los colorantes dispersos, así como la difusión de los mismos a altas temperaturas. Pueden causar una aceleración en la etapa de absorción de los colorantes.

La mayoría de los auxiliares recomendados comercialmente son mezclas de varios tipos de productos que influyen de manera distinta en el proceso de tintura.

c) Fase de difusión del colorante de la superficie al interior de la fibra.

La medición del rango de difusión generalmente está relacionada al volumen molecular y la longitud de la molécula colorante, así de esta manera se clasifican como colorantes de baja, media y alta energía, estos valores de energía se encuentran influenciados por las condiciones de aplicación del colorante tales como temperatura de teñido, auxiliares en uso, etc. En la tintura a alta temperatura, la fase de migración del colorante cobra una importancia relevante especialmente en el caso de aquellos colorantes absorbidos en forma poco uniforme, debido a una inadecuada circulación del baño o a un rápido calentamiento del medio (los colorantes dispersos bajo condiciones de 60°C a 130°C migran entre un 40 - 80%), por lo tanto debe prestársele una gran atención a la fase crítica de igualación durante la absorción.

Es normal que los mayores valores de migración se obtengan con los colorantes de baja energía y estas características se hacen más importantes cuando se necesitan cubrir las variaciones presentes en la fibra de poliéster generando materiales con serios problemas de barrado. Es evidente que estas propiedades de migración de un colorante dado permita aplicarlo con seguridad durante la etapa de absorción, en primer lugar maximizando el intercambio entre el baño y la fibra y por otro lado utilizando colorantes compatibles y con rangos de

difusión relativamente altos. Con parámetros bien seleccionados es posible teñir sin problemas e inclusive acortar los tiempos de tintura.

La velocidad de agotamiento de los colorantes en una tricromía se puede considerar de manera independiente y esta se ve influenciada por la concentración, es decir, que a mayor concentración mayor será el tiempo de agotamiento. En consecuencia, la verdadera compatibilidad entre los colorantes no depende solamente del tipo de colorantes sino también de la concentración comparativa de los mismos; el pH del medio debe rondar el medio ácido en el caso de los procesos de tenido normales, o el medio alcalino como ocurre con ciertas gamas de colorantes de aplicación actualmente utilizados en la tintura de la mezcla de poliéster/celulosa con colorantes reactivos en un solo baño.

Tintura del poliéster a alta temperatura

La fibra de poliéster tiene una estructura muy compacta y es altamente cristalina, por lo que es necesario teñirla a altas temperaturas. Con un incremento considerable de la tintura (130°C a 140°C) se consigue lo siguiente:

- Incremento de la velocidad de tintura.
- Pasar el punto de transición vitria de la fibra de poliéster (80°C).

Procedimiento

Existe una gran variedad de procedimientos para la tintura de las fibras de poliéster en general y en sus diversas presentaciones físicas (hilados, telas, etc.). Sin embargo las siguientes sugerencias pudieran cumplir con la mayoría de las exigencias para el procesamiento de este material cuando se utilizan los colorantes dispersos de aplicación normal:

- a) Comenzar la tintura con agua a 50°a 60°C (se puede agregar un agente antiqiebre de 1 - 3 g/l).
- b) Agregar luego 1 - 3% de un agente con propiedades dispersantes y migrantes.
- c) Se regula entonces el pH del baño a valores cercanos entre 4,5-5,0. Es importante en estos casos tomar en consideración el pH del agua utilizada, para entonces primero neutralizar su alcalinidad (esto es normal en la

mayoría de las aguas tratadas) y luego agregar la cantidad de ácido acético para ajustar el pH a los valores recomendados (esto en el caso de las tinturas bajo condiciones normales en medio ácido).

- d) Se comienza a elevar la temperatura del baño en unos $2^{\circ} - 2,5^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ hasta llegar a una temperatura de 80°C .
- e) Se estabiliza la temperatura en ese valor y se agregan los colorantes en dispersión acuosa. Es necesario mantener esta dispersión estable durante todo el proceso para no obtener tinturas defectuosas.
- f) Se cierra la máquina y se comienza a elevar la temperatura en $1^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, hasta llegar a temperaturas de $130^{\circ} - 135^{\circ}\text{C}$
- g) Se trabaja bajo estas condiciones durante 1 hora para el caso de los colorantes normales y si la tintura se encuentra dentro de los parámetros de tonalidad se enfría hasta los 90°C y se comienza a enjuagar por rebose hasta llegar a los $65^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$.
- h) Cuando el agua comienza a salir clara y las tonalidades se encuentran en el rango de medios-oscuros, es conveniente realizar un baño de limpieza reductor agregando al baño 2 - 4 g/l de soda cáustica al 50%. Se calienta hasta llegar a los $70^{\circ} - 80^{\circ}\text{C}$ y se agrega entonces: 2 - 4 g/l de hidrosulfito de sodio y se trabaja por espacio de 30 minutos (esto es para el caso del lavado reductor normal; sabemos que existen auxiliares que eliminan este lavado e inclusive los procesos de teñido alcalinos de la fibra de poliéster y ciertos colorantes dispersos tampoco lo necesitan).
- i) Se enjuaga luego con agua caliente a unos 50°C y se finaliza la tintura. Si fuera necesario con el agregado de una suavizante, antiestático, etc., es posible hacerlo durante este enjuague con un tratamiento con los productos adecuados por espacio de 20 minutos más

Tintura del poliéster a 100°C con carrier

Cuando es necesario teñir a temperaturas inferiores a 130°C ya sea por consideraciones técnicas o de maquinaria disponible, se utilizan lo que se conoce como carriers o transportadores, permitiendo de esta manera realizar el proceso de teñido a temperaturas de ebullición. También se usan carriers cuando se tiñen mezclas de poliéster y lana y mezclas de poliéster y algunos elastómeros sensibles.

Los carriers son compuestos de bajo peso molecular tales como fenoles, aminas, hidrocarburos aromáticos, esteres, etc, que se absorben rápidamente y aceleran la velocidad de tintura. Para poliéster los más utilizados son el ortofenilfenol, difenilo y clorobencenos (muy volátiles).

El mecanismo de acción de los carriers se puede explicar desde dos puntos de vista aceptables:

- ✓ Aumenta la solubilidad del colorante en la solución.
- ✓ Forma una doble capa en la superficie de la fibra aumentando la concentración del colorante alrededor de la misma y con ello la velocidad de tintura.

El procedimiento de teñido es similar al de alta temperatura.

No todos los colorantes trabajan con carrier, sólo aquellos que pertenecen al grupo B y C (según la clasificación de los colorantes dispersos) de baja y mediana energía y pequeña y mediana molécula respectivamente.

2.2.1.5. El mercado mundial de las fibras textiles

El consumo mundial de fibras textiles ha aumentado en los últimos dos años y alcanzaron niveles récord en el 2010, sin embargo la demanda mundial de lana ha ido cayendo en los últimos 50 años principalmente debido a la falta de suministro. Otro fenómeno que se registró en el último periodo fue el incremento de los precios del algodón y las lanas finas. El consumo de fibras textiles siguió en aumento durante el 2011 y se espera mantener la tendencia durante el 2012, especialmente en lo concerniente al consumo de fibras sintéticas, lo que ayudará a impulsar los precios.

La demanda mundial de fibras textiles se ha recuperado después de una caída del 7% de la demanda durante el 2008, provocada principalmente por la crisis financiera mundial de ese período.

Como muestra la figura 3, el consumo mundial de fibras en total se incrementó un 4% en 2009 y un 5% en 2010, según datos de la Asociación Europea de Fibras Sintéticas (CIRFS), la Organización Internacional de Textiles de Lana (IWTO) y el Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC). Como resultado, el consumo mundial de fibra se estima en 75 100 millones de kilogramos (mkg) en 2010, 2 000 mkg por encima del nivel en el año 2007, también es el nivel más alto en la historia del consumo de fibras textiles. El aumento en el consumo de fibra en el 2009 se debió principalmente a un aumento del 9% en el consumo de algodón; pero en el 2010 el consumo de algodón aumentó sólo un 3%, ya que fue reemplazado por fibras cortadas de poliéster, cuando los precios del algodón subieron, se registró un aumento del 6% en el consumo de fibras sintéticas cortadas (16 600 mkg) y un aumento del 8% en el consumo de fibras sintéticas de filamento continuo (28.200 mkg.)

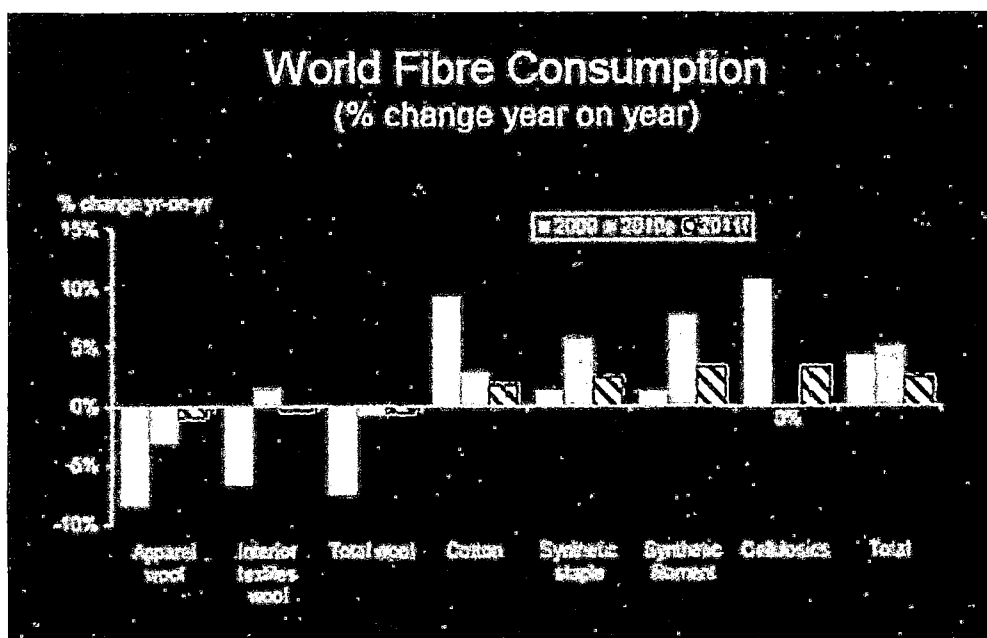


Figura 3: Consumo mundial de fibras textiles.

Existe una gran capacidad de producción de poliéster a nivel mundial, debido principalmente a una fuerte inversión en China durante los últimos años, lo que habría originado un fuerte incremento en la producción de poliéster en el 2010, modificando en gran medida el mercado mundial del poliéster con respecto a los precios y márgenes de ganancia.

En contraste con el aumento de la producción de poliéster, la producción mundial de fibra acrílica disminuyó en el 2010 por la escasez de acrilonitrilo usado como materia prima para su producción, originando un fuerte aumento en su demanda.

En conclusión, la producción mundial de fibra se espera que aumente en 2011, con una elevación del 8% en la producción de algodón y un incremento de 3.2% en la producción de fibras sintéticas.

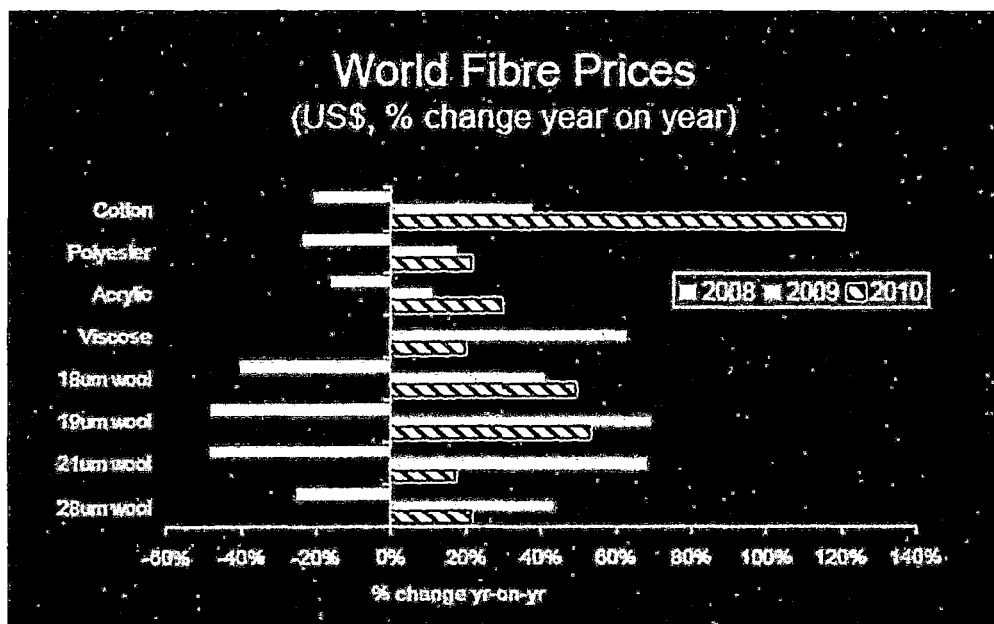


Fig. 4: Precios de las fibras a nivel mundial

2.2.2. Fibras de Algodón(CO)

El algodón es la fibra natural vegetal más útil y valiosa del mundo, y puede aplicarse a diversos usos. Esta fibra celulósica tiene un ordenamiento molecular que le da propiedades únicas de durabilidad, resistencia y absorción. Cada fibra está compuesta de 20 ó 30 capas de celulosa, enrolladas en una serie de resortes naturales, cuando la

cápsula de algodón (cápsula de las semillas) se abre, las fibras se secan con una ligera torsión ideal para su aprovechamiento textil. La composición del algodón es celulosa casi pura, su color es blanco, amarillo pálido o ligeramente rojizo y la fibra es más o menos sedosa, fuerte en mayor o menor grado y de longitud y grueso variables.

2.2.2.1. Composición Química y Estructura Física.

Composición Química

Los componentes químicos que no contengan celulosa en el algodón normalmente se encuentran en la cutícula de la fibra (*figura 5*) y está compuesta por proteínas, cenizas, cera, azúcar y ácidos orgánicos. Las ceras del algodón se encuentran en la cutícula externa y cuanto mayor sea la finura del algodón la presencia de esta será mayor, la cual sirve como una barrera protectora a la fibra. El azúcar representa 0.3 % de la fibra y se produce en el proceso de crecimiento de la planta, los azúcares de la planta consisten en monosacáridos, glucosa y fructosa. Los ácidos orgánicos se encuentran en la fibra como residuos metabólicos y se componen de ácido málico y el ácido cítrico.

Los compuestos que no son celulosa en el algodón se eliminan mediante el uso de disolventes selectivos. Algunos de estos solventes son: hexano, cloroformo, soluciones de hidróxido de sodio, solventes no polares, el etanol caliente, y agua. Después de la eliminación de todas las sustancias químicas, la fibra es de aproximadamente 99% celulosa.

COMPOSICION QUIMICA DEL ALGODON	
• <i>Celulosa</i>	80 - 85%
• <i>Agua</i>	6 - 8%
• <i>Compuestos Minerales</i>	1 - 18%
• <i>Compuestos Nitrogenados</i>	1 - 2.8%
• <i>Materias Pépticas</i>	0.4 - 1%
• <i>Grasas y Ceras</i>	0.5 - 1%

Fig5. Composición Química del algodón.

Estructura Física Está compuesta de: (Ver figura 6)

CUTICULA: Sirve como recubrimiento suave y resistente al agua. Protege al resto de la fibra.

PARED PRIMARIA: Está compuesta por una red de fibrillas que son resistentes a los ácidos.

ENVOLTURA: Es la primera capa de engrosamiento secundario.

PARED SECUNDARIA: Consiste en capas concéntricas de celulosa; constituyen la porción principal de la fibra.

LUMEN: Es una zona hueca por donde se transportan los nutrientes durante el crecimiento y los rezagos de éstos son los responsables del color crema de la mayoría de algodones.

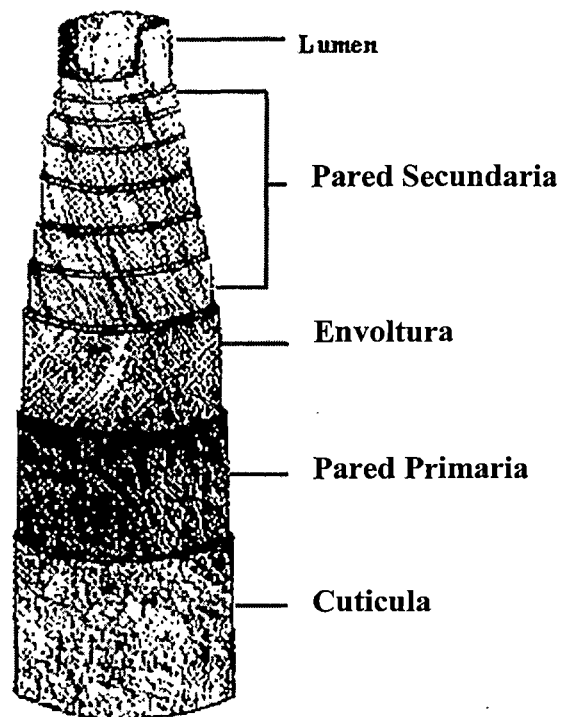


Fig. 6 Estructura Física del Algodón.

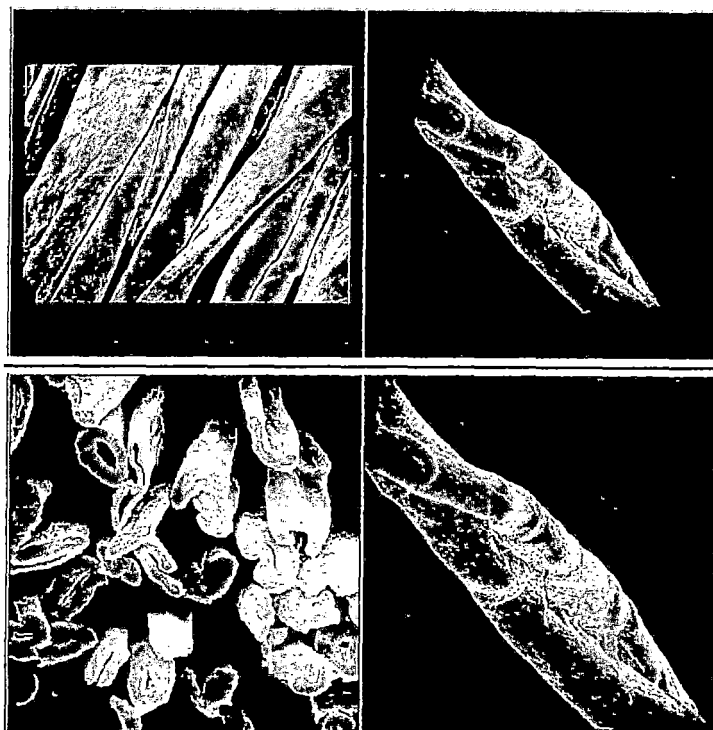


Fig. 7 Vista en microscopio de fibras de algodón.

2.2.2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Algodón.

Propiedades Físicas.

- **Longitud de la fibra:** viene determinada principalmente por la variedad, pero la exposición de la planta a temperaturas extremas y la escasez de agua o de nutrientes pueden acortar la longitud. Una limpieza y/o un secado excesivo en la desmotadora también pueden tener como consecuencia una menor longitud de fibra. La menor longitud de la fibra afecta a la resistencia, la uniformidad del hilo y al rendimiento del proceso de hilado.

Clasificación	Longitud (mm)
Fibra muy corta	< 19
Fibra corta	20.6 - 23.8
Fibra media	23.8 - 28.6
Fibra larga	28.6 - 35
Fibra extra larga	> 35

Tabla. 2. Clasificación del algodón según su longitud

- **Finura:** La finura es indirectamente proporcional a su diámetro, es decir a mayor diámetro menor la finura.

La finura de la fibra afecta al rendimiento del tratamiento y a la calidad del producto final de varias formas. En los procesos de apertura, limpieza y cardado, los algodones con un micronaire bajo o de fibra fina requieren velocidades de proceso más bajas para evitar dañar las fibras. Los hilos confeccionados con fibras más finas tienen más fibras por sección transversal, lo que a su vez produce hilos más resistentes. Las fibras gruesas no son adecuadas para confeccionar hilos finos porque el resultado sería menos fibras por sección transversal, por lo que la resistencia del hilo sería menor. Por otra parte, la capacidad de absorción y retención del tinte varía en función de la madurez de las fibras. Las fibras con un bajo índice de madurez tienen menos capacidad de absorción y retención del tinte que las fibras maduras.

Denominación	Micronaire
Muy Fino	<3
Fino	3.1 – 3.9
Media	4.0 – 4.9
Ligeramente grueso	5.0 a 5.9
Grueso	>6

Tabla 3. Finura del algodón.

- **Limpieza:** esta incide directamente en el precio, ya que refiere a la cantidad de impurezas que presenta el algodón. Como impurezas más frecuente podemos mencionar. semillas, restos de cáscaras, pedazos de hojas, cápsulas, tierra y polvo.
- **Color:** el color del algodón es determinado por el grado de reflectancia y amarillez. La reflectancia indica cuanto brillo tiene una muestra y la amarillez indica el grado de pigmentación. El color del algodón, es un factor con el que se determina el grado del algodón. El grado del algodón depende del color, del contenido de impurezas y del grado de preparación de las

fibras. El color de las fibras de algodón puede verse afectado por la lluvia, las heladas, los insectos y los hongos, así como por las manchas cuando entra en contacto con el suelo, hierbas u hojas de la propia planta. Otros factores que también afectan al color son el exceso de humedad y las altas temperaturas durante el almacenamiento del algodón, antes y después del desmotado. A medida que el color del algodón se deteriora debido a las condiciones ambientales, aumenta la probabilidad de que se reduzca la eficiencia del proceso. El deterioro del color también afecta a la capacidad de las fibras para absorber y retener tinturas y acabados. En la clasificación del algodón americano, se tienen 9 grados tal como se muestra en la tabla 4:

Grado	Denominación
1	Middling Fair
2	Strict Good Middling
3	Good Middling
4	Strict Middling
5	Middling
6	Strict Low Middling
7	Low Middling
8	Strict Good Ordinary
9	Good Ordinary

Tabla 4. Grados de color del algodón UPLAND

- **Regain (Higroscopía):** es la propiedad del algodón de absorber humedad del ambiente siendo un valor promedio de 7 a 8% de su peso en condiciones estándar (25°C y 65% HR)
- **Resistencia:** la resistencia de la fibra es medida por el HVI (instrumento de análisis de fibras) utilizando una separación de 1/8 de pulgada entre las mordazas del instrumento y es expresada en gramos por Tex. La unidad tex equivale al peso en gramos de 1 000 metros de fibra

Grado de Resistencia	Resistencia medida en HVI (g/tex)
Muy Resistente	>31
Resistente	29 – 30
Promedio	26 – 28
Intermedio	24 – 25
Débil	<23

Tabla 5. Grado de Resistencia del algodón.

2.2.2.3. Teoría de la Tintura del algodón con colorantes reactivos

Existen 3 etapas bien definidas en la tintura del algodón con colorantes reactivos.

a) Absorción

Es la primera etapa de la tintura donde el colorante no sufre ningún tipo de reacción ya que se encuentra en medio neutro y la difusión del colorante hacia el interior de la fibra se da sólo por afinidad, hasta llegar a un punto de equilibrio. En la absorción influyen los siguientes parámetros:

- ✓ Naturaleza del colorante.
- ✓ Relación de baño.
- ✓ Concentración de electrolito.
- ✓ pH.
- ✓ Temperatura.
- ✓ Tipo de fibra.

Naturaleza del colorante: La afinidad de los colorantes reactivos son relativamente muy bajas en comparación con los colorantes directos, sin embargo presentan elevados coeficientes de difusión. La afinidad del colorante no solo se da con la fibra sino con el baño especialmente en medios alcalinos (cuando el colorante reacciona con el agua se llama colorante hidrolizado). La afinidad además es función de la temperatura, de tal forma que al aumentar la temperatura la afinidad disminuye, pero gracias a sus coeficientes elevados de difusión, es posible teñir a bajas temperaturas.

Influencia de la relación de baño: El rendimiento del proceso en distintas condiciones mejora cuando la relación de baño es menor, además de disminuir los riesgos de hidrólisis. Sin embargo la relación de baño está restringida por el tipo de máquina a usar. En la actualidad existen máquinas que permiten teñir con RB de hasta 1:4

Influencia de la concentración del electrolito: El electrolito tiene como función principal neutralizar el potencial electronegativo de la fibra, preparándola para el ingreso del colorante. La concentración está en función de la intensidad del color a teñir y debe estar exenta de dureza (sal textil). Generalmente se usa cloruro de sodio y sulfato de sodio.

Influencia del pH: En la primera etapa del teñido se tiene un baño neutro, donde solo ocurre la difusión del colorante en la fibra, la fijación del colorante empieza cuando el medio se vuelve alcalino. Es decir, empieza la reacción con la fibra y con el agua. El rango de pH final tiene valores entre 10.4 – 11.2 según sea la intensidad del color. A mayor valor de pH, el agotamiento disminuye y se incrementa la hidrólisis. Cuando se agregan los álcalis al baño, aparte de fijar el colorante se obtiene un agotamiento adicional; este agotamiento adicional es mayor en el caso de las vinilsulfonas comparado con las MCT.

Influencia de la temperatura: Como en todo proceso tintóreo, la temperatura aumenta la energía cinética de los colorantes, es decir se mueven con mayor rapidez y esto favorece de manera considerable la difusión del colorantes dentro de la fibra. Al mismo tiempo las macromoléculas del sustrato también adquieren energía incrementando los movimientos de rotación y vibración favoreciendo la migración del colorante a otras zonas amorfas de la fibra.

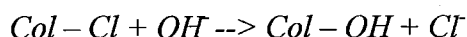
Influencia de la fibra: El porcentaje de zonas amorfas en la estructura de la fibra va a determinar la cantidad de colorantes que se fije en la fibra. Esto se puede interpretar como la absorción del material y va depender del tipo de fibra, zona de cultivo, morfología interna, etc.

b) Reacción.

En la tintura con colorantes reactivos, después del agotamiento a un pH neutro (absorción), se produce la reacción del colorante con la fibra y el agua. Para que se produzca dicha reacción es necesario dar un medio alcalino al baño con la adición de carbonato de sodio, hidróxido de sodio o algún alcalígeno. Según sea el caso, para colores de baja intensidad el pH final deseado se encuentra en un rango de 10,4 a 10,8 y colores intensos en 10,8 a 11,2.

El colorante reacciona preferentemente con la celulosa más que con el agua, a pesar de que ésta se encuentra en mayor proporción, esto se puede explicar mediante *las velocidades de reacción*.

La reacción con el agua para los colorantes monoclotriazínicos, puede escribirse en forma simplificada:

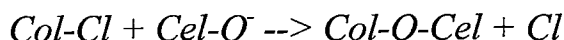


Cuya velocidad de reacción V_{H_2O} se puede escribir:

$$V_{H_2O} = K_{H_2O} [Col - Cl]_s [OH^-]_s$$

Donde K_{H_2O} es la constante de la velocidad y $[Col - Cl]_s$ y $[OH^-]_s$ son las concentraciones de colorante y de iones hidroxilo respectivamente en la solución.

De manera análoga, la reacción con los iones de celulosa:



Se realiza a una velocidad V_{Cel}

$$V_{Cel} = K_{Cel} [Col - Cl]_f [Cel - O^-]$$

Cuya constante de velocidad es K_{Cel} y $[Col - Cl]_f$ y $[Cel - O^-]$ son las concentraciones de colorantes y de grupos OH ionizados en la fibra. La relación entre ambas velocidades, que da la velocidad de reacción relativa del colorante con la celulosa y con el agua, es la siguiente:

$$\frac{V_{Cel}}{V_{H_2O}} = \frac{K_{Cel}}{K_{H_2O}} \cdot \frac{[Col-Cl]_f}{[Col-Cl]_s} \cdot \frac{[Cel-O^-]}{[OH]_f}$$

Dicha velocidad relativa dependerá de 3 factores:

- Relación entre las constantes de velocidad;* debido a la dificultad experimental de hallar dichos valores se ha llegado a la conclusión de que dicho valor es igual a la unidad, siendo un factor no tan determinante en la velocidad relativa.
- Concentración relativa de grupos hidroxilo ionizados en la fibra y en solución;* del siguiente cuadro se puede concluir que la reacción del colorante con la fibra es muchas veces mayor que con el agua.

<i>pH de la solución</i>	<i>Concentración de iones OH en la solución.</i>	<i>Concentración de iones Cel-O⁻ en la fibra.</i>	<i>Valor de $\frac{[Cel-O^-]}{[OH]_f}$</i>
7	10^{-7}	3×10^{-6}	30
8	10^{-6}	3×10^{-5}	30
9	10^{-5}	3×10^{-4}	30
10	10^{-4}	3×10^{-3}	30
11	10^{-3}	3×10^{-2}	28
12	10^{-2}	3×10^{-1}	22
13	10^{-1}	1.1	11

Un incremento de una unidad de pH aumenta la ionización diez veces, sin embargo, debido a la disminución de la absorción que tiene lugar al elevar el pH, y que daría lugar a un menor rendimiento al ser mayor la hidrólisis, es recomendable acelerar la reacción aumentando la temperatura.

- Relación entre las concentraciones de colorante en la fibra y en solución;* aún en colorantes de baja afinidad, la concentración de colorante en la fibra es siempre muy superior a la concentración de colorante en la solución externa.

En todos los casos se observa que la reacción con la fibra es mucho más rápida que con el agua, por lo que *el equilibrio de la reacción es favorable a la fibra*. Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la velocidad absoluta de reacción, que determina el tiempo para que la tintura sea completa y en el tiempo necesario.

c) Eliminación del colorante hidrolizado

Siendo la última etapa de la tintura, consiste en eliminar el colorante hidrolizado que se encuentra en el baño y el absorbido por la fibra. En el primer caso, es suficiente con el vaciado del baño y un enjuague en caliente, pero en el segundo caso es necesario realizar un jabonado a temperatura de ebullición durante 10 minutos. Ahora durante el jabonado existen factores tales como la afinidad del colorante (no determinante), presencia de electrolitos (aumenta la afinidad del colorante hidrolizado dificultando su eliminación) y la temperatura (a mayor temperatura aumenta la solubilidad del colorante hidrolizado facilitando su eliminación) que influyen en el proceso.

2.2.2.4. Perú, Sector Textil 2010 - 2011

El sector textil en el Perú es considerado como uno de los motores de desarrollo y uno de los mayores generadores de empleo; por ello, es necesario analizar la evolución de dicho sector.

El sector textil ha mostrado un crecimiento sostenido desde el año 2004 hasta el año 2008. Sin embargo, en el año 2009, la producción de dicho sector medida a través la actividad “textil, cuero y calzado” empezó a mostrar señales claras de desaceleramiento, retrocediendo 23,05%, respecto al año previo; dentro de esta rama se encuentran los *ítems* “hilados, tejidos y acabados” y “tejidos de punto”, los cuales retrocedieron 16,85% y 22,59%, respectivamente. Asimismo, las exportaciones de este sector también retrocedieron 26,04%. Al tercer trimestre de 2010, se puede apreciar un retroceso ligero de las exportaciones (-1,23%); sin embargo, la producción nacional creció (+38,33%), respecto al mismo periodo del año anterior. El estancamiento de los envíos al exterior se debe principalmente a que en abril del año 2010 Venezuela (uno de los principales destinos de nuestros

textiles) impuso una restricción para las empresas peruanas del referido sector, lo cual ha conllevado a una desaceleración de los envíos; no obstante, las empresas nacionales han encontrado en Brasil un nuevo mercado al cual están redireccionando las exportaciones de textiles que anteriormente se enviaban a Venezuela. El crecimiento de la producción nacional se debe principalmente a una mayor demanda de textiles por el mercado local. Es de resaltar que el ticket promedio (gasto que realizan las personas en las tiendas por departamento, cada vez que acuden a comprar) en textiles es de aproximadamente S/.65 a S/.70 soles por persona, ello debido al mayor poder adquisitivo.

Si bien la coyuntura actual no es auspiciosa para las exportaciones, el futuro de estas podría mostrar un gran dinamismo debido al crecimiento de la economía nacional y a los beneficios otorgados a través de los tratados de libre comercio firmados con EE.UU., Canadá, Singapur, entre otros; siempre y cuando las empresas puedan responder con los niveles de inversión y productividad necesarios para satisfacer la demanda internacional

Contexto Nacional

Al tercer trimestre de 2010, la producción a base de hilados, tejidos y acabados de productos textiles se incrementó si se compara con similar periodo del año previo, debido a la mayor demanda interna, a causa del mayor poder adquisitivo. Al respecto, la producción de “frazadas” fue de 381,309.90 unidades (UD), mayor en 16,41%, respecto al mismo periodo del año previo. La producción de “hilos e hilados sintéticos artificiales” fue de 3,577.10 TM, creciendo 4,10%; mientras que la producción de “tejidos de algodón” y “tejidos mixtos”, aumentaron del 9.84% y 11.9% respectivamente; mayores a los mostrados en el mismo periodo del año 2009. El detalle se puede apreciar en el cuadro siguiente.

Cuadro 1: Elaboración de Hilatura, Tejedur y Acabados de Productos Textiles				
Descripción	Unidad	Al 3T09	Al 3T10	Var %
Frazadas	UD	327,570.70	381,309.90	16.41
Hilos e hilados sintéticos artificiales	TM	3,436.20	3,577.10	4.10
Tejidos de algodón	MT	26,525,534.80	29,134,661.30	9.84
Tejidos Mixtos	MT	7,602,483.50	8,507,330.10	11.90
Hilos e hilados de algodón	TM	24,605.90	30,540.30	24.12
Hilos e hilados de pelos de alpaca	TM	1,518.90	1,865.40	22.81
Hilos e hilados de algodón y mezclas	TM	722.50	1,188.20	64.46

Fuente: Produce / Elaboración: PCR

Tabla 6. Producción textil por sectores

La expansión de la industria textil, al tercer trimestre de 2010, se debió principalmente a la mayor demanda nacional por dichos productos. Debido a ello, la tasa de utilización de la capacidad instalada para el sector textil a septiembre de 2010 fue mayor a la registrada en el mismo periodo del año previo, llegando a presentar una tasa de utilización promedio de 44,0% (38,0% a septiembre de 2009). En el primer semestre del año en curso dicho índice siguió la tendencia positiva, sin embargo es preciso aclarar que, debido a la incertidumbre que vivieron las empresas tanto por la coyuntura nacional como internacional así como el reinicio de las exportaciones de hilado de algodón de la India, la fabricación de productos textiles presentó en los últimos tres meses, desaceleración en las tasas de crecimiento mientras que la producción de prendas de vestir ha registrado índices de crecimiento estables.

La cadena textil-confecciones está integrada a lo largo del proceso productivo, partiendo desde la producción de una de sus principales materias primas, *el algodón*, hasta el producto final que es la de prendas de vestir. Sin embargo la producción de algodón ha venido experimentando una reducción considerable en los valles de la costa peruana, registrándose menores áreas de cultivo, tal es así que en la campaña 2008/2009 alcanzaron las 32 mil hectáreas frente a 94 mil hectáreas que se sembraron en la campaña 2005/2006. Mientras que en la campaña 2009/2010 no llegó a las 30 mil hectáreas, sin embargo, en la campaña 2010/2011 se espera llegar a 48 mil hectáreas.

Otro socio importante para el Perú en el mercado mundial de prendas de vestir lo constituye Colombia, que en el período enero-junio de este año se ubica como el

tercer destino del valor de nuestras exportaciones y el cuarto en volumen. Habiendo presentado un incremento en el valor FOB de 33.59% en el primer semestre del año respecto a similar periodo del 2010.

Contexto Internacional.

Desde inicios del año 2005, el principal riesgo al sector textil lo constituía la eliminación de las cuotas por parte de EE.UU. al comercio de textiles y confecciones provenientes principalmente de China; sin embargo, en el mes de noviembre de 2005, EE.UU. formalizó dicha situación al acordar con China la reimposición de un sistema de cuotas que comprende 34 categorías de productos y que rige por tres años desde el 1° de enero de 2006. Cabe señalar que dichas cuotas de importación disminuyeron en el 2008, año en el que se liberalizó el comercio mundial de textiles y confecciones. No obstante, resulta importante indicar que el segmento al cual van dirigidas las exportaciones chinas es diferente al mercado objetivo de las exportaciones peruanas, pues éstas se orientan hacia nichos de mercado que privilegian los productos con mayor valor agregado, por lo que la eliminación de las cuotas a las importaciones textiles chinas no hubiese significado en la práctica un obstáculo difícil de superar. Por otro lado, tras 18 meses de negociaciones, a principios del año 2006 el gobierno peruano llegó a un acuerdo con EE.UU. para la suscripción de un TLC, el cual fue ratificado el 04 de diciembre de 2007 por el Senado de los EE.UU., el 14 de ese mismo mes, el presidente norteamericano procedió a su firma final, entrando en vigencia en febrero de 2009. El TLC, además de garantizar el acceso preferencial de las exportaciones peruanas al mercado norteamericano, propicia el desarrollo de economías de escala, un mayor grado de especialización y mejores prácticas empresariales. Asimismo, consolida a las exportaciones peruanas los beneficios obtenidos en el ATPDEA, haciendo que éstos sean permanentes. Por todo ello, el TLC resulta una oportunidad de desarrollo muy importante, sobre todo para empresas orientadas a la exportación.

Las principales características del mercado de confecciones americano son las siguientes:

Demanda de EE.UU.

- ✓ El mercado de confecciones de EE.UU. se encuentra dominado por intermediarios comerciales: comercializadoras de marca, detallistas o minoristas y finalmente los fabricantes de marca quienes desarrollan sistemas de producción descentralizados en diversos países; es decir, dejan de lado las formas de integración vertical y fortalecen las actividades de mayor valor agregado, como son el diseño de prendas de vestir y la comercialización de marca. Es por ello que los intermediarios comerciales estadounidenses se caracterizan por gozar de atractivos márgenes de rentabilidad, y a su vez por designar elevados presupuestos en diseño y mercadeo para crear y mantener marcas mundiales. Por otro lado, la importancia de estos intermediarios se ha traducido en exigencias cada vez mayores a sus proveedores en términos de precios, calidad y tiempos de respuesta.
- ✓ Está tomando cada vez una mayor importancia el servicio de full package, el cual incluye los servicios de hilado, tejido, diseño, corte y confección, en comparación a las actividades de confección que es desarrollada básicamente por México y países caribeños.

Oferta en EE.UU.

- ✓ EE.UU. cuenta con un elevado número de países proveedores en la industria de textiles y confecciones.

Perspectivas.

El sector textil peruano entró en una fase de desaceleración a partir del año 2009 debido a la crisis financiera internacional, afectando la demanda internacional de nuestros productos; prueba de ello fue la menor tasa de utilización de nuestra capacidad instalada y el menor valor de nuestras exportaciones. De esta manera, al cierre del año 2009, las exportaciones se desaceleraron 26,04% respecto al año anterior.

De esta manera, a septiembre del año 2010, se observa una desaceleración de las exportaciones en menor intensidad respecto al mismo periodo del año previo. Asimismo, de manera contraria a las exportaciones, la producción se ha dinamizado

38,33% respecto a septiembre 2009, debiéndose esto a la mayor demanda del mercado local, lo cual a su vez se debe a mejoras en la calidad por parte de las empresas productoras y al mayor poder adquisitivo de la población.

CAPITULO III

PREPARACIÓN, MÉTODOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA TINTURA DE FIBRAS TEXTILES

3.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Como en todo proceso industrial, la tintura de fibras sintéticas y naturales necesita una etapa previa de preparación y acondicionamiento del material, ya que muchos de los problemas que se originan después del teñido se deben a una mala preparación.

3.1.1 Tratamientos previos del poliéster

Lavado del Material

En general, el lavado previo del material debería ser un paso normal dentro de los procesos de teñido, porque muchos de los problemas que se presentan durante y después de la tintura tienen su origen en el no lavado del material o en su lavado deficiente. Contaminantes que trae el material desde su hilatura, texturizado, bobinado, tejido, etc., deben ser eliminados porque se pueden presentar de manera no uniforme en la fibra.

En la actualidad se utilizan productos conocidos como *compounds*, que tienen propiedades dispersantes, tensoactivas, regulan el pH, etc.

3.1.2 Tratamientos previos del algodón.

En la actualidad se realizan varios procesos previos al teñido del algodón, entre los principales tenemos: lavado, descrude y pre-blanqueo.

Lavado: Proceso previo por el cual se eliminan impurezas, hojas, etc. Se usa generalmente un agente tensoactivo en una concentración de 3 g/l. a 98°C durante 30 minutos.

Agente	g/l
Humectante	3

Descrude: Debido a la resistencia a medios alcalinos del algodón y las fibras celulósicas en general, la saponificación es la forma más efectiva y económica para eliminar grasas, ceras, impurezas, etc., y acondicionar las fibras para el teñido posterior. En la práctica, para llevar un descrude satisfactorio, se debe utilizar una concentración de soda no menor a 2 g/l en presencia de un tensoactivo.

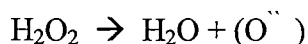
En el descrude con soda cáustica influyen factores tales como: temperatura, tiempo y concentración y el proceso se lleva a cabo a temperatura de ebullición durante 60 minutos.

Agente	g/l
Soda Cáustica	2-4
Humectante	1

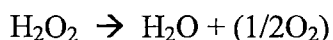
Blanqueo: Existen varios métodos para blanquear el algodón, otras fibras celulósicas, lana y seda, pero el blanqueo con peróxido es el más utilizado en la actualidad debido al hecho de que se puede descrudar y blanquear de manera simultánea, lo que ofrece ventajas económicas y ecológicas.

El peróxido sigue un mecanismo de reacción en cadena de radicales para su descomposición, que se basa en dos reacciones, una que genera el oxígeno con

acción blanqueadora, y la otra que genera oxígeno molecular tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:



En esta reacción se produce un oxígeno nascente con poder blanqueador



En la segunda reacción se produce el oxígeno molecular, se considera una reacción colateral indeseada y no aporta nada al proceso.

Es necesario el uso de estabilizadores como silicatos, para controlar la descomposición del peróxido y por consiguiente la velocidad de la reacción general, así obtener los grados de blancura deseados con el mínimo daño químico a la fibra y adecuado uso del peróxido.

Se trabaja a condiciones atmosféricas normales, temperaturas entre 85°- 95°C durante 60 minutos y un pH idóneo entre 10,7 y 10,9

Agente	g/l
Soda	2
Peróxido	4
Estabilizador	1
Humectante	1
Desmineralizador	1

3.2 MÉTODOS DE TINTURA

De manera general se puede decir que un material textil se puede teñir por dos mecanismos distintos o por combinación de ellos, siendo estos nombrados a continuación:

- Transferencia del colorante hacia la fibra por efecto de la afinidad
- Transferencia conjunta del colorante y solución hacia la fibra por efecto de una impregnación.

3.2.1 Transferencia del colorante hacia la fibra por efecto de la afinidad

Este método constituye la tintura por agotamiento, donde el colorante se encuentra disuelto en una solución acuosa y ocurre la transferencia de colorante hacia la fibra debido a la afinidad que presentan entre sí, debido a este fenómeno la concentración del colorante aumenta en la fibra y disminuye en la solución hasta alcanzar un estado de equilibrio. Una de las características importantes en este tipo de proceso es la relación que existe entre el peso de material a teñir y el volumen de solución, conocido como relación de baño RB, cuyo valor oscila desde 1:4 hasta 1:60, este valor depende del material a teñir y el tipo de maquinaria a utilizar.

En los procedimientos de tintura por agotamiento el tipo de máquina a utilizar se puede diferenciar según el movimiento que hace el material con respecto a la solución, según esta premisa podemos clasificar a la maquinaria textil por agotamiento de la siguiente manera:

a) Máquinas con el material textil estático y la solución de colorante en movimiento:

Se suele utilizar cuando se tiñen flocas, mechas peinadas y gran parte de hilados, por lo tanto, la presentación del material textil no es la óptima para el proceso, por consiguiente, el material se encuentra sin movimiento o estático y se hace circular la solución tintórea a través de ellos en ciclos. De esta manera el material textil recibe el nombre de empaquetado y la solución tintórea debe tener el empuje necesario para poder atravesarlos.

b) Máquinas con el material textil en movimiento y la solución de colorante estática:

Se suele utilizar cuando el material textil no se ve perjudicado si se hace circular a través de la solución de colorante, otorgando una ventaja económica al proceso. Tiene menor costo mover el material que la solución en cuanto a consumo de energía. Ej. El jigger y el torniquete

c) ***Máquinas con el material textil y la solución de colorante se encuentren en movimiento:***

Cuando ninguno de los dos métodos mencionados anteriormente no permite una tintura igualada se combinan ambos sistemas. Por lo tanto, son de mayor costo. Ejemplo de este tipo son las máquinas Jet, que son torniquetes de alta temperatura equipados con una bomba de circulación para teñir tejidos cuyo plegador se encuentra en movimiento, etc.

3.2.2 Transferencia conjunta del colorante y solución hacia la fibra por efecto de una impregnación

En este tipo de procesos se impregna el material textil con una solución concentrada de colorante donde puede existir o no sustantividad del colorante por la fibra ya que este se fija con tratamientos posteriores. El campo de aplicación es bastante amplio pero se usa generalmente para teñir filamentos continuos, mechas peinadas y tejidos en general en procesos continuos y semicontinuos.

Es posible que una parte del colorante quede fijado, pero es necesario someter el material textil a procesos térmicos y/o químicos para llegar a valores aceptables. Como ejemplo tenemos los procesos de tintura por fulardado, fijando el colorante en sistemas discontinuos de almacenamiento en cámaras de vapor (Pad roll) o sistemas continuos con aire caliente (Pad Steam) y procesos Thermosol.

Definimos el fulardado como la acción de impregnar un material textil con una solución de colorante y posteriormente eliminar una parte de la solución impregnada mediante el escurrido entre dos cilindros a una presión constante.

3.3 TIPOS DE COLORANTES SEGÚN LA NATURALEZA DE LA FIBRA

3.3.1 Colorantes Dispersos

Los colorantes dispersos son compuestos no iónicos, casi insolubles en agua, que se usan generalmente para teñir fibras sintéticas y son aplicados en forma de suspensiones acuosas finas.

Los colorantes dispersos pueden tener las siguientes estructuras:

- i. *Colorantes con grupos azo, principalmente monoazoderivados y algunos diazos:*

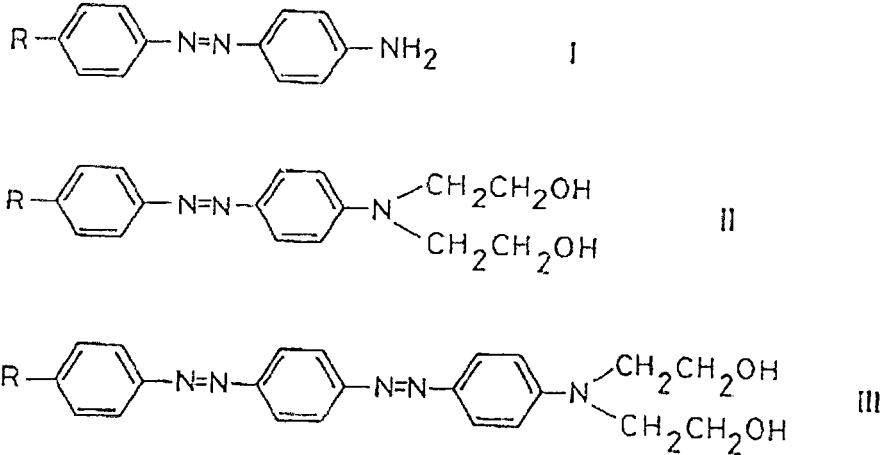


Fig. 8 Estructuras de colorantes dispersos

Abarcan una amplia gama de matices, los grupos I y II son muy poco solubles y no son absorbidos en gran proporción por la fibra. El grupo III presenta mejores solideces a la sublimación, son colores como grises, pardos y marinos.

- ii. *Colorantes nitro-difenil-amina para colores amarillos y anaranjados:*

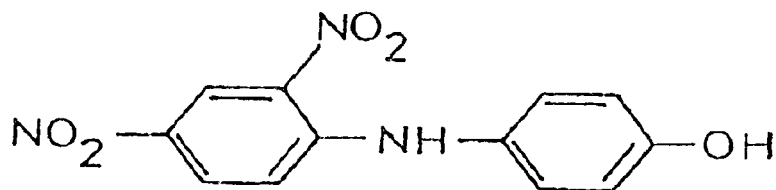


Fig.9. Estructura de los nitro difenil amina

- iii. *Colorantes antraquinónicos*: Derivados de la 1-aminoantraquinona y 1,4-diaminoantraquinona, se obtienen colorantes anaranjados, verdes y azules.

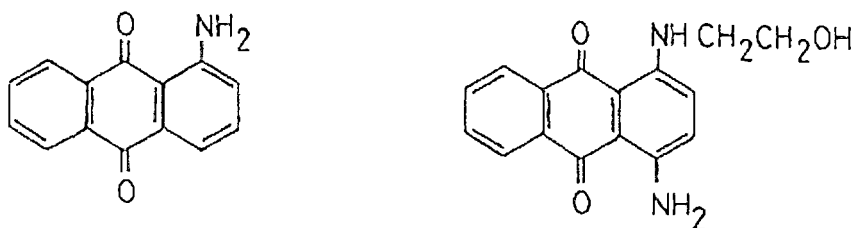


Fig. 10 Estructura de colorantes antraquinónicos.

En general, los colorantes dispersos proporcionan una amplia gama de tonos, con buenas solidez a la luz y al lavado (esta última depende de la velocidad de difusión en la fibra y el tamaño de la molécula colorante), además por su naturaleza no iónica no son atraídos por fibras cargadas por lo que no presentan problemas de barrado.

En la síntesis de los colorantes dispersos, el pigmento se separa de la mezcla de reacción en forma cristalina, por lo que es necesario transformarlos en suspensiones estables y uniformes con un tamaño de partícula del orden de 0,5 a 2 nm para mantener una dispersión estable durante la tintura; y esto se logra con la absorción por parte del colorante de un agente dispersante no iónico, este agente cuando llega a la superficie del colorante sólido, se coloca de tal forma que los grupos hidrofóbicos se orientan hacia la superficie del sólido con la finalidad de que los grupos hidrofílicos se orientan hacia la fase acuosa creando una interfase que estabiliza la dispersión. Esta interfase también impide la agregación de partículas entre sí y su adherencia a la superficie de la fibra, lo que puede resultar en manchas de color y bajas solidez.

Según la naturaleza del grupo hidrofílico los dispersantes no iónicos pueden ser ésteres de ácido sulfúrico, derivados sulfónicos, derivados oxietilenados, etc.

La estabilidad de las dispersiones durante la tintura se puede ver influenciada por varios factores, tales como: *concentración del colorante, temperatura, tiempo, pH, electrolitos, productos auxiliares, agitación, etc.* A mayor temperatura,

concentración y tiempo, es más probable la formación de aglomerados de colorante, pero con un valor de pH entre 4-6, la estabilidad es independiente del pH.

Una de las teorías más aceptadas para explicar el comportamiento de esta clase de colorantes sostiene que el teñido se lleva a cabo a través de una solución muy diluida del colorante, solución que se mantiene saturada durante todo el proceso de teñido por disolución del colorante sólido en la dispersión y que actúa a manera de reserva. De acuerdo a esta teoría se espera que el colorante esté en el baño en tres estados:



Solo el colorante en solución es absorbido por la fibra lo que provoca un desbalance termodinámico originando la ruptura de las micelas, convirtiéndose estas en moléculas individuales y el colorante sólido en micelas. Solo estas moléculas individuales son capaces de penetrar en los espacios que hay entre las largas cadenas moleculares de la fibra para que esta a su vez actúe como un disolvente del colorante.

Las diferentes maneras en que un colorante disperso tiñe una fibra hidrofóbica dependen de la accesibilidad de cada fibra para el colorante, así los poliésteres puede absorber tanto o más colorante que un nylon si el tiempo de teñido es lo suficientemente largo.

Existen dos maneras de solucionar el problema de la difusión del colorante disperso en las fibras de poliéster:

- a) Aumentar la accesibilidad de las fibras mediante el uso de agentes transportadores o carriers, que son compuestos de bajo peso molecular que

aceleran la velocidad de teñido y que actúan sobre el baño de tintura y la fibra.

- b) Incrementar la temperatura de teñido y otorgar al sistema la energía de activación necesaria para poder contrarrestar las fuerzas cohesivas entre las cadenas poliméricas y así formar cavidades suficientemente grandes para acomodar el colorante.

Una clasificación práctica de los colorantes dispersos se basa en su comportamiento térmico, sus propiedades tintóreas y solideces térmicas, de tal manera que se pueden dividir en cuatro grupos A, B, C y D

Grupo A Colorantes de baja energía y molécula muy pequeña con pobres solideces a la sublimación, recomendables para teñir acetato de celulosa y nylon en procesos de agotamiento. Se pueden aplicar a temperaturas de ebullición con ayuda de un carrier, obteniéndose teñidos con alto poder de cobertura e igualación pero pobres solideces térmicas por lo que no son apropiados para teñir poliéster.

Grupo B: Colorantes de baja energía y molécula pequeña, recomendable para teñir poliéster texturizado por el excelente comportamiento tintóreo que presenta cuando se tiñe con ayuda de un carrier, lo cual ayuda a cubrir las irregularidades del texturizado. No poseen óptimas solideces térmicas pero si buenas solideces a la luz. Se utilizan para colores claros y medios

Grupo C: Colorantes de mediana energía y tamaño molecular medio, tienen moderada solidez a la sublimación y mediano grado de migración. Se pueden teñir a ebullición con carrier, alta temperatura y son apropiados para procesos termosol. Se utilizan para colores medios y oscuros

Grupo D: Colorantes de alta energía y molécula grande, debido a esto es necesario altas temperaturas y mayores tiempos de tintura. Son de baja migración y de muy buena solidez a la sublimación. También son indicados para procesos termosol y generalmente se usan para colores medios y oscuros.

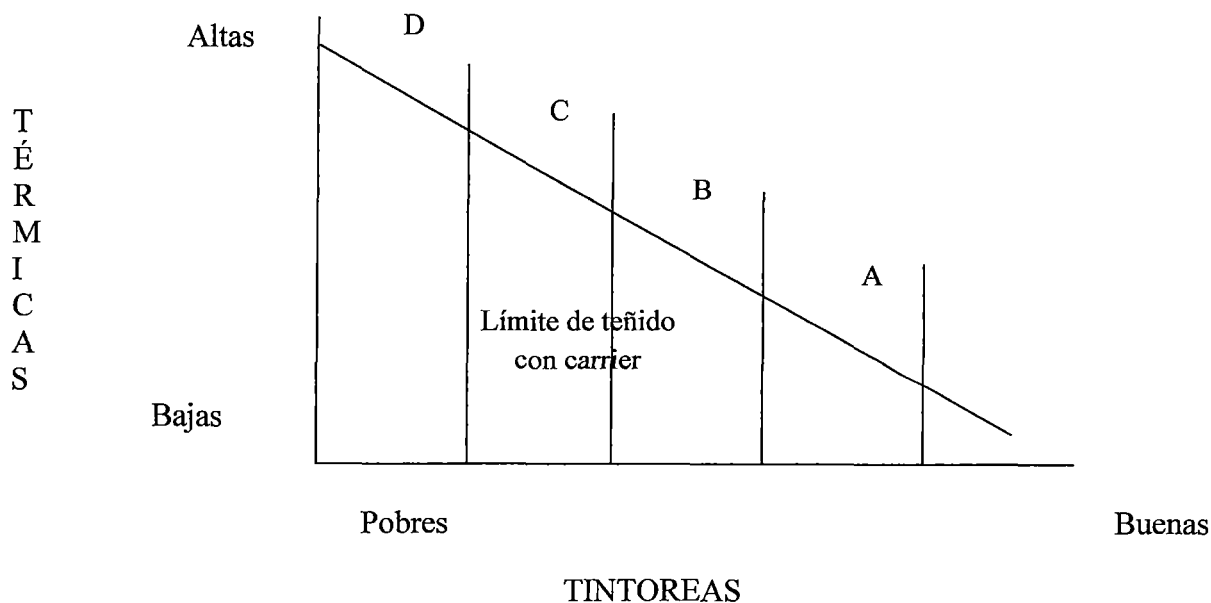


Fig. 11. Propiedades térmicas vs tintóreas de col. Dispersos.

Algunos parámetros que influyen en el teñido con colorantes dispersos son:

- a) *Tamaño molecular*: El equilibrio del proceso de tintura está influenciado por el tamaño de partícula de colorante ya que esta debe estar disuelta en el baño antes de ser absorbidas por la fibra. Mientras más pequeña es, será más fácil diluirlas por lo que la concentración de colorante aumenta en el baño, pero a menor tamaño disminuyen las solideces térmicas porque será más fácil para la molécula migrar hacia la superficie de la fibra a través de su estructura.
- b) *Solubilidad en el agua*: Poseen muy poca solubilidad en agua por lo que es necesario el uso de agentes dispersantes, de preferencia no iónicos y su efecto disminuye con el incremento de la temperatura. La solubilidad aumenta en la misma medida que disminuye el tamaño de partícula. A temperatura constante la solubilidad favorece el equilibrio a favor del baño pero este efecto es alterado por la presencia del dispersante.
- c) *Propiedades de Derretimiento del colorante*: Los colorantes dispersos son compuestos cristalinos que derriten entre los 150° a 250°C. No se utilizan aquellos que están por debajo de este rango.

- d) *Influencia del pH*: En general, el medio alcalino cambia la estructura de los colorantes por lo que se vuelven más solubles en agua, de esta manera el equilibrio se desplaza hacia el baño de tintura disminuyendo el agotamiento, se alcanza una buena estabilidad trabajando a un valor de pH entre 4,5 a 5.
- e) *Temperatura y tiempo de teñido*: Para cada tipo de colorante habrá un valor óptimo de temperatura y tiempo de teñido.

3.3.2 Colorantes Reactivos.

Los colorantes reactivos aparecen en los años 50, cuando unos investigadores descubrieron que los colorantes que contenían un grupo de diclorotriazina eran capaces de formar enlaces del tipo covalente con la celulosa en medio alcalino a temperaturas comprendidas entre los 40° y 80°C. Este comportamiento permitía la tintura en tonos brillantes y con buenas solidez, lo cual no era posible hasta ese momento.

Una ventaja notable de los colorantes reactivos sobre otros colorantes es que sus estructuras químicas son mucho más simples, su espectro de absorción muestra estrechas bandas de absorción, y las tinturas son más brillantes.

Las principales clases químicas de los tintes reactivos son azoicos (incluidos los azoicos metalizados), vinilsulfónicos, tricloropirimidínicos, de ftalocianina y antraquinona.

Los colorantes reactivos son de carácter aniónico, solubles en agua y estables a aguas no muy duras. Su absorción por la fibra se rige por los mismos principios que los colorantes directos de poca afinidad.

La fijación del colorante a la fibra no depende de su tamaño y peso molecular, sino de la fuerza del enlace covalente que forma, de esta manera es posible utilizar moléculas colorantes de pequeño tamaño y así obtener colores brillantes con buena solidez al lavado.

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento del anillo de diclorotriazina con grupos aminos e hidroxilo

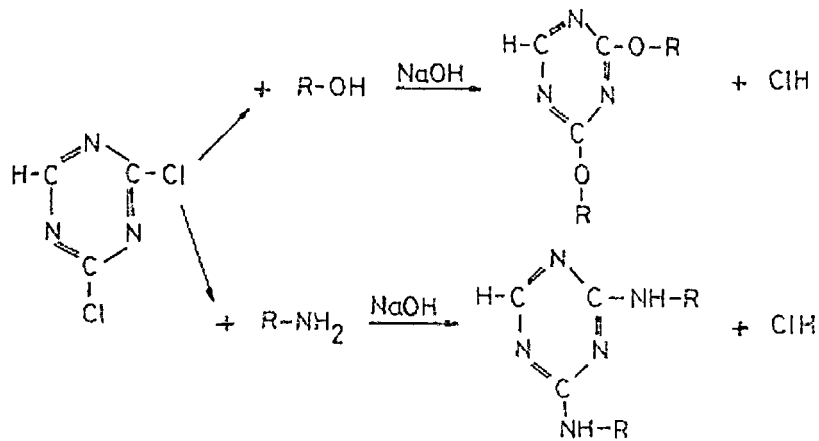
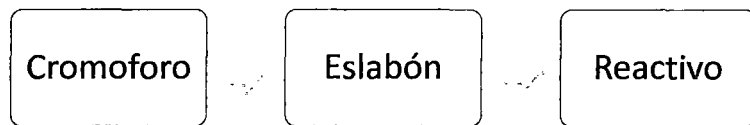


Figura 12. Derivados de la diclorotriazina

Estructura Básica de un Colorante Reactivo

Generalmente se compone de dos elementos fundamentales:



a) El cromóforo, determina principalmente el matiz del colorante y es a la vez responsable de otras propiedades como la solubilidad, sustentividad, propiedades de difusión, solidez, etc., y es aquí donde se encuentran los grupos solubilizantes ($-\text{SO}_3\text{Na}$) y los sustituyentes que le dan sustentividad.

Algunos matices según el grupo cromóforo son:

- Monoazoicos y Diazoicos: Amarillos, pardos, anaranjados, rojos.
- Monoazoicos premetalizados con cobre: Violetas
- Complejos de ftalocianina de cobre y níquel: Turquesas

b) Parte reactiva, determina el tipo y velocidad de reacción, además influye en la estabilidad de la unión colorante-fibra.

Desde el punto de vista de su reacción con la celulosa se pueden clasificar a los colorantes reactivos de la siguiente manera:

- a) *Colorantes que forman ésteres de celulosa por un mecanismo de sustitución*, a este grupo pertenecen la mayor parte de los colorantes en el mercado. Se puede observar el mecanismo de sustitución en la siguiente figura

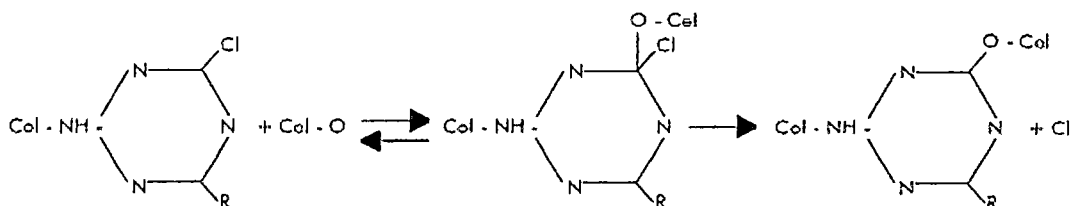


Figura 13. Estructura de colorantes reactivos (sustitución nucleofílica)

Tomando como ejemplo el anillo de triazina, encontramos un determinado número de electrones de libre movimiento, donde estos no se encuentran uniformemente distribuidos sobre los distintos componentes del anillo, sino que tienen preferencia por los átomos de nitrógeno, razón por la cual, queda una carencia de carga negativa en los átomos de carbono (se positivizan y aumenta su carácter electrofílico). De esta manera, cuanto más carácter positivo tenga, será mayor la afinidad hacia el anión celulósico, por lo que aumenta la reactividad del colorante, esta positivización depende de algunos factores tales como el número de átomos de nitrógeno, tipo de sustituyentes y su carácter electronegativo. De aquí se puede concluir que las monoclorotriazinas son más reactivas que las tricloropirimidinas y menos reactivas que las diclorotriazinas.

- b) *Colorantes que forman éteres de celulosa por un mecanismo de adición*, que poseen como parte reactiva un grupo alifático. Estos colorantes forman un doble enlace activado en presencia de un álcali debido a la presencia de grupos $\text{-SO}_2\text{-}$ o -CO- en su estructura. Estos grupos electrofílicos facilitan el ataque nucleofílico a uno de los carbonos de la doble unión activada, finalizando la reacción por la adición de un protón como se observa en el siguiente esquema:

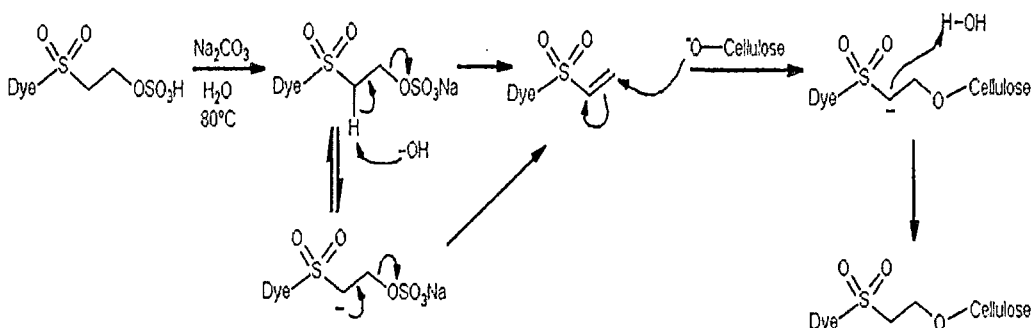


Figura 14. Estructura de colorantes reactivos (adición)

Los grupos más representativos son:

- Sulfato etil sulfonas: Crom []-SO₂-CH₂-CH₂-O-SO₃H
- Cloro etil sulfonas: Crom []-SO₂-CH₂-CH₂-O-Cl

En presencia de álcali generan las vinilsulfonas:

- Crom []-SO₂-CH=CH₂

Crom: grupo cromóforo.

Hidrólisis de los colorantes reactivos

Se llama hidrólisis a la reacción que ocurre entre el grupo reactivo de los colorantes y el agua dando lugar al colorante hidrolizado donde el grupo reaccionante ha sido transformado en un ion OH⁻ perdiendo su capacidad de formar un enlace covalente con la fibra y siendo absorbido solo por afinidad. Esto afecta la solidez al lavado por lo que es recomendable trabajar en un rango de pH entre 10.4 -11.2 para disminuir al mínimo estas reacciones.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TINTURAS: SOLIDECES

3.4.1 Generalidades

Podemos definir a las solideces como la resistencia a la variación o pérdida de color de cualquier material textil frente a la acción de un determinado agente; no solo se refiere a los colorantes sino incluye a los blanqueadores ópticos y a la permanencia de algunos acabados.

Se considera como pérdida o variación de color a las variaciones de tono, de matiz, a la combinación de ambas y el manchado de otros textiles.

Cuando se hace la evaluación de solidez, se realiza el ensayo frente a un solo tipo de agente, aunque en la práctica un género está expuesto a varios agentes de manera simultánea. Estos agentes pueden ser la luz, el lavado, el sudor (ácido y alcalino), mercerizado, sublimación, cloro, etc. También se pueden evaluar solideces combinadas tales como: Solidez a la luz con sudor (Norma AATCC 125-2009).

3.4.2 Factores que afectan las solideces

Podemos citar los más importantes entre los muchos factores que alteran las solideces:

- a) El colorante:* La estructura del colorante y su estado de agregación es fundamental en cuanto a las solideces. Por ejemplo, si un colorante es muy soluble al agua no presenta buenas solideces húmedas, los colorantes que están en su forma más oxidada resisten mejor a los oxidantes, aquellos que tienen en su estructura átomos de cloro son sólidos al agua clorada, y cuanto mayor es el número de agregados moleculares dentro la fibra, la solidez a la luz es mejor.
- b) La fibra:* Las solideces varían según el tipo de fibra y los diferentes tipos de colorantes (familias) utilizados. Así tenemos que colorantes básicos tienen mejores solideces a la luz sobre fibras acrílicas que sobre fibras celulósicas. Otro factor importante son los diferentes acabados o tratamientos a que ha sido sometida la fibra antes, durante o después del proceso de teñido.
- c) El proceso de tintura:* Influyen los distintos métodos de tintura como agotamiento, impregnación, uso de pigmentos, etc., también el uso de algunos auxiliares como carriers en el teñido con colorantes dispersos. Los tratamientos posteriores a la tintura son muy importantes como en el caso de los colorantes reactivos, donde es necesario realizar una serie de jabonados para quitar todo el colorante hidrolizado de la superficie de la fibra y de esta manera mejorar las solideces.
El uso de resinas en los acabados posteriores al proceso puede mejorar o empeorar los grados de solidez.
- d) La intensidad de la tintura:* La variación o pérdida del color que se ha denominado como solidez se debe o bien a la destrucción de las moléculas

de colorante o bien a la pérdida de las mismas, en uno u otro caso, para una misma cantidad absoluta de colorante desaparecido de la fibra, la proporción es mayor cuanto menor sea la intensidad inicial de la tintura. Por ello, no se puede señalar un valor absoluto de solidez de un colorante a un determinado agente al ser ésta función de la concentración del mismo.

3.4.3 Clases y determinación de solideces

Clasificación

En la práctica se agrupan las solideces según el agente externo que produce la variación. Así, están los agentes que actúan durante el proceso de manufactura como lavados, blanqueo, mercerizado, esmerilado, etc., y los agentes que actúan durante la vida útil del textil como la luz, lavado, agua, agua clorada, sudor, frote, planchado, etc.

La organización internacional de normalización (ISO) realizó una clasificación oficial usando como criterio, agrupar aquellos métodos que tienen un agente en común, sin importar que actúen en condiciones distintas en cada caso.

Determinación de solideces

Es necesario realizar los ensayos de solidez a escala reducida, ya que no siempre es posible exponer de manera directa el material textil a los distintos agentes que actúan sobre él. Estos resultados en algunos casos pueden no ser suficientemente representativos, por lo que es necesario que dichos ensayos cumplan una serie de condiciones para obtener resultados fiables tales como:

- a) *Concordante*: Los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio deberán ser los mismos que se obtendrán al exponer el material textil directamente con los agentes de variación.
- b) *Reproducible*: Los métodos, los instrumentos, materiales, principios, etc., deben asegurar que los resultados de los ensayos sean similares cuando se realicen en distintos laboratorios, en distintos países y con personas de distinta formación. En la actualidad existen normas internacionales que estandarizan los métodos de ensayo de solideces para asegurar su reproducibilidad.
- c) *Sencillo* o de fácil aplicación.

3.4.4 Normas para los ensayos

Son muchos los agentes causantes de la variación del color, además la forma cómo actúan dependen de muchos factores, por lo que es necesario establecer métodos representativos que abarcan en promedio todas estas condiciones y asegurar la reproducibilidad de los ensayos.

Las normas internacionales de solidez se elaboran en el seno del I.S.O./TC38/SC1, es decir el Subcomité 1 del Comité Técnico 38 de la I.S.O., Comité que abarca todos los campos de Normalización Textil.

También existe la Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas (AATCC), que sirve en el ámbito internacional como co-secretaría para las normas ISO/TC38/SC1. Ambas organizaciones trabajan de la mano con la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)

Existen una serie de apartados que van a ayudar a comprender como se definen y fijan las normas de solidez y las condiciones del ensayo y de esta manera asegurar su correcta aplicación.

- a) **Objeto y campo de aplicación:** Donde se define para cada método la finalidad del ensayo, su campo de aplicación y que tipos de materiales pueden ser sometidos a estos ensayos, sin embargo estas condiciones fijadas no son limitativas.
- b) **Principio del método:** Se expone el método en sí, para permitir al que vaya a utilizarlo que sepa si se trata del ensayo que necesita.
- c) **Aparatos y reactivos:** Se indican todo lo necesario para asegurar la reproducibilidad del ensayo.

Probetas: Se indica la preparación de las probetas simples y compuestas así como los testigos de control que deberán usarse en algunos ensayos.

- d) **Modo de operación:** Se describe los diferentes tratamientos a que se somete la probeta, la valoración de la degradación y manchado de la muestra, las tolerancias para valores como dimensiones, temperaturas y tiempos.

3.4.5 Solidez a la luz

Nos referimos como solidez a la luz, a la resistencia de una tintura, de variar o perder el color por efectos de la luz diurna. Los ensayos se evalúan de manera práctica con la escala de grises y según normas internacionales con la escala de azules, AATCC TM 16 y Norma ISO 105.B02 respectivamente

- Escala de grises para valorar la degradación según la AATCC: Consiste en 5 pares de muestras, de color gris neutro numeradas del 1 al 5. El par número 5 (máxima solidez) la forman dos muestras grises idénticas, por lo tanto el valor 5 se da a una muestra sometida al ensayo y que no presenta variación alguna con la original. Los pares de muestras del 4 al 1 están formados por una muestra idéntica a la 5 y otra muestra gris cada vez más clara, siendo la diferencia de color en cada par el doble que en la anterior, tal como se observa en la tabla 7.

INDICE DE SOLIDEZ	DIFERENCIA DE COLOR ΔE
1	12
2	6
3	3
4	1.5
5	0

Tabla 7. Diferencias de color en la escala de grises

- Gama de azules ISO: Consta de 8 muestras de lana teñidas cada una con un colorante de solidez distinta y numeradas del 1 al 8. El número 1 corresponde a la muestra de menor solidez y el 8 a la mayor.

En la solidez a la luz influyen una serie de factores externos e internos sobre la fibra teñida. Entre los principales factores externos tenemos la iluminación, la temperatura y la humedad ambiental, estos dos últimos actúan sobre la degradación química del colorante. Entre los principales factores internos tenemos la naturaleza de la reacción fotoquímica (oxidación, reducción), el estado físico del colorante (molecular o en forma de agregados), los grupos químicos (responsables de la

actividad superficial) y los enlaces químicos próximos a él (enlaces puente hidrógeno y agentes con actividad superficial catiónicos disminuyen la solidez).

INDICE DE SOLIDEZ	COLORANTES
1	C.I. AZUL ÁCIDO 104
2	C.I. AZUL ÁCIDO 109
3	C.I. AZUL ÁCIDO 83
4	C.I. AZUL ÁCIDO 121
5	C.I. AZUL ÁCIDO 47
6	C.I. AZUL ÁCIDO 23
7	C.I. TINA SOLUBILIZADO 47
8	C.I. TINA SOLUBILIZADO 47

Tabla 8 Grados para la gama de azules ISO

3.4.6 Solidez al lavado

Se considera a la solidez al lavado como una de las más importantes solideces en húmedo. Existen 5 tipos normalizados de lavado con jabón, considerando al primero como un lavado doméstico y los siguientes como lavados industriales a distintas intensidades, estas características se indican en la siguiente tabla:

Ensayo	1	2	3	4	5
Jabón g/l	5	5	5	5	5
CO ₃ Na ₂ g/l	-	-	2	2	2
T °C	40	50	60	95	95
Tiempo	30'	45'	30'	30'	4 h
Acción Mecánica	Normal			Enérgica: añadiendo 10 billas por probeta (r = 3)	
Testigos	Celulósicas y Proteicas			Celulósicas	

Tabla 9. Parámetros del ensayo de solidez al lavado

En la actualidad, debido al uso extendido de detergentes sintéticos, la ISO ha normalizado el ensayo de solidez al lavado con un detergente sintético, que se comercializa en Europa con el nombre de ECE y en EEUU como WOB, y el método de ensayo es análogo al ensayo con jabón.

3.4.7 Aparatos utilizados en los ensayos de solidez

La mayoría de los ensayos de solidez se pueden reproducir en el laboratorio con ayuda de equipos o aparatos específicos para cada caso, lo que permite realizar un gran número de pruebas fiables. Mencionamos a continuación algunos de los más usados.

XENON TESTER (Solidez a la luz)

Principio de acción: El Xenón Tester utiliza lámparas de arco de xenón, un elemento químico capaz de emitir una intensa descarga luminosa similar a la luz solar. Estas lámparas se colocan en una cámara especialmente acondicionada para realizar ensayos de solidez en plásticos, textiles, tintas, etc. Los valores de radiación, humedad, temperatura y tiempo de exposición son controlados por un microprocesador. Algunos modelos permiten realizar ensayos de solidez a la luz a la intemperie artificial porque llevan incorporados un sistema de rociado de agua destilada o agua de mar lo que permite simular las condiciones necesarias para el ensayo. Con los ensayos realizados se podrá saber cómo los materiales ensayados cambiarán a la exposición a la luz a distintas condiciones de humedad y temperatura.

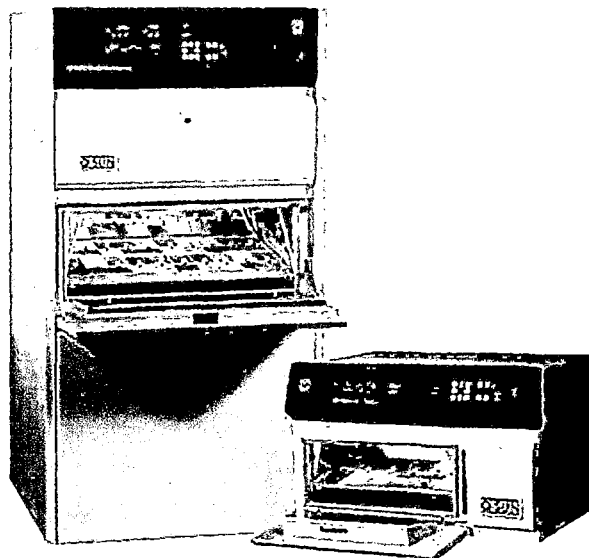


Fig.14 Cámara de xenón

WASHING FASTNESS TESTER (Solidez al lavado)

Principio de Acción: La solidez del color al lavado se determina por medio de una agitación mecánica de una muestra textil unida a un testigo (multifibra DW) en una solución estandarizada de jabón, seguida de un enjuague y secado, luego se evalúa el cambio de color y manchado de la muestra y la multifibra con la escala de grises. En la actualidad existen distintos equipos donde podemos realizar los ensayos de solidez al lavado, entre los más conocidos tenemos: *Wash Wheel (SCD)* o *Laundry Ometer (AATCC)*, etc., todos funcionan bajo el mismo principio y para las normas ISO105-C05, AATCC 61.1996.

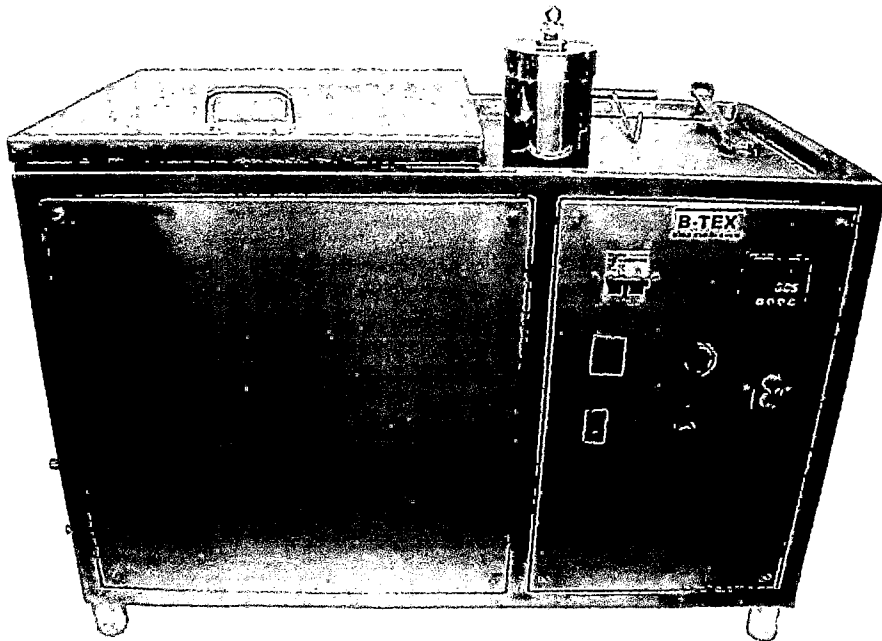


Fig.15 Laundry Ometer

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS DE TINTURA Y CARACTERÍSTICAS DE MEZCLAS DE POLIÉSTER/ALGODÓN

El proceso de tintura de una mezcla de fibras, se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Tintura de fibras con la misma afinidad, por un determinado grupo de colorantes, como la mezcla de fibras celulósicas y proteicas que se tiñen generalmente en un solo baño y una sola etapa si los colorantes son compatibles, caso contrario se hace en 2 baños.
- Tintura de fibras con distinta afinidad para un determinado grupo de colorantes como sucede en las mezclas de poliéster/algodón. En este caso es necesario cumplir con las condiciones tintóreas de cada componente para no perjudicar el desempeño textil de cada una de las fibras.

Los productos hechos con mezclas de fibras naturales y sintéticas representan en la actualidad un alto porcentaje del total de artículos textiles producidos a nivel mundial, siendo una de las más importantes en el mercado, la mezcla de poliéster-algodón (PES/CO). En una mezcla de PES/CO se conservan las propiedades individuales de las fibras componentes, como el tacto y apariencia del algodón y la resistencia y poco desgaste del poliéster, entre otras propiedades. Existen una infinidad de artículos elaborados con este tipo de mezclas como por ejemplo camisas, blusas, tapicería, faldas, trajes, cortinas, etc.

Algunas consideraciones generales de la tintura de este tipo de mezclas son:

- ✓ No presentan muchas limitaciones técnicas como otras mezclas de poliéster.
- ✓ El algodón no se mancha en exceso con los colorantes dispersos usados para el poliéster, sólo se encuentran de manera superficial y se pueden eliminar con un lavado reductivo.
- ✓ Mayor estabilidad dimensional y grado de confort.
- ✓ Las fibras de algodón resisten altas temperaturas y estas mezclas son aptas para teñidos a la continua y por agotamiento.
- ✓ La maquinaria de tintura por agotamiento necesaria es muy diversa como las barcas, autoclaves a presión, jets, etc., y por procesos a la continua tenemos el foulard, fijadoras, etc. Estas se van a escoger según el procedimiento de tintura y los tipos de colorantes utilizados.

4.1. TEÑIDO TRADICIONAL DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.

La fibra de poliéster, dentro de las fibras sintéticas, es la que presenta una estructura más compacta y cristalina, por lo que debe ser teñida a altas temperaturas (alrededor de 130°C), y de esta manera aumentar considerablemente la velocidad de tintura y pasar el punto de transición vítrea de la fibra que se encuentra alrededor de los 70 a 80°C. Así mismo se puede hacer uso de carriers o transportadores para trabajar a temperatura de ebullición (100°C).

Mezclas de PES/CO en cualquier proporción, generalmente se tiñen en dos baños y etapas separadas; uno de colorantes dispersos y el otro de colorantes reactivos o directos. Cuando los requerimientos de solidez son altos, se utilizan colorantes reactivos.

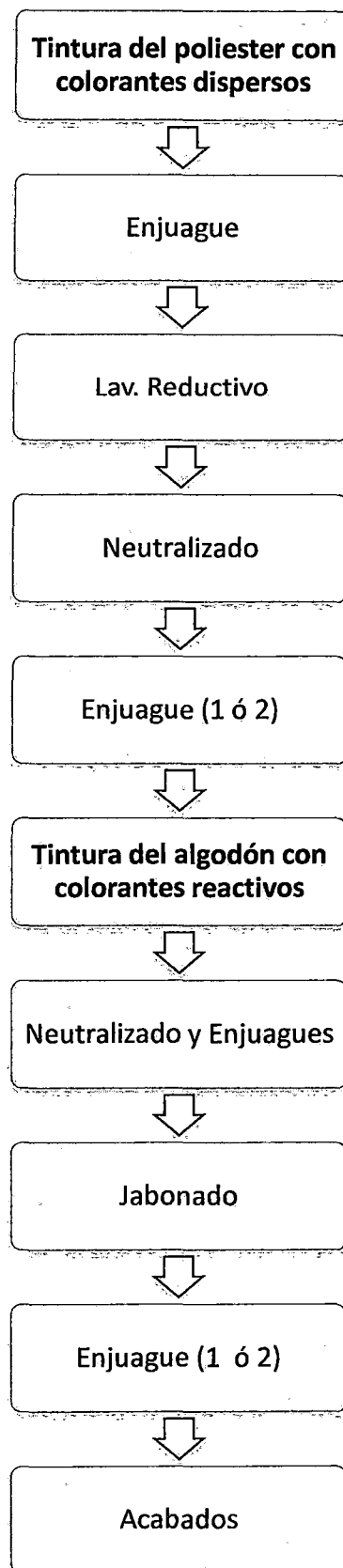
Flujo del proceso:

Primero se tiñe la fibra de poliéster con los colorantes dispersos a alta temperatura (130°C); acabado el tiempo de agotamiento se hace un enjuague por rebozen para luego proceder con el baño reductor alcalino (aclarado reductor) para poder eliminar el colorante superficial, luego se neutraliza y se realizan varios enjuagues para eliminar los residuos de ácido. Después se procede al teñido del algodón con colorantes reactivos a 60°C; una vez que se llega al tiempo de agotamiento necesario se neutraliza, se enjuaga para evitar la presencia de electrolitos en el baño, ya que dan lugar a un aumento en la afinidad del colorante hidrolizado dificultando su extracción y alterando los valores de solidez húmedas esperadas; luego se procede con los jabonados para eliminar el colorante superficial o hidrolizado, para finalmente hacer los tratamientos de acabado.

En el caso de colores claros o de baja intensidad el lavado reductor no es necesario. (Se considera un color claro cuando la concentración total de colorante es menor al 0.5% del peso de la tela).

El aclarado reductor después del teñido disperso es esencial para evitar la termomigración y manchado de ambas fibras en los procesos de acabado posterior y este problema se presenta cuando se utilizan colorantes de molécula pequeña, de baja energía de activación, colorantes fluorescentes y en la tintura de colores intensos o tintura de mezclas con elastano (lycra).

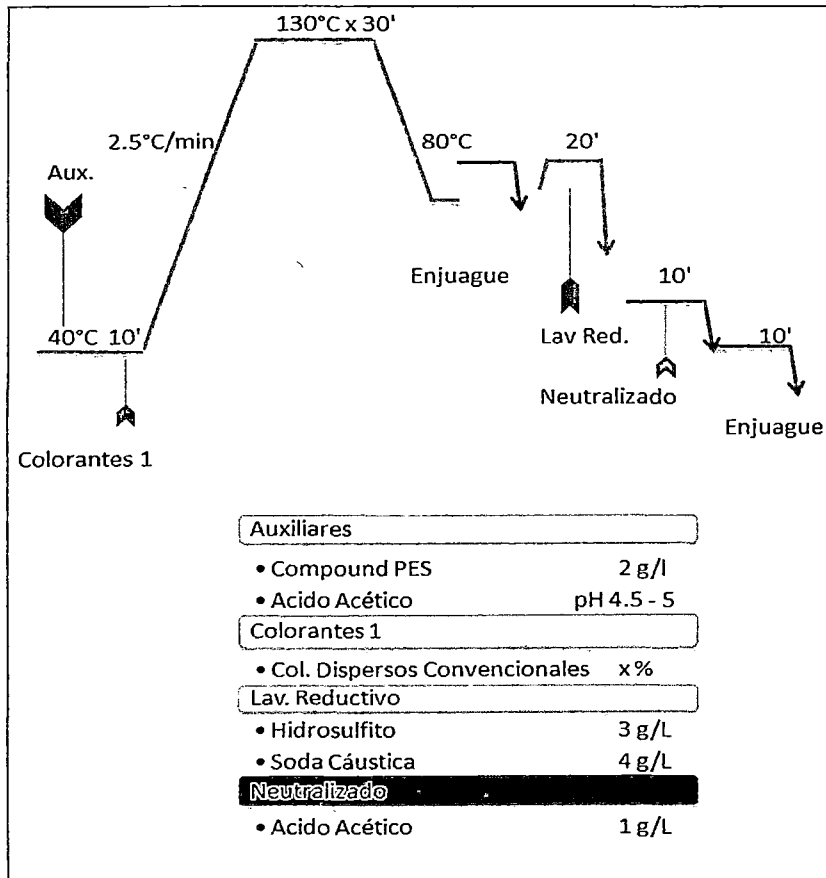
Este método tradicional permite la producción de artículos de PES/CO con grados de solidez más que



aceptables, pero de mayor costo, mayor consumo de agua y energía y mayor control de efluentes.

4.2. CURVA DE TEÑIDO TRADICIONAL DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.

1ero: Teñido del Poliéster:

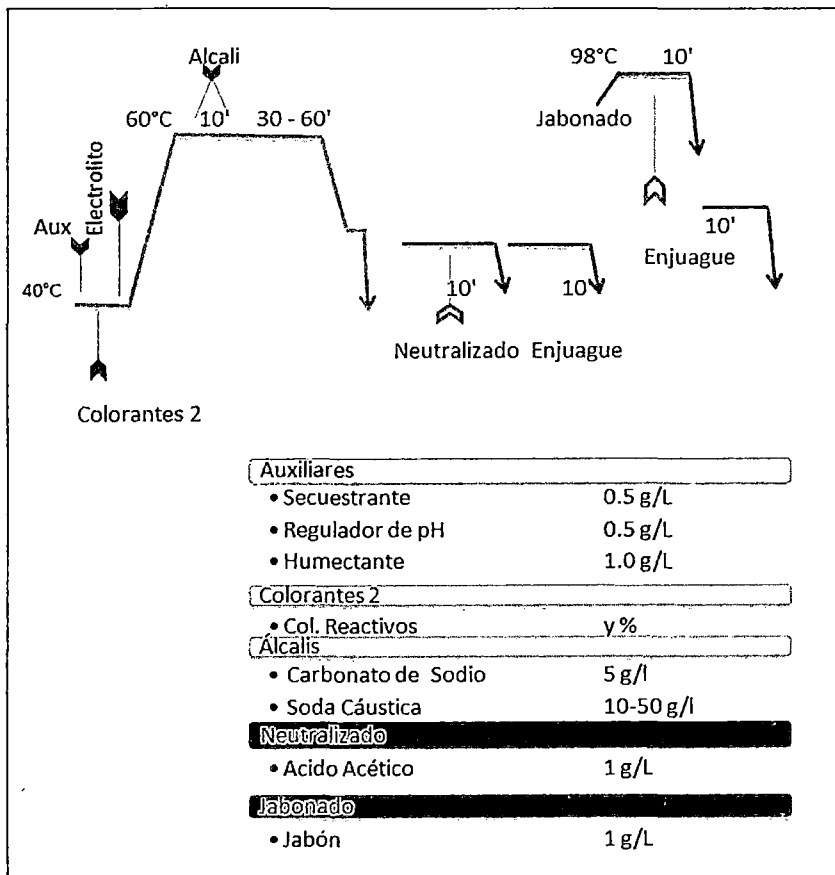


x: concentración de colorante según color.

- ✓ Comienza la tintura con agua blanda y los auxiliares a 40°C (se puede agregar un agente antiqiebre 1-3 g/l) y después se dosifica linealmente el colorante en solución durante 10 minutos, luego se da un tiempo adicional para homogenizar el baño; también se puede llevar el baño ciego hasta 80°C y empezar la dosificación del colorante en solución.
- ✓ Se regula con ácido acético el pH del baño a valores cercanos a 4,5-5,0. (Es necesario verificar con la dureza y el pH del agua utilizada).

- ✓ A continuación se eleva la temperatura del baño a 130°C a razón de 2,0 a 2,5°C/min., (gradiente utilizada para tejidos de PES/CO) y se mantiene esta temperatura durante 30 minutos.
- ✓ Cuando la tintura se encuentra en el tono deseado se procede a enfriar el baño hasta los 90-80°C (para evitar problemas con los oligómeros) y se procede con el enjuague por rebose hasta que el baño sea claro.
- ✓ Se realiza un lavado reductor agregando al baño hidrosulfito de sodio y soda cáustica, después se eleva la temperatura a 80°C y se mantiene durante 20 minutos.
- ✓ Finalmente se neutraliza y se realizan de 1 a 2 enjuagues hasta eliminar los residuos de ácido acético.

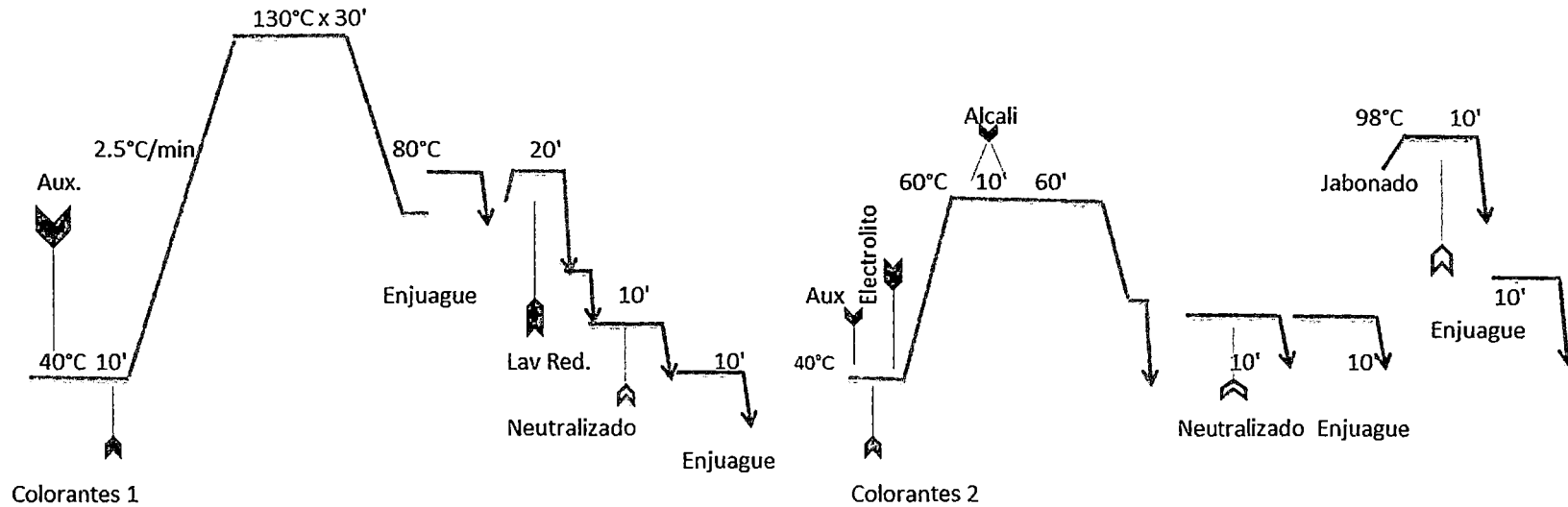
2do: Curva de Teñido del Algodón:



y: concentración de colorante según color.

- ✓ Se comienza con el agua y los auxiliares a 40°C, luego se dosifica el colorante en solución durante 10 minutos, se homogeniza por un tiempo más para luego agregar el electrolito (NaCl o Na₂SO₄) y se empieza a subir la temperatura a 60°C.
- ✓ Una vez a 60°C se empieza a dosificar el álcali durante 10 a 15 minutos para que empiece la reacción y se fije el colorante a la fibra, luego se mantiene la temperatura por espacio de 45 a 60 minutos para asegurar un buen agotamiento.
- ✓ Se enjuaga en caliente y se neutraliza con ácido acético durante 10 minutos; se enjuaga nuevamente y a continuación se realiza los jabonados a 98°C durante 10 minutos (1 ó 2 según la cantidad de colorante), y finalmente se hacen varios enjuagues hasta que el baño este claro o se tenga el tono deseado.

Curva Completa del Proceso Tradicional



Auxiliares

- Compound PES 2 g/l
- Acido Acético pH 4.5 - 5

Colorantes 1

- Col. Dispersos Convencionales x%

Lav. Reductivo

- Hidrosulfito 3 g/L
- Soda Cáustica 4 g/L

Neutralizado

- Acido Acético 1 g/L

x/y : concentración colorante según color

Auxiliares

- Secuestrante 0.5 g/L
- Regulador de pH 0.5 g/L
- Humectante 1.0 g/L

Colorantes 2

- Col. Reactivos y%

Álcalis

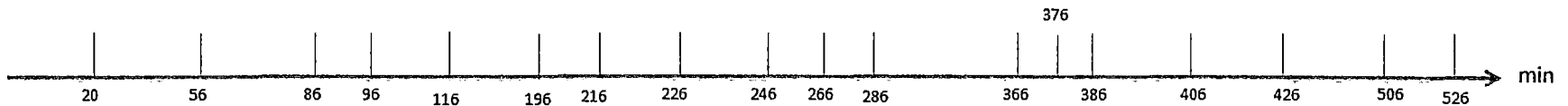
- Carbonato de Sodio 5 g/l
- Soda Cáustica 10-50 g/l

Neutralizado

- Acido Acético 1 g/L

Jabonado

- Jabón 1 g/L



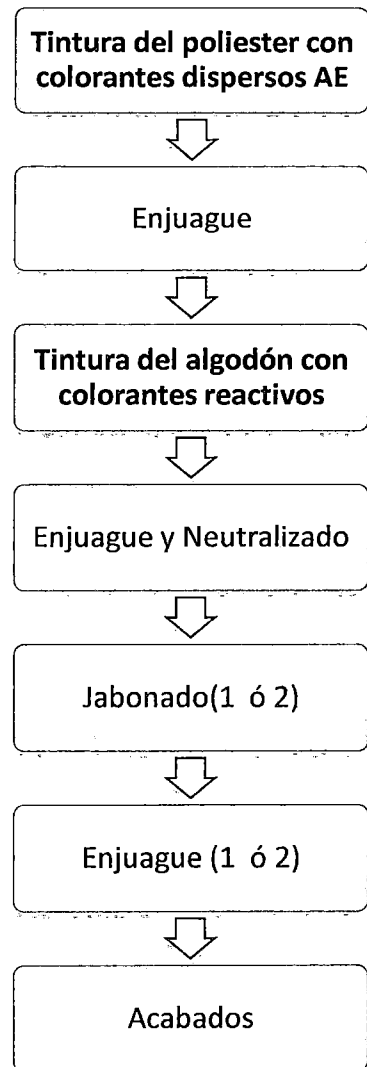
4.3. TEÑIDO OPTIMIZADO DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN

Flujo del proceso:

Como se vio en el método tradicional; se empieza el teñido del poliéster con colorantes dispersos convencionales (de molécula mediana y baja energía), este es el punto clave para poder reducir el número de pasos del proceso, ya que se hace el cambio de los colorantes convencionales por otros de alta energía y molécula grande.

Se procede al teñido a 130°C y una vez que se asegura el tono del sustrato, se baja la temperatura alrededor de 80-85°C y se descarga el baño, esto es para evitar la aparición de los oligómeros, luego se enjuaga por rebose. A continuación se agregan los auxiliares y colorantes para empezar el proceso de teñido del algodón, de manera similar al proceso tradicional.

De esta manera se reduce el número de pasos (de 10 a 7 aprox.), el consumo de energía, el consumo de agua y tiempo del proceso. Todo esto sin alterar el grado de solidez al lavado obtenido siguiendo el proceso tradicional.

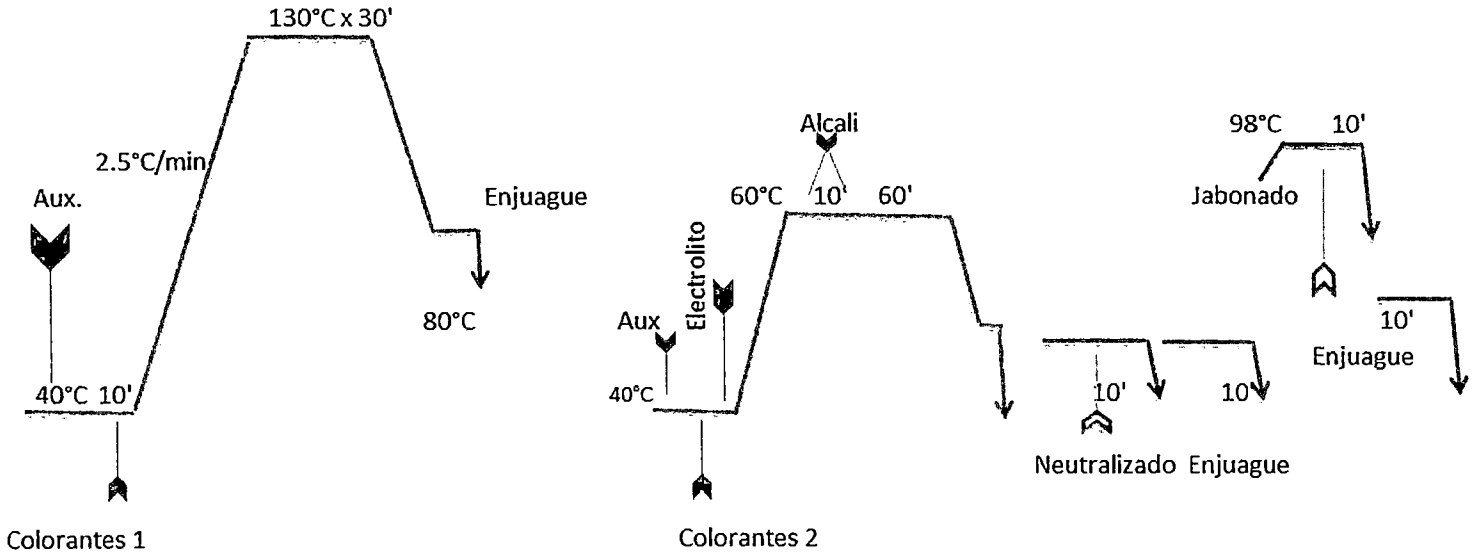


4.4. CURVA DE TEÑIDO OPTIMIZADA DE UN TEJIDO DE POLIÉSTER/ALGODÓN.

Como podemos observar, al eliminar el lavado reductivo, el neutralizado y los enjuagues sucesivos luego del teñido del poliéster, la curva se reduce en 3 ó 4 pasos. Esto posible por el cambio a colorantes de alta energía, el poco colorante disperso que queda en la superficie de la fibra es removido durante el proceso de

fijación en medio alcalino (pH 10.8 a 11.4), de los colorantes reactivos. Esta condición de alcalinidad es suficiente y necesaria para poder reducir los colorantes dispersos (la mayoría son del tipo azo) a su forma soluble, de esta manera, migran hacia el baño y se eliminan en los enjuagues sucesivos. Así no van a influir en el grado de solidez al lavado necesario.

Curva Completa del Proceso Optimizado



Auxiliares

- Compound PES 2 g/l
- Acido Acético pH 4.5 - 5

Colorantes 1

- Col. Dispersos Convencionales x1 %

x1: Colorantes Dispersos de Alta energia
 y: concentración colorante según color

Auxiliares

- Secuestrante 0.5 g/L
- Regulador de pH 0.5 g/L
- Humectante 1.0 g/L

Colorantes 2

- Col. Reactivos y%

Álcalis

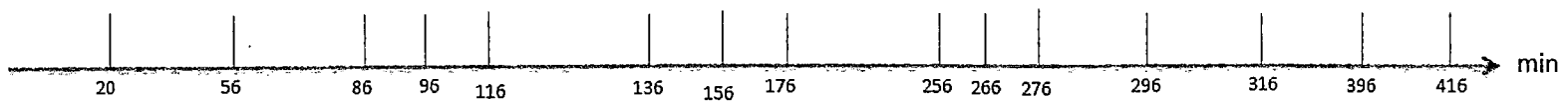
- Carbonato de Sodio 5 g/l
- Soda Cáustica 10-50 g/l

Neutralizado

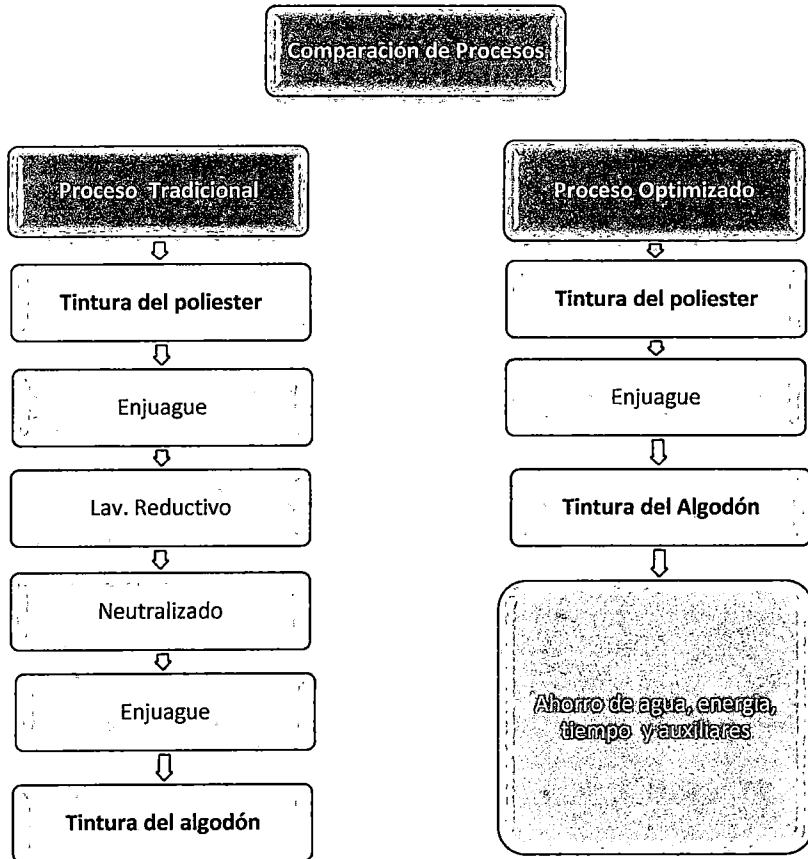
- Acido Acético 1 g/L

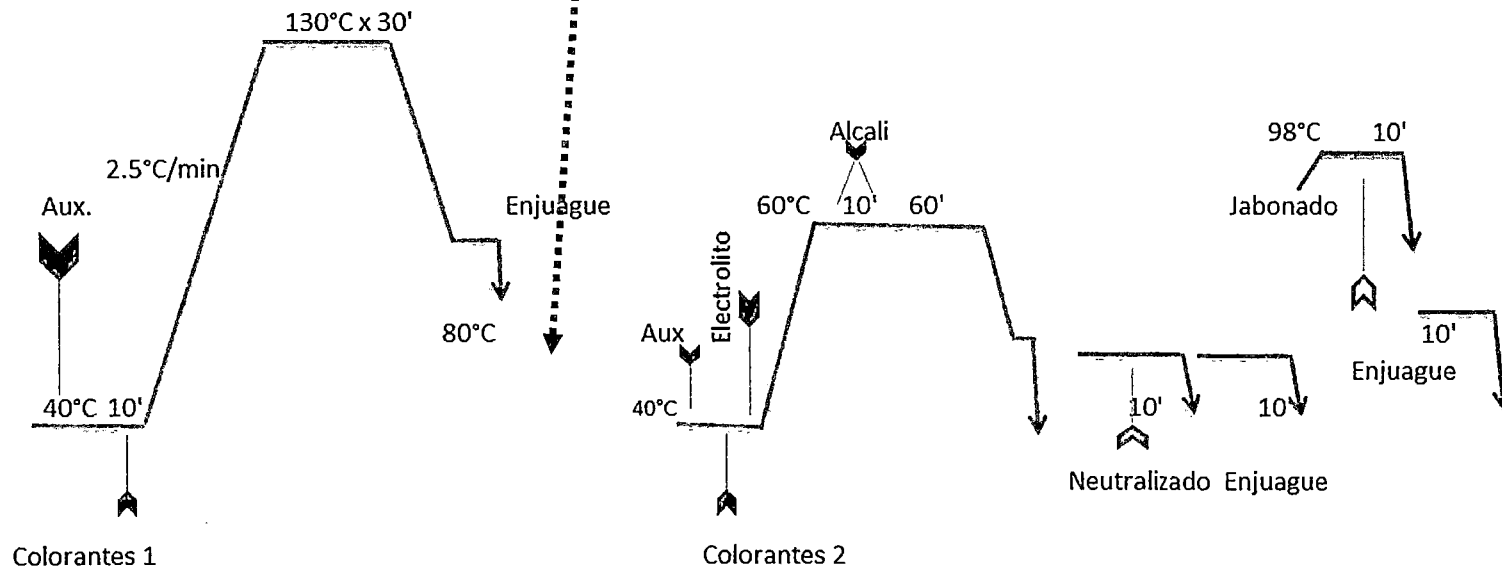
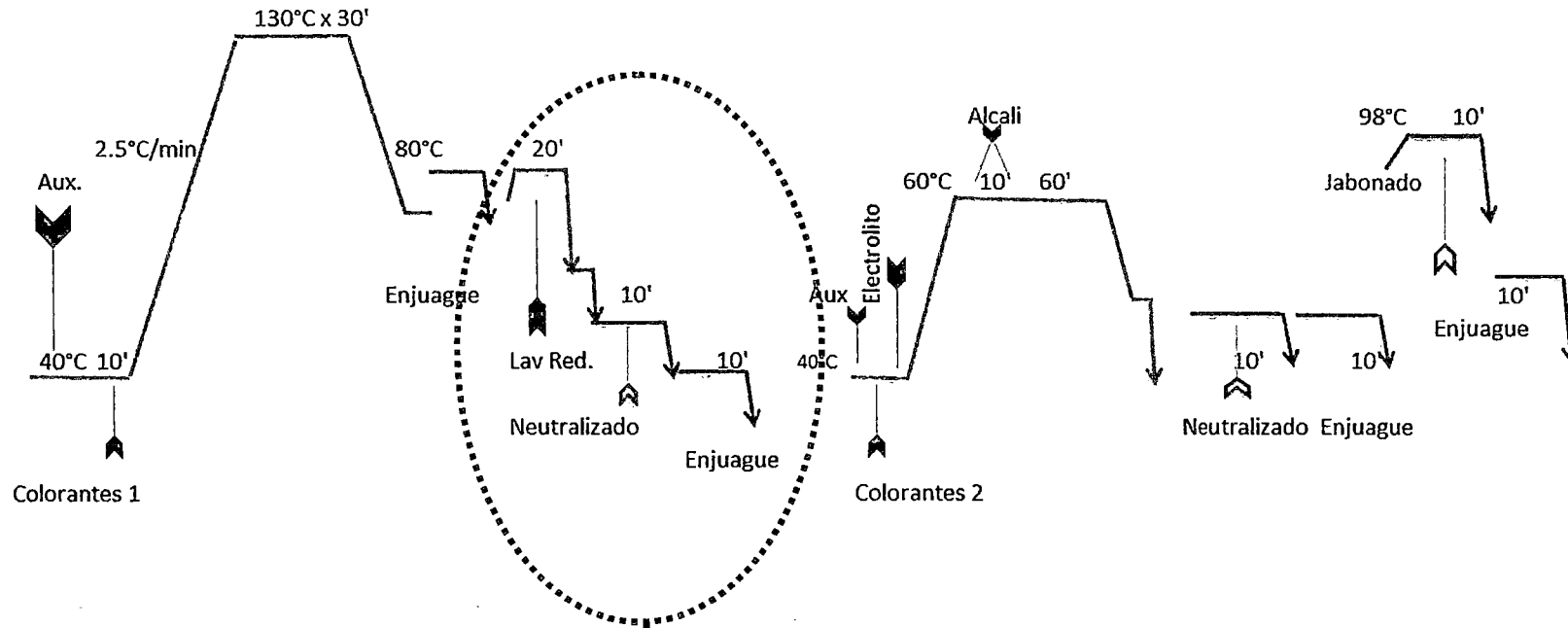
Jabonado

- Jabón 1 g/L



4.5. DIAGRAMAS COMPARTIVOS ENTRE AMBOS MÉTODOS





4.6. DETERMINACIÓN DE LA SOLIDEZ AL LAVADO SEGÚN NORMAS ESTANDARIZADAS.

4.6.1. SOLIDEZ AL LAVADO DOMESTICO Y COMERCIAL SEGÚN NORMA ISO 105/C06

a) Propósito:

Determinar la resistencia de los textiles teñidos o estampados a los procesos de lavado doméstico.

b) Materiales:

- ✓ Landerómetro o su equivalente (Launder-Ometer), aparato que mantiene el baño a una temperatura determinada, en el cual se coloquen frascos de acero inoxidable (550 ml +/- 50 ml) de 75mm de diámetro x 125mm de largo con las muestras a analizar junto a billas de acero de 0.6 cm de diámetro.
- ✓ Multifibra DW.
- ✓ Detergente sin blanqueador óptico: IEC o ECE (WOB).
- ✓ Escala de grises de manchado o descarga y la escala de grises de cambio de color o degradación.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Balanza (0.001 gr).
- ✓ Caja de luces.

c) Procedimiento:

- ✓ Acondicionar la muestra (T 20 +/- 2°C, HR 65 +/- 2 %) por 12 horas junto con la multifibra DW.
- ✓ Cortar una muestra teñida de 4 cm de ancho x 10 cm de largo y coserla a una tira de multifibra a lo largo del lado de 4cm con la cara hacia la multifibra.
- ✓ Luego preparar la siguiente solución: 4 gramos de detergente sin b/óptico en un 1 litro de agua destilada y programar el Landerómetro de acuerdo a las siguientes condiciones: **Test B1M.**

Temperatura (°C)	Volumen (ml)	Tiempo (min)	# de billas
50	150	45	50

- ✓ Adicionar la solución de detergente y las billas a los frascos asegurando de mantener un balance en el Launderómetro, correr la máquina por 10 minutos para precalentar los frascos y el baño a una velocidad de 40 RPM, después del precalentamiento adicionar la muestra cosida con la multifibra y las billas a cada frasco y correr el test por 45 minutos, cuando el ciclo acabe, enjuagar cada muestra individualmente por 10 segundos y exprimir el exceso de agua y secar a una temperatura que no exceda los 60°C asegurándose que la tela no esté en contacto con la multifibra.

d) Evaluación:

- ✓ Evaluar el manchado de la multifibra en nylon, polyester y algodón mediante la Norma ISO 105-A03 usando la escala de grises de descarga o manchado.
- ✓ Evaluar el cambio de color en la muestra usando la escala de grises de degradación o cambio de color:

e) Reportes:

Debe incluir la siguiente información:

- ✓ Indicar el número o método de test utilizado.
- ✓ Indicar condiciones básicas del ensayo como tamaño, temperatura, etc.
- ✓ Indicar el grado de solidez evaluado para cambio de color y manchado.
- ✓ Indicar las escalas utilizadas para la evaluación.
- ✓ Indicar las fibras componentes de la multifibra.
- ✓ Indicar que máquina utilizada para los ensayos.

4.6.2. SOLIDEZ AL LAVADO DOMESTICO Y COMERCIAL SEGÚN NORMA AATCC 16 - 1996 2A

a) Propósito:

Este método sirve para evaluar la solidez del color y sangrado de un tejido bajo condiciones aceleradas, simulando 5 lavados domésticos. Existen 5 métodos dentro de la norma que simulan las distintas condiciones de lavado y son:

1A: Ensayo de solidez para lavados domésticos a mano.

2A: Ensayo de solidez para tejidos lavados en máquina a baja temperatura.

3A: Ensayo de solidez para tejidos con lavados rigurosos.

4A: Ensayo de solidez en presencia de agentes clorados a baja concentración.

5A: Ensayo de solidez en presencia de agentes clorados a alta concentración.

b) Materiales:

- ✓ Launder – Ometer.
- ✓ Tubos con 50 billas de acero.
- ✓ 0.225 g (0.15% en peso del baño) de detergente WOB de AATCC.
- ✓ 150 ml de agua destilada.
- ✓ Muestras de tejido de 5.0 x 10.0 cm.
- ✓ Multifibra DW.
- ✓ Escala de grises para cambio de color y manchado.

c) Procedimiento:

- ✓ Acondicionar las muestras antes de realizar los ensayos.
- ✓ Coser la muestra a evaluar por el lado más corto y con la cara hacia la multifibra.
- ✓ Añadir 150 ml de agua, 0.225 g de detergente y 50 billas a cada tubo.

- ✓ Colocar los tubos en la máquina y correr por 10 minutos hasta que la temperatura llegue a 50°C para pre calentar la solución y colocar los tubos de tal manera que la máquina quede balanceada.
- ✓ Colocar las muestras a ensayar, una por cada tubo, y correr la máquina por 45 minutos.
- ✓ Enjuagar 3 veces, escurrir el exceso de agua y secar cada muestra por separado a una temperatura no mayor de 70°C.
- ✓ Acondicionar las muestras por 60 minutos antes de evaluar.

f) Evaluación:

- ✓ Comparar las muestras con la muestra original, y evaluar con la escala de grises para cambio de color. Se pueden hacer lecturas en un espectrofotómetro.
- ✓ Comparar las muestras con la muestra original y evaluar con la escala de grises para descarga o manchado. Se pueden hacer lecturas en un espectrofotómetro.

g) Reportes:

Debe incluir la siguiente información:

- ✓ Indicar el número o método de test utilizado.
- ✓ Indicar condiciones básicas del ensayo como tamaño, temperatura, etc.
- ✓ Indicar el grado de solidez evaluado para cambio de color y manchado.
- ✓ Indicar las escalas utilizadas para la evaluación.
- ✓ Indicar las fibras componentes de la multifibra.
- ✓ Indicar la máquina utilizada para los ensayos.

4.7. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN CON LA ESCALA DE GRISES

La transferencia de color o manchado de un artículo textil, el cual se cose a un tejido testigo o una multifibra cuando se somete a la acción de un factor de

alteración que se desea estudiar, se valora mediante un número denominado *índice o grado de solidez*. En la mayor parte de los casos, cada método de ensayo se aplica solamente para determinar la solidez a un solo factor de alteración.

Como no se pueden siempre imitar en los ensayos todas las condiciones bajo las cuales los materiales textiles se tratan o emplean, los índices de solidez deberían interpretarse en función de las necesidades particulares de cada usuario, de todas formas siempre se debe contar con una base de referencia para el control y la definición del grado de solidez del color.

Condiciones Generales

Para evaluar la solidez del color, se apreciará por separado la variación del color de la muestra sometida al ensayo y la descarga sobre los tejidos testigos o multifibra. Antes de la evaluación, las muestras y los testigos se acondicionan a la temperatura y humedad del ambiente.

4.7.1. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN O CAMBIO DE COLOR

La degradación o cambio de color de la muestra durante el ensayo se manifiesta como una variación de la intensidad del color, del matiz o de la pureza, o una combinación de estos.

Cualquiera que sea el cambio, la evaluación del mismo se basa en la amplitud del contraste visual que existe entre la muestra original y la muestra sometida al ensayo, este contraste se compara visualmente con el contraste representado por los pares de muestras de papel que se numeran del 1 (máximo contraste) al 5 (mínimo contraste), denominado escala de grises para evaluar el cambio de color o degradación. Se valora el índice de solidez según el número de escala de grises que proporcione un contraste visual similar al contraste entre la muestra original y la ensayada; si el contraste se sitúa entre dos intervalos se asigna un grado intermedio de solidez. En caso de un litigio comercial es necesario realizar la evaluación según la norma ISO 105-A05.

4.7.2. EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE COLOR O MANCHADO SOBRE LOS TEJIDOS TESTIGOS.

La transferencia de color o manchado sobre un tejido testigo o multifibra se debe a la absorción del colorante en el baño o por una transferencia directa por parte del colorante de la muestra evaluada. En cualquier caso la evaluación se hace de manera visual sobre la cara del tejido testigo o la multifibra que estuvo en contacto durante la prueba y no se considera la coloración del baño.

El procedimiento de evaluación es similar al caso anterior de la escala de grises para descarga o manchado.

En el caso de una multifibra como testigo, se evalúa el grado de solidez en cada una de las fibras componentes sin considerar la coloración de las costuras. En caso de un litigio comercial es necesario realizar la evaluación según la Norma ISO 105-A04.

4.7.3. CONDICIONES DE OBSERVACIÓN E ILUMINACIÓN PARA EVALUAR LAS SOLIDECESES.

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Disponer de lado a lado, en un mismo plano y orientados en el mismo sentido, una pieza del textil original y la muestra evaluada, o bien una muestra de testigo sin evaluar con otra manchada por transferencia.
- ✓ Colocar en dos o más capas la muestra a evaluar, para eliminar el efecto del fondo sobre su aspecto, la evaluación se hace a la luz de día o con iluminantes que simulen esta luz, el ángulo de incidencia de la luz sobre las muestras debe ser de 45° aproximadamente.

Finalmente para obtener resultados homogéneos, la limpieza y condición física de la Escala de Grises es muy importante. Se debe verificar constantemente la presencia de huellas dactilares, manchas u otras marcas y si las condiciones de la escala interfieren en el proceso de evaluación es necesario reemplazarla. Se pueden medir las diferencias de color de la escala en un espectrofotómetro para asegurar su buena condición visual.

CAPITULO V
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SOLIDEZ DE
MUESTRAS TEÑIDAS POR EL MÉTODO ESTÁNDAR Y
MÉTODO OPTIMIZADO

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Gris

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Tefido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA ESTÁNDAR

Tricromía Col. Dispersos

Líand. Amarillo L4G 0.20 %

Líand. Azul L-2BLN 0.52 %

Líand. Rubí H-2GL 0.20 %

Tricromía Col. Reactivos

Ev. Amarillo 3RS 0.52 %

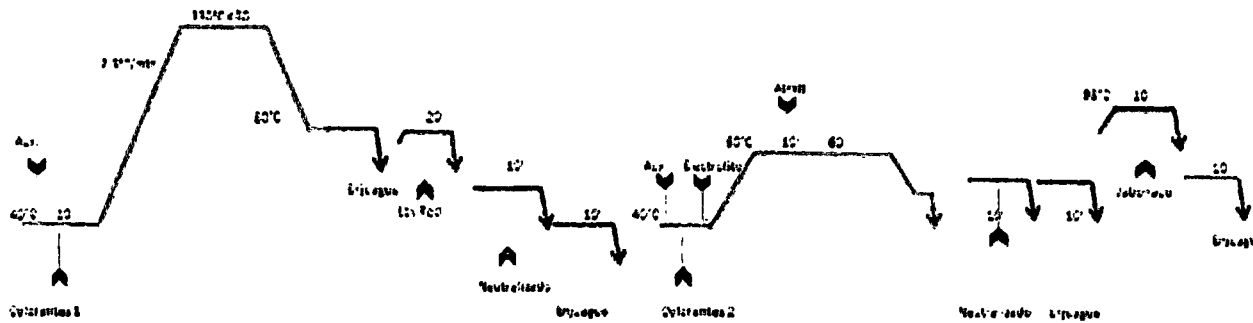
Ev. Azul ED 0.68 %

Ev. Rojo F2B 0.42 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	3
CO	4
PA	2
PES	4
PAN	4-5
WO	3

SOL. LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	3
CO	4
PA	2
PES	4
PAN	4-5
WO	3

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C, 30s)	
AC	3-4
CO	4
PA	3-4
PES	3-4
PAN	4
WO	4



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996/2A	
M	[Redacted]

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Gris

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Tefido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA OPTIMIZADA

Tricromía Col. Dispersos

HXF. Rojo 0.065 %

HXF Pdo. Amarillo 0.546 %

HXF Azul 0.50 %

Tricomía Col. Reactivos

Ev. Amarillo 3RS 0.52 %

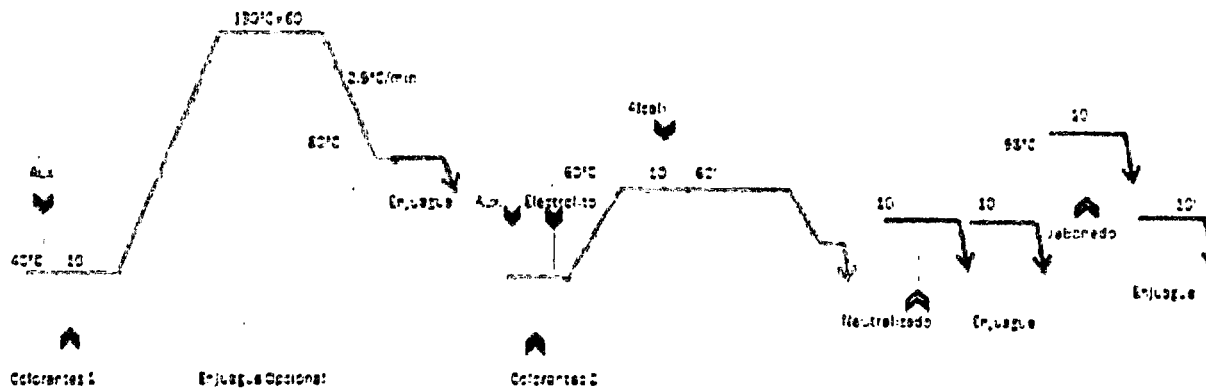
Ev. Azul ED 0.68 %

Ev. Rojo F2B 0.42 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	4
CO	4-5
PA	4
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4

SOL LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	4
CO	4-5
PA	4
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C, 30s)	
AC	4
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4-5



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996/2A	
4-5	[Sample Area]

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Negro

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Teñido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA ESTÁNDAR

Tricromía Col. Dispersos

Lland. Negro EX SF 2.70 %

Lland. Pdo. Amarillo H2RL 0.32 %

Lland. Rubi H-2GL 0.068 %

Tricomía Col. Reactivos

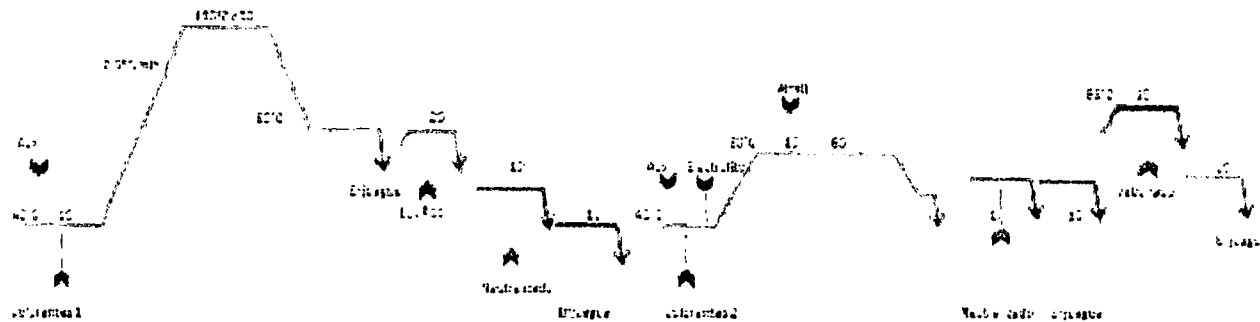
Ev. Amarilla 3RS 0.10 %

Ev. Negro ED-R 3.20 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	2-3
CO	4
PA	2
PES	3
PAN	4-5
WO	2

SOL LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	2-3
CO	4
PA	2
PES	3
PAN	4-5
WO	2

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C, 30s)	
AC	4
CO	4
PA	4
PES	3-4
PAN	4-5
WO	4-5



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996-2A	
4-5	

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Negro

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Tefido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA OPTIMIZADA

Tricromía Col. Dispersos

HXF. Rojo 0.106 %

HXF Pdo. Amarillo 1.41 %

HXF Azul 1.30 %

Tricromía Col. Reactivos

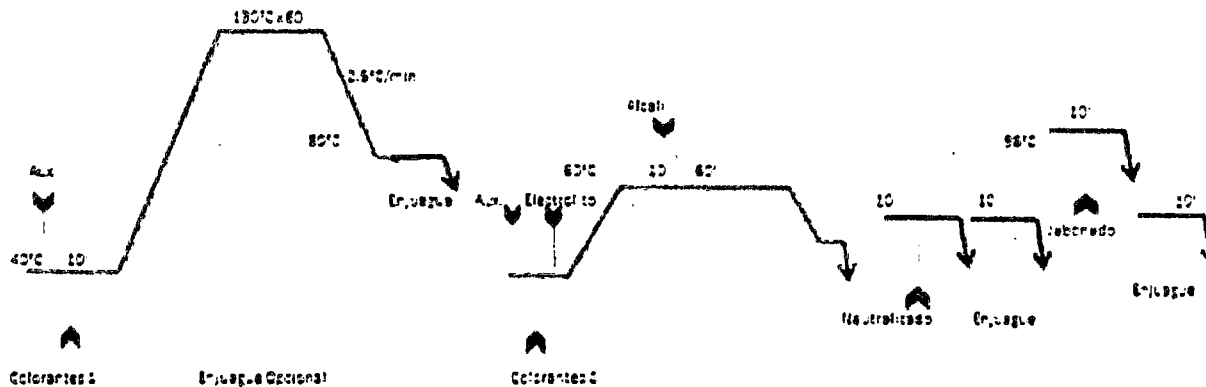
Ev. Amarillo 3RS 0.1 %

Ev. Negro ED-R 3.2 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	4
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4

SOL. LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	4
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C, 30s)	
AC	4-5
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4-5



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996/2A	
4-5	

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Rojo

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Teñido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA ESTÁNDAR

Tricromía Col. Dispersos

Lland. Azul L-2BLN 0.011 %

Lland. Pdo. Amarillo H2RL 0.62 %

Lland. Rubí H-2GL 1.34 %

Tricomía Col. Reactivos

Ev. Azul LX 0.044 %

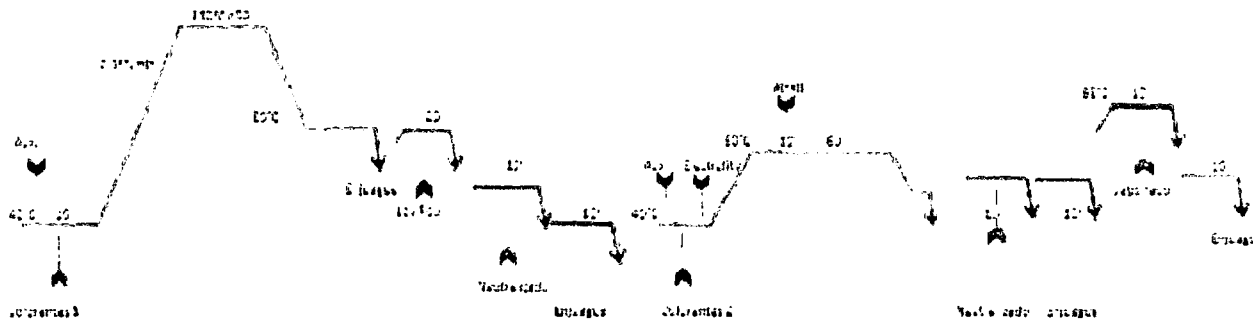
Ev. Rojo F2B 0.38 %

Ev. Rojo ED 2.54 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	3
CO	3-4
PA	2-3
PES	3-4
PAN	4-5
WO	3

SOL. LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	3
CO	3-4
PA	2-3
PES	3-4
PAN	4-5
WO	3

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C, 30s)	
AC	4-5
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4-5



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996/2A	
4-5	

SOLIDEZ DEL COLOR

Color: Rojo

Material: PESCO 50/50 %

Proceso de Teñido: Agotamiento

RB: 1/8

CURVA OPTIMIZADA

Tricromía Col. Dispersos

HXF. Rojo 1.27 %

HXF Pdo. Amarillo 0.744 %

HXF Azul 0.053 %

Tricomía Col. Reactivos

Ev. Azul LX 0.044 %

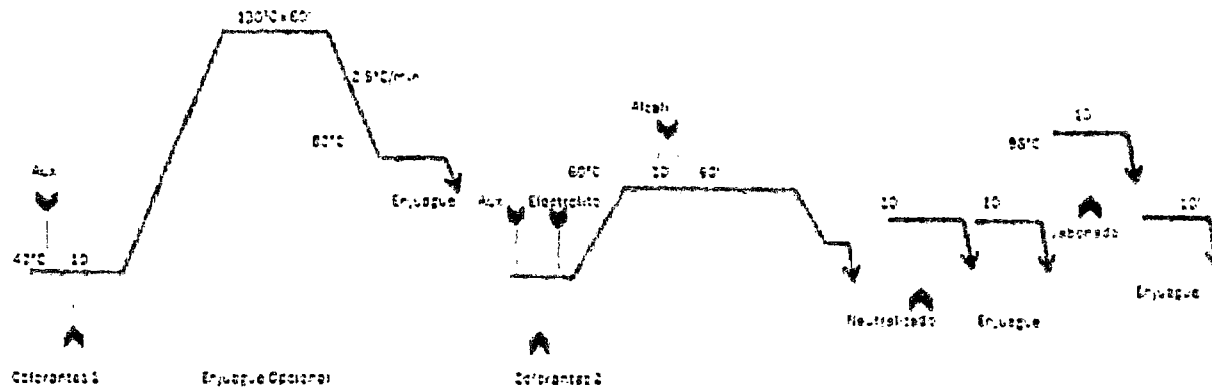
Ev. Rojo F2B 0.38 %

Ev. Rojo ED 2.54 %

SOLIDEZ AL LAVADO/DESCARGA	
AATCC 16-1996/A2	
AC	3-4
CO	4
PA	3-4
PES	3-4
PAN	4
WO	3-4

SOL. LAVADO/DESCARGA	
ISO 105/C06	
AC	3
CO	4
PA	3-4
PES	3-4
PAN	4
WO	3-4

SOLIDEZ A LA SUBLIMACIÓN	
ISO EN 105/P01(180°C. 30s)	
AC	4-5
CO	4-5
PA	4-5
PES	4-5
PAN	4-5
WO	4-5



SOLIDEZ AL LAVADO/CAMBIO DE COLOR	
AATCC 16-1996/2A	

CAPITULO VI
EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROCESO DE
TINTURA DE UN TEJIDO PES/CO.

RB 1 8

6.1 DATOS DE PRODUCCION

VOLUMEN DE MÁQUINA	3000 L
PESO POR LOTE	100 Kg
PRODUCCION MENSUAL	10000 kg
VOLUMEN DE AGUA POR LOTE	800 L

6.2 COSTOS DE COLORANTES

COLOR : GRIS

CURVA STD				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
AMARILLO L4G	7.44	0.20	0.2	1.49
AZUL L-2BLN	15.16	0.52	0.52	7.88
RUBI H-2GL	6.73	0.20	0.2	1.35
SUBTOTAL	29.33	0.92	0.92	10.72
AMARILLO 3RS	6.16	0.52	0.52	3.20
AZUL ED	21.98	0.68	0.68	14.95
ROJO F2B	10.85	0.42	0.42	4.56
SUBTOTAL	38.99	1.62	1.62	22.71
TOTAL \$ /LOTE				44.14
TOTAL \$/Kg				0.441
TOTAL \$ /MES				4,414

(*) en funcion del peso de tela

COLOR : NEGRO

CURVA STD				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
NEGRO EX-SF	5.38	2.70	2.7	14.53
PDO ALLO H2RL	6.38	0.32	0.32	2.04
RUBI H-2GL	6.73	0.068	0.068	0.46
SUBTOTAL	18.49	3.09	3.09	17.03
AMARILLO 3RS	6.16	0.10	0.1	0.62
NEGRO ED-R	7.8	3.20	3.2	24.96
SUBTOTAL	13.96	3.30	3.30	25.58
TOTAL \$ /LOTE				59.63
TOTAL \$/Kg				0.596
TOTAL \$ /MES				5,963

(*) en funcion del peso de tela

COLOR : ROJO

CURVA STD				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
AZUL L-2BLN	15.16	0.011	0.011	0.17
PDO ALLO H2RL	6.38	0.62	0.62	3.96
RUBI H-2GL	6.73	1.34	1.34	9.02
SUBTOTAL	28.27	1.97	1.97	13.14
AZUL LX	16.78	0.044	0.044	0.74
ROJO F2B	10.85	0.38	0.38	4.12
ROJO ED	11.8	2.54	2.54	29.97
SUBTOTAL	39.43	2.96	2.96	34.83
TOTAL \$ /LOTE				61.11
TOTAL \$/Kg				0.611
TOTAL \$ /MES				6,111

(*) en funcion del peso de tela

CURVA OPTIMIZADA				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
ROJO HXF	7.86	0.065	0.065	0.51
PDO AMARILLO HXF	9.9	0.546	0.546	5.41
AZUL HXF	12.3	0.50	0.5	6.15
SUBTOTAL	30.06	1.11	1.11	12.07
AMARILLO 3RS	6.16	0.52	0.52	3.20
AZUL ED	21.98	0.68	0.68	14.95
ROJO F2B	10.85	0.42	0.42	4.56
SUBTOTAL	38.99	1.62	1.62	22.71
TOTAL \$ /LOTE				46.84
TOTAL \$/Kg				0.468
TOTAL \$ /MES				4,684

(*) en funcion del peso de tela

CURVA OPTIMIZADA				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
ROJO HXF	7.86	0.106	0.106	0.83
PDO AMARILLO HXF	9.9	1.41	1.41	13.96
AZUL HXF	12.3	1.30	1.3	15.99
SUBTOTAL	30.06	2.82	2.82	30.78
AMARILLO 3RS	6.16	0.10	0.1	0.62
NEGRO ED-R	7.8	3.20	3.2	24.96
SUBTOTAL	13.96	3.30	3.30	25.58
TOTAL \$ /LOTE				87.14
TOTAL \$/Kg				0.871
TOTAL \$ /MES				8,714

(*) en funcion del peso de tela

CURVA OPTIMIZADA				
COLORANTES	COSTO \$/Kg col	CANTIDAD % (*)	CANTIDAD Kg col	COSTO TOTAL \$/LOTE
ROJO HXF	7.86	1.27	1.27	9.98
PDO AMARILLO HXF	9.9	0.744	0.744	7.37
AZUL HXF	12.3	0.053	0.053	0.65
SUBTOTAL	30.06	2.07	2.07	18.00
AMARILLO 3RS	16.78	0.044	0.044	0.74
AZUL ED	10.85	0.38	0.38	4.12
ROJO F2B	11.8	2.54	2.54	29.97
SUBTOTAL	39.43	2.96	2.96	34.83
TOTAL \$ /LOTE				70.83
TOTAL \$/Kg				0.708
TOTAL \$ /MES				7,083

(*) en funcion del peso de tela

6.3 COSTOS IQ Y AUXILIARES

COLOR : GRIS

CURVA TRADICIONAL					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
HIDROSULFITO DE SODIO	1.95	2.0	G/L	1.6	3.12
SODA	0.6	3.0	G/L	2.4	1.44
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
SUBTOTAL					8.76
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	40.0	G/L	32	35.20
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	0.75	G/L	0.6	2.34
BICARBONATO DE SODIO	1	1.0	G/L	0.8	0.80
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					85.95
TOTAL \$ /LOTE					85.95
TOTAL \$/Kg					0.860
TOTAL \$ /MES					8,595

CURVA OPTIMIZADA					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
SUBTOTAL					3.2
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	40.0	G/L	32	35.20
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	0.75	G/L	0.6	2.34
BICARBONATO DE SODIO	1	1.0	G/L	0.8	0.80
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					74.83
TOTAL \$ /LOTE					74.83
TOTAL \$/Kg					0.748
TOTAL \$ /MES					7,483

COLOR : NEGRO

CURVA TRADICIONAL					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
HIDROSULFITO DE SODIO	1.95	2.0	G/L	1.6	3.12
SODA	0.6	3.0	G/L	2.4	1.44
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
SUBTOTAL					8.76
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	60.0	G/L	48	52.80
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	#####	G/L	0.8	3.12
BICARBONATO DE SODIO					
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					103.53
TOTAL \$ /LOTE					103.53
TOTAL \$/Kg					1.035
TOTAL \$ /MES					10,353

CURVA OPTIMIZADA					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
SUBTOTAL					3.2
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	60.0	G/L	48	52.80
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	1.0	G/L	0.8	3.12
BICARBONATO DE SODIO					
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					92.41
TOTAL \$ /LOTE					92.41
TOTAL \$/Kg					0.924
TOTAL \$ /MES					9,241

COLOR : ROJO

CURVA TRADICIONAL					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
HIDROSULFITO DE SODIO	1.95	2.0	G/L	1.6	3.12
SODA	0.6	3.0	G/L	2.4	1.44
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
SUBTOTAL					8.76
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	60.0	G/L	48	52.80
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	1.0	G/L	0.8	3.12
BICARBONATO DE SODIO					
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					103.53
TOTAL \$ /LOTE					103.53
TOTAL \$/Kg					1.035
TOTAL \$ /MES					10,353

CURVA OPTIMIZADA					
INSUMOS QUIMICOS Y AUXILIARES	COSTO \$/Kg	CANTIDAD	UD	CANTIDAD Kg	COSTO TOTAL \$/LOTE
PERMULSIN CPP	2	2.0	G/L	1.6	3.20
SUBTOTAL					3.2
SEQUION M250	1.82	1.0	G/L	0.8	1.46
PRODOTTO	3.12	0.5	G/L	0.4	1.25
SOLOPOL	2.34	0.5	G/L	0.4	0.94
SAL TEXTIL	1.1	60.0	G/L	48	52.80
CARBONATO DE SODIO	5.9	5.0	G/L	4	23.60
SODA	3.9	1.0	G/L	0.8	3.12
BICARBONATO DE SODIO					
ACIDO ACETICO	1	1.0	%	1	1.00
JABONADOR	1.85	1.0	%	1	1.85
SUBTOTAL					92.41
TOTAL \$ /LOTE					92.41
TOTAL \$/Kg					0.924
TOTAL \$ /MES					9,241

AHORRO TOTAL

12.94

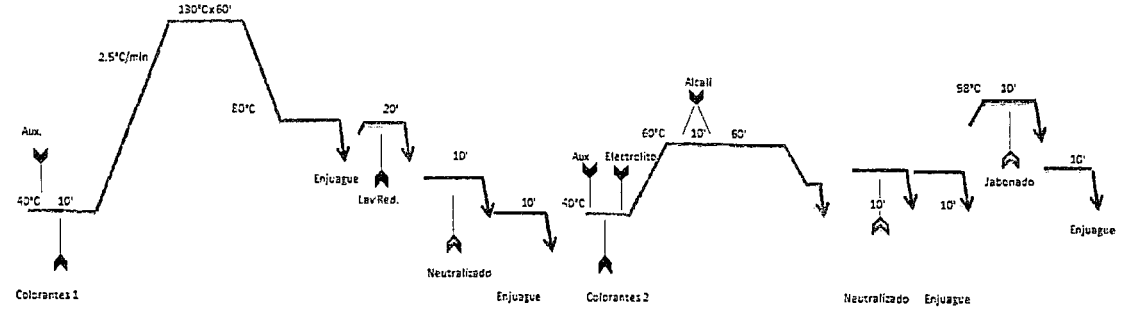
10.74

10.74

6.4 CONSUMO Y COSTO DEL AGUA

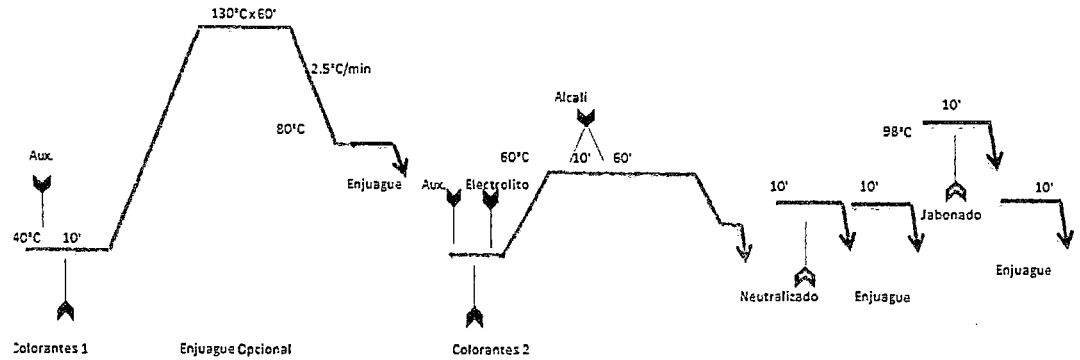
CURVA ESTANDAR

PROCESO	CONSUMO Lts	COSTO \$/Lt	COSTO \$/Kg
TINTURA DISPERSO	800	0.0011	0.008
ENJUAGUE	1600	0.0011	0.017
LAVADO REDUCTIVO	800	0.0011	0.008
ENJUAGUE	1600	0.0011 </td <td>0.017</td>	0.017
NEUTRALIZADO	800	0.0011	0.008
<i>SUBTOTAL</i>	<i>5600</i>		<i>0.059</i>
TINTURA REACTIVO	800	0.0011	0.008
NEUTRALIZADO	800	0.0011	0.008
ENJUAGUE	1200	0.0011	0.013
JABONADO X 2 (800 Lts c/u)	1600	0.0011	0.017
ENJUAGUE	1600	0.0011	0.017
<i>SUBTOTAL</i>	<i>6000</i>		<i>0.064</i>
TOTAL	11600		0.123



CURVA OPTIMIZADA

PROCESO	CONSUMO	COSTO \$/Lt	COSTO \$/Kg
TINTURA DISPERSO	800	0.0011	0.008
ENJUAGUE	1600	0.0011	0.017
<i>SUBTOTAL</i>	<i>2400</i>		<i>0.025</i>
TINTURA REACTIVO	800	0.0011	0.008
NEUTRALIZADO	800	0.0011	0.008
ENJUAGUE	1200	0.0011	0.013
JABONADO X 2 (800 Lts c/u)	1600	0.0011	0.017
ENJUAGUE	1600	0.0011	0.017
<i>SUBTOTAL</i>	<i>6000</i>		<i>0.064</i>
TOTAL	8400		0.089



	Lts	\$/Kg	%
AHORRO TOTAL	3200	0.034	27.6

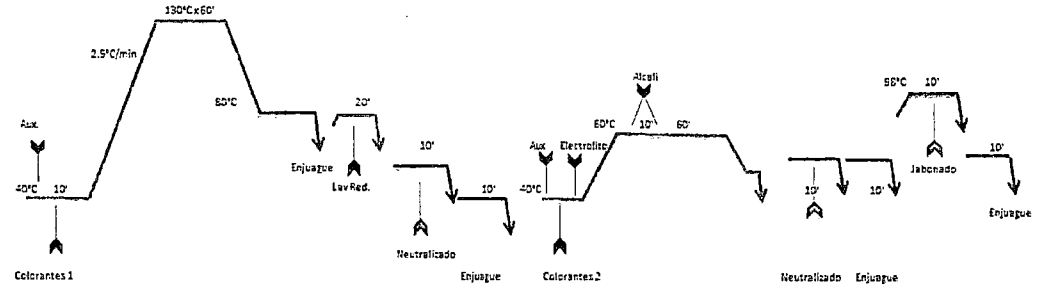
6.5 TIEMPOS DE TINTURA

COSTO MANO DE OBRA \$/MIN

0.054

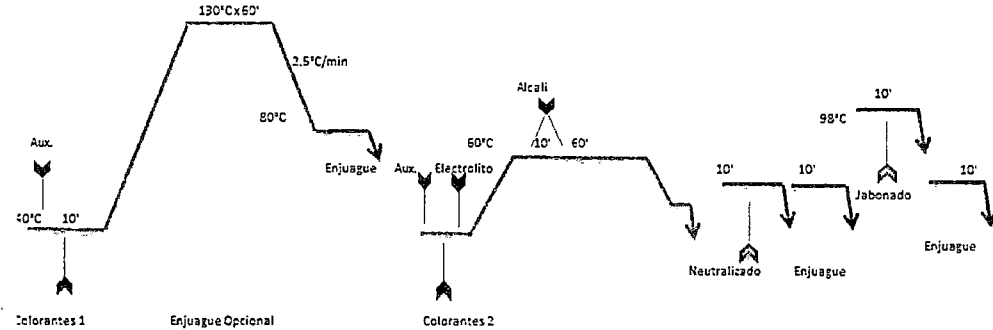
CURVA ESTANDAR

PROCESO	TIEMPO EN MIN	COSTO EN \$/Kg
TINTURA DISPERSO	116	0.063
ENJUAGUE	20	0.011
LAVADO REDUCTIVO	60	0.032
ENJUAGUE	20	0.011
NEUTRALIZADO	20	0.011
ENJUAGUE	10	0.005
SUBTOTAL	246	0.13284
TINTURA REACTIVO	140	0.076
NEUTRALIZADO	20	0.011
ENJUAGUE	20	0.011
JABONADO X 2 (800 Lts c/u)	80	0.043
ENJUAGUE	20	0.011
SUBTOTAL	280	0.1512
TOTAL	526	0.28404



CURVA OPTIMIZADA

PROCESO	TIEMPO EN MIN	COSTO EN \$/Kg
TINTURA DISPERSO	116	0.063
ENJUAGUE	20	0.011
SUBTOTAL	136	0.07344
TINTURA REACTIVO	140	0.076
NEUTRALIZADO	20	0.011
ENJUAGUE	20	0.011
JABONADO X 2 (800 Lts c/u)	80	0.043
ENJUAGUE	20	0.011
SUBTOTAL	280	0.1512
TOTAL	416	0.22464



	TIEMPO MIN	%	\$/Kg
AHORRO TOTAL	110	20.9	0.059

6.6 COSTOS DE TINTURA GENERAL

S
T
D

COLOR : GRIS	\$/Kg	
COSTOS DE COLORANTE	0.44	
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	0.86	
COSTO DEL AGUA	0.12	
TIEMPO	0.28	
TOTAL	1.71	

COLOR : NEGRO	\$/Kg	
COSTOS DE COLORANTE	0.60	
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	1.04	
COSTO DEL AGUA	0.12	
TIEMPO	0.28	
TOTAL	2.04	

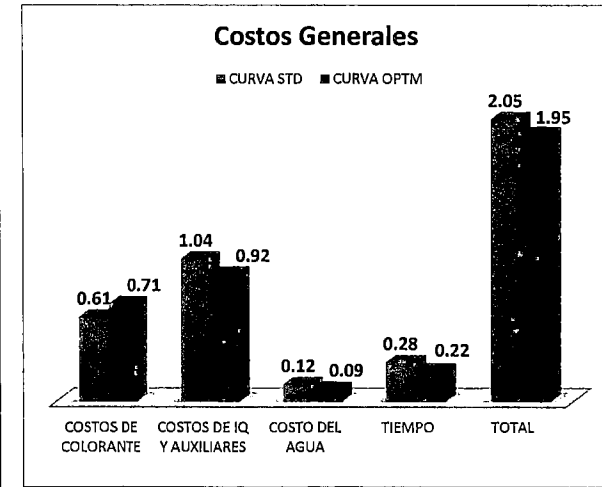
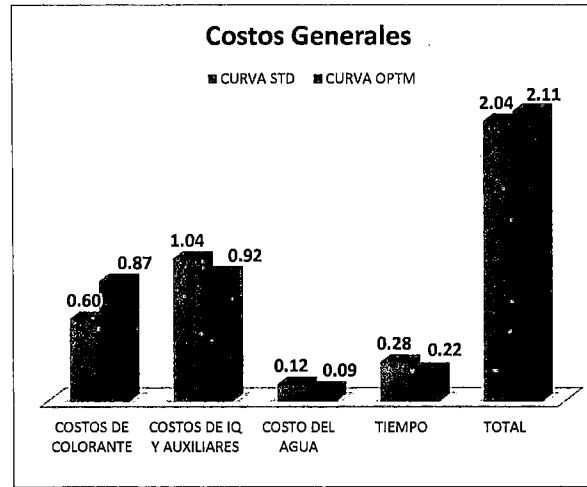
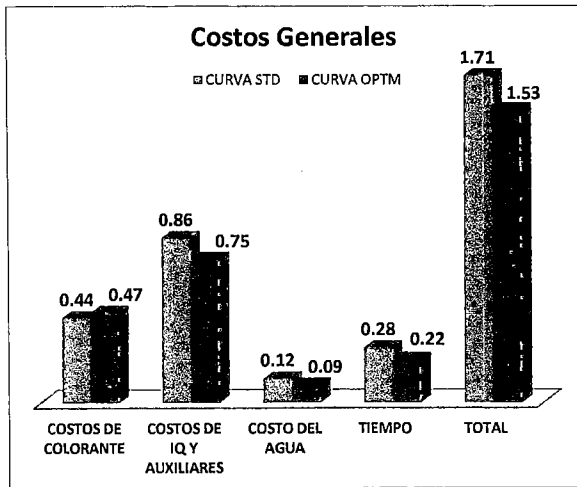
COLOR : ROJO	\$/Kg	
COSTOS DE COLORANTE	0.61	
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	1.04	
COSTO DEL AGUA	0.12	
TIEMPO	0.28	
TOTAL	2.05	

O
P
T
M

COLOR : GRIS	\$/Kg	Ahorro %
COSTOS DE COLORANTE	0.47	-6.0
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	0.75	13.0
COSTO DEL AGUA	0.09	27.6
TIEMPO	0.22	20.9
TOTAL	1.53	10.4

COLOR : NEGRO	\$/Kg	Ahorro %
COSTOS DE COLORANTE	0.87	-46.1
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	0.92	10.7
COSTO DEL AGUA	0.09	27.6
TIEMPO	0.22	20.9
TOTAL	2.11	-3.5

COLOR : ROJO	\$/Kg	Ahorro %
COSTOS DE COLORANTE	0.71	-15.9
COSTOS DE IQ Y AUXILIARES	0.92	10.7
COSTO DEL AGUA	0.09	27.6
TIEMPO	0.22	20.9
TOTAL	1.95	5.2



AHORRO EN AGUA Y TIEMPO COMO UNICO PROCESO	0.41	0.31	%
			24.4

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- ✓ En el planteamiento original de la hipótesis se sugería que al cambiar la curva tradicional de teñido no se iba a alterar los grados de solidez al lavado, sin embargo los resultados de las pruebas de laboratorio demuestran que no solo no se altera el grado de solidez sino se llega a mejorar el mismo y esto se debe principalmente a la naturaleza y estructura química del colorante utilizado para teñir el poliéster a 130°C. Los colorantes utilizados convencionalmente son de molécula pequeña y de baja energía por lo que será más fácil para este tipo de moléculas migrar a través de la estructura de la fibra lo que va originar bajos grados de solidez, en cambio con el uso de colorantes de molécula mediana y alta energía el problema de migración en procesos térmicos es mucho menor, por lo que los grados de solidez mejoran notablemente aún sin proceder con el lavado reductivo. Los grados obtenidos se pueden apreciar en los cuadros siguientes.

		GRIS				NEGRO				ROJO			
		NORMA AATCC 16-1996/A2		NORMA ISO 105/C06		NORMA AATCC 16-1996/A2		NORMA ISO 105/C06		NORMA AATCC 16-1996/A2		NORMA ISO 105/C06	
		CURVA STD	CURVA OPT	CURVA STD	CURVA OPT	CURVA STD	CURVA OPT	CURVA STD	CURVA OPT	CURVA STD	CURVA OPT	CURVA STD	CURVA OPT
MULTIFIBRA	AC	3	4	3	4	2-3	4	2-3	4	3	3-4	3	3-4
	CO	4	4-5	4	4-5	4	4-5	4	4	3-4	4	3-4	4
	PA	2	4	2	4	2	4-5	2	4-5	2-3	3-4	2-3	3-4
	PES	4	4-5	4	4-5	3	4-5	3	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4
	PAN	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4
	WO	3	4	3	4	2	4	2	4	3	3-4	3	3-4

- ✓ El lavado reductivo es un proceso alcalino que tiene por finalidad eliminar (destruyendo los enlaces azo) de la superficie de la fibra los oligómeros y el colorante adherido que durante la tintura migran hacia el exterior de la fibra especialmente cuando son aplicados a altas concentraciones, entonces al utilizar colorantes que tienen bajos índices de migración se puede prescindir del lavado reductivo y el poco colorante adherido será removido en el teñido del algodón debido al medio alcalino en que se fijan los colorantes reactivo.
- ✓ Se obtiene un menor maltrato a la fibra de algodón al no tener que usar más compuestos reductores.
- ✓ Prescindir del lavado reductivo se puede traducir en un ahorro significativo de agua, tiempo, productos químicos y a la vez mejorando el grado de solidez.
- ✓ En cuanto al costo de los colorantes convencionales frente a los colorantes de alta energía, estos últimos tienen un mayor costo. Sin embargo, debido a la tendencia ecológica en cuanto al consumo de agua y la demanda del mercado de tiempos de entrega cada vez menores, esta diferencia no será tan relevante a corto plazo, además al tener mejores grados de solidez y por consiguiente una tela de mejor calidad el margen de ganancia va ser mayor.
- ✓ Al optimizar la curva de teñido, se está logrando reducir el consumo de agua en un 28%. Con respecto al tiempo del proceso este se reduce en un 20.9%, y el consumo de insumos químicos se reduce en un 10% aproximadamente. Por lo tanto, prescindir del lavado reductivo se traduce en un ahorro significativo de tiempo, agua e insumos químicos, sin alterar el grado de solidez al lavado.

- ✓ En el caso específico del color Negro, se puede observar que el costo final del teñido optimizado resulta tener un costo mayor que el teñido tradicional. Sin embargo, se sigue ahorrando en agua y tiempo de proceso. Se podría mejorar el costo de colorantes si se usa en la tricómia el negro de alta energía sustituyendo el rojo, azul o amarillo.
- ✓ Otro aspecto a resaltar es que se evita el termofijado del material que muchas veces es un costo oculto.
- ✓ Si la optimización de los procesos de preparación es importante por su incidencia en la calidad y el costo final, la optimización de los procesos tintóreos resulta, además de importantísima, mucho más compleja y debe iniciarse en el laboratorio, siendo este una pieza esencial para su consecución.

7.2.RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar pruebas de teñido de un tejido de PES/CO en un solo baño en una curva 130°-80°, sin dejar de evaluar los colorantes más indicado para este proceso, las ventajas y desventajas y su incidencia en la calidad final del tejido.
- b) Los procedimientos de laboratorio deben correlacionarse con la práctica industrial, tanto en la forma de efectuarlos como en el equipo empleado, para esto se debe trabajar bajo las mismas condiciones tales como auxiliares, curvas, sustratos, valores de pH, etc.
- c) La precisión en el pesado y en la medida de los colorantes y auxiliares en general deben ser contralados minuciosamente, debido a la importancia que estos factores tienen con la reproducibilidad de los procesos, por lo que es necesario personal calificado tanto en laboratorio como en planta.
- d) Se recomienda que para la optimización de un proceso textil se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - **Conocimiento del tipo de materia:** Es necesario indicar específicamente de qué tipo de materia se trata, ya que las denominaciones genéricas no sirven. El comportamiento tintóreo de un

lote de algodón con otro pueden ser completamente distintos así como en el poliéster.

- **Correcta selección de colorantes:** Lo que va a permitir llegar al tono deseado con la maquinaria disponible, evitar problemas de metamería, buena igualación, buenas solideces y sobre todo económicas.
- **Empleo de herramientas tecnológicas:** Como espectrofotómetros, sistemas de gestión con gran capacidad de almacenamiento y con gran rapidez de cálculo para brindar por ejemplo recetas alternativas para asegurar el tono deseado, etc.
- **Capacidad Instalada en Laboratorio:** Un laboratorio equipado con un sistema automático de análisis del color, un dispensador automático de colorantes, balanzas automáticas y equipos automáticos de tintura es una instalación costosa y que necesita de un adecuado estudio antes de su ejecución, no obstante el futuro está en esta línea.
- **Proceso de Tintura:** De vital importancia, ya que reúne todas las características de los aspectos antes mencionados y así poder escoger el mejor proceso en cuanto a tiempo, gradiente, temperatura, reacciones químicas, etc., que van a asegurar un producto de calidad al menor costo posible.

CAPITULO VIII
BIBLIOGRAFÍA

8.1. LIBROS Y TEXTOS

- 8.1.1. Cegarra J., Puente P., Valldeperas (1981).** “Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materiales Textiles”
- 8.1.2. Costa Mirko (1990).** “Química Textil”, Vol. I: Vol. II:
- 8.1.3. Piñol, J.:** “Química Textil”, n. 30, 1973, págs. 35-44.
- 8.1.4. R. D. Lozano (1978).** “El Color y su Medición”
- 8.1.5. Van Krevelen (1976).** “Properties of Polymers. Their estimation and correlation with chemical structure”
- 8.1.6. Gacén y Maillo (1994),** “Variaciones de la Estructura fina de las fibras de Poliéster en los Tratamientos Térmicos”, Universidad Politécnica de Catalunya”
- 8.1.7. Ludewig, H. (1971).** Polyester Fibers.
- 8.1.8. Mc Intyre, J.E (1976).** Textile Progress, Vol. 8, N°1 pág. 48.
- 8.1.9. Tyrone L.Vigo, Elsevier, Science B.V. Amsterdam (1994).** Textile Processing and Properties, Preparation, Dyeing, Finishing and Performance.
- 8.1.10. Dr. Schonpflug, Ernst (1990).** Posibilidades y Problemas que ofrecen los Procedimientos Rápidos de Tintura para Fibras de Poliéster.
- 8.1.11. Dr. Parissot, André (1984).** Relaciones entre la estructura química y las propiedades de las fibras artificiales y sintéticas.
- 8.1.12. Peters, R.J. Oxford Elsevier Science (1975).** Textile Chemistry III. Physical Chemistry of Dyeing..
- 8.1.13. AATCC Technical Manual (1992),** Bol. 67; American Association of Textile Chemist and Colorists: N.C.

8.2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN (fuente internet)

- 8.2.1. Prof. J. Cegarra y el Dr. J. Valldeperas (1980).** Afinidad tintórea del poliéster.
- 8.2.2. M. Crespi Rosell y M." Simón Sanahuja (1984).** Algunos aspectos sobre la contaminación debida a la tintura de poliéster a alta temperatura.

- 8.2.3. J. Cegarra y P. Puente.** Cinética de la Tintura del Poliéster por el método Termosol.
- 8.2.4. F. J. Carrión Fité (1993).** Comportamiento Electrocinético del PES y las Impurezas Solidas durante el Proceso de Lavado en presencia de Éteres de Celulosa.
- 8.2.5. F. J. Carrión Fité (1985).** Deposición de impurezas sólidas en el lavado de tejidos de poliéster y poliéster-algodón.
- 8.2.6. Crespo Rufo (1988).** Desarrollo y Posibilidades de la Tintura y Acabados Simultáneos de los tejidos especialmente Celulósicas.
- 8.2.7. J. Gacén, D. Cayuela, M. Tzvetkova, A. Manich (2002).** Estructura Fina de Poliéster de diferente uso final.
- 8.2.8. J. Cegarra (1990).** Factores de Calidad en la Industria Textil Actual.
- 8.2.9. J. Gacén (2000).** Fibras de Poliéster. Evolución y futuro.
- 8.2.10. F.J. Carrión (2003).** La Migración en el Lavado del Tejido Teñido de Poliéster con Colorantes Dispersos: Influencia del Copolímero de PVP/VI
- 8.2.11. B. Koussens (1990).** Economía y Reciclados del Agua en la Industria del Acabado Textil. Soluciones Técnicas para la Depuración de las Aguas Residuales.
- 8.2.12. J. Valleperas, M.J. Lis, F. Carrillo y J.A. Navarro (2005).** Interpretación de las Isotermas de Absorción de Colorante
- 8.2.13. M. Raheel y P. J. Edgcomb (1997).** Recomposición y reutilización de Baños de Tintura en la Tintura de algodón con Colorantes Reactivos y Directos

CAPÍTULO IX
GLOSARIO

- ✓ **Lavado reductivo:** Tratamiento con un agente reductor (hidrosulfito de sodio) en medio alcalino cuya finalidad es remover partículas de colorante no fijado en la fibra.
- ✓ **Staple Fiber:** Fibra continua cortada a una longitud determinada
- ✓ **Modulo de elongación:** También conocido como modulo de Young. Se refiere al valor de la tangente en cualquier punto de la parte lineal de una curva de tensión versus deformación. Es propia de cada material y de su estructura interna. También es común, pero incorrecto, llamarlo módulo de elasticidad, ya que el módulo de Young es el módulo de elasticidad más común, pero hay otros módulos de elasticidad que miden también el módulo de compresibilidad y el módulo de corte.
- ✓ **dTex:** decitex, 1g/10000 m, sistema de numeración para filamentos e hilados manufacturados.
- ✓ **cN:** centinewton.
- ✓ **HVI:** Instrumento utilizado en la clasificación del algodón en grandes volúmenes (High volume information)
- ✓ **Algodón Upland:** Usado para establecer el grado de color según las normas universales (Universal Upland Cotton Grade Standards).
- ✓ **Floca:** Conjunto de fibras naturales o sintéticas que se encuentran enmarañadas entre sí. Viene del término en ingles "Flock"
- ✓ **Cavitación:** Se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido maltratando la superficie en contacto.

- ✓ **Probeta:** Llamamos probeta a las muestras preparadas para someterlas a los ensayos de solidez.
- ✓ **Testigos:** Tejido plano sobre el cual se determina el manchado o descarga en los ensayos de solidez.
- ✓ **Baño Ciego:** Solución que solo contiene agua y auxiliares de tintura, más no colorante.