

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**“PROPUESTA ALTERNATIVA PARA EL PRETRATAMIENTO DE
FIBRAS CELULOSICAS VARIANDO EL PROCESO
ENZIMATICO”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUIMICO
PRESENTADO POR**

JUAN CARLOS CHAMBI VILCA

LIMA – PERU

2010

DEDICATORIA

A mi familia por su comprensión y apoyo en la elaboración de este trabajo, en especial a mi madre la Sra. Candelaria Vilca.

AGRADECIMIENTOS

- A la Ingeniera Martha Ramirez de Huasanga, Consultora Textil, por haberme asesorado y brindado su ayuda en la realización del presente trabajo.
- Al Ingeniero José Elías Da Silva, Jefe de Tintorería y Laboratorio de la empresa SURETEX S.A.C. por permitirme realizar los ensayos y pruebas experimentales de la tesis en dicho lugar.
- A la Ingeniera Flor Rojas, Jefa de Control de Calidad de Tintorería de SURETEX S.A.C., por realizar los testings de solidez al lavado y pilling.
- A los compañeros de la overflow, laboratorio, tintorería, por sus aportes y sugerencias de las pruebas realizadas en planta.
- Y a todos aquellos que de una manera u otra me apoyaron en la realización y culminación del presente trabajo.

RESUMEN

Las exportaciones en el campo textil, desde el punto de vista del tejido, abarcan más el tejido de punto que el tejido plano, por ello el presente trabajo se centrará en el primer caso.

En la industria textil últimamente se están utilizando materias primas de un menor costo, entre ellas el algodón importado tales como el sjv o americano, los cuales nos permiten un ahorro en materia prima pero con un déficit en otras cualidades tales como la apariencia final de la tela (pilling, encogimiento, revirado, estabilidad dimensional, etc).

Es por eso que se tiene que aplicar nuevos procedimientos para dar a la tela un mejor acabado, entre ellas el pilling.

La tintura de algodón con colorantes reactivos por agotamiento consta de tres etapas: pretratamiento, teñido, jabonado, cada una con sus propias características. En el primer caso se tiene: blanqueo o descruce, neutralizado y antipilling. Este último es producido por celulasa, la cual al interactuar con la celulosa produce una serie de azúcares, (glucosa y otros) que actúan como agentes reductores, alterando el comportamiento de algunos colorantes en la etapa de teñido, haciendo necesario una alta concentración de estos para llegar al tono deseado, además que se necesitan mas cantidad de enjuagues, esto a su vez eleva los costos de teñido de algodón.

Sin embargo hay una alternativa para este tipo de problema (ya que en la actualidad hay procesos similares) y es la que se desarrolla experimentalmente en nuestro trabajo de tesis, realizando primero la etapa de biopolish (o antipilling), seguido del pretratamiento (blanqueo o descruce), procediéndose después con las etapas de neutralizado y eliminación de peróxido (si fuese blanqueo) y posteriormente teñido. De esta manera se evita el problema de reducción de colorantes reactivos y la alta concentración de estos en el teñido.

El pretratamiento se realizó en máquinas Brazzoli o MCS de tintorería y se trabaja con este tipo de previo para los teñidos.

A continuación se procedió con el teñido en máquinas de laboratorio (Starlet) y tintorería (Brazzoli, MCS) con cuerda tubular. Se tomaron los controles necesarios: velocidad de cuerda, bomba, pH (inicial, agotamiento, jabonado), densidad de sal.

El teñido se hace con colorantes reactivos por agotamiento, algunos en laboratorio, otros en planta, de igual manera se procede con los controles necesarios, para asegurar un buen desarrollo del color. A continuación se hacen las comparaciones entre el método convencional, el propuesto y sin antipilling, en lo que se refiere a costo de receta, análisis espectrofotométrico, concentración de colorantes y ahorro de agua.

Asimismo se aplica el método propuesto en la planta de tintorería para una orden de producción del cliente Victoria Secret, obteniendo buenos resultados en apariencia (solidez al lavado, pilling).

Se evaluaron diversas familias de colorantes reactivos: vinisulfona (Remazol, Novacron FN, H, Synozol, Bezaktiv, Levafix) y monoclorotriazina (Procion HEXL) con tonos claros, medios y oscuros, viéndose la variación del matiz e intensidad de cada grupo con el pretratamiento respectivo.

Se obtiene que las muestras hechas con nuestra propuesta, tratada en nuestro tema de tesis, requieren una menor concentración de colorantes para llegar al tono deseado. Así también hay un ahorro en el consumo de agua, tiempo, costo de receta, la calidad del teñido es mejor y hay una buena reproducibilidad de colores de laboratorio a planta, lo cual hace que el costo final de nuestra propuesta sea menor en comparación con el convencional (7% receta).

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	2
II.	PARTE TEÓRICA	3
2.1	MATERIA PRIMA	3
2.1.1	Fibras textiles	3
2.1.2	Fibras celulósicas	5
2.1.3	El algodón	10
2.1.3.1	Propiedades físicas del algodón	14
2.1.3.2	Propiedades químicas del algodón	17
2.1.3.3	Morfología del algodón	17
2.1.3.4	La celulosa	20
2.1.3.5	La celubiosa	23
2.2	FABRICACIÓN DE TELAS	24
2.2.1	Tejido de punto	24
2.2.2	Tejido plano	25
2.3	EL PROCESO ENZIMATICO	25
2.3.1	La enzima	25
2.3.1.1	Etimología e historia	28
2.3.1.2	Especificidad	31
2.3.1.3	Clasificación	33
2.3.1.4	Aplicaciones industriales	36
2.3.2	Catalasa.	36
2.3.3	La celulasa	38
2.3.4	Testing de pilling	47
2.4	PRETRATAMIENTOS DE FIBRAS CELULÓSICAS	48

2.4.1	Procedimientos clásicos	48
2.4.1.1	Blanqueo	50
2.4.1.2	Descrude	52
2.4.1.3	Proceso de desmineralizado	55
2.5	TINTURA	57
2.5.1	Colorante	57
2.5.1.1	Tipos de colorantes para fibras celulósicas	57
2.5.1.2	Estructura básica de un colorante reactivo	62
2.5.1.3	Clasificación de los colorantes reactivos	64
2.5.2	Mecanismo de tintura	67
2.5.2.1	Reacción de hidrólisis y estabilidad	67
2.5.2.2	Reacciones de adición y sustitución	68
2.5.3	Proceso de teñido	73
2.5.4	Factores importantes en la tintura de colorantes reactivos ...	76
2.6	COLORIMETRÍA	79
2.7	SOLIDEZ	86
2.8	MAQUINARIA	89
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	91
3.1	MATERIA PRIMA	91
3.1.1	Colorantes	91
3.1.2	Productos Químicos	92
3.1.3	Sustrato	94
3.1.4	Máquinas y equipos	96
3.2	PROCEDIMIENTO	97
3.2.1	Pretratamiento	98
3.2.1.1	Blanqueo más antipilling	99
3.2.1.2	Antipilling más blanqueo	100

3.2.1.3	Descrude más antipilling	102
3.2.1.4	Antipilling más descrude	103
3.2.2	Teñido	105
3.2.3	Enjuague, neutralizado y jabonado	109
3.3	APLICACIONES	116
3.3.1	Método convencional	117
3.3.2	Método propuesto	119
3.3.3	Método de blanqueo sin antipilling	120
3.3.4	Método propuesto desarrollado en planta	127
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	130
4.1	MATIZ E INTENSIDAD	130
4.2	COSTOS	133
4.3	EFFECTO DEL ANTIPILLING	137
4.4	EFFECTO EN LA SOLIDEZ AL LAVADO	139
4.5	UTILIDAD DEL PRETRATAMIENTO PROPUESTO	139
4.5.1	Ahorro en costo de receta	141
4.5.2	Ahorro en tiempo de proceso de teñido	142
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
VI.	BIBLIOGRAFÍA	145
VII.	ANEXOS	147
7.1.	Datos de control en los ensayos realizados en la tintorería ...	148
7.2.	Colores desarrollados en laboratorio y tintorería	152
7.3.	Testings de pilling y solidez al lavado	161
7.4.	Lecturas espectrofotométricas	175
7.5.	Fichas técnicas de productos químicos	187
7.6.	Normas técnicas de solidez al lavado y pilling	193

JUSTIFICACIÓN

En los procesos de producción es necesario buscar el ahorro ya sea en función al costo del material, proceso, etc. El área textil no es ajeno a esto, en el caso de tintorería una manera de ahorrar es en el pretratamiento de fibras celulósicas para teñidos con colorantes reactivos. Se conoce el proceso convencional y comparando con el propuesto, hay un menor costo (en insumos y etapas de proceso), así como también una mejor reproducibilidad de matices, teniendo en cuenta que se produce un ahorro en el consumo de colorantes, la cantidad de enjuagues es menor lo cual significa un ahorro en el uso de agua, el tiempo de proceso es mas corto. Con todo esto el beneficio obtenido es mayor con nuestro método propuesto en nuestra tesis.

GLOSARIO

Agotamiento. Es la etapa del teñido donde se realiza la reacción química entre la celulosa y el colorante.

Algodón. Es una fibra muy utilizada en el campo textil, por sus propiedades y su disponibilidad para el teñido, constituida mayoritariamente por celulosa.

Antipilling. También conocido como biopolishing, proceso por el cual se cortan las fibras de la superficie de la tela, (similar a un pulido).

Blanqueo. Es la etapa del pretratamiento en donde se eliminan las grasas, ceras, impurezas del algodón, para poder realizar el teñido.

Catalasa. Enzima que elimina el residual de peróxido del baño al finalizar el blanqueo químico.

Celulosa. Componente principal del algodón y el que le da las propiedades necesarias para el teñido.

Celulasa. Enzima que realiza la acción de pulido a la fibra del algodón en la etapa de pretratamiento.

Colorante. Sustancia con la capacidad de teñir la fibra.

Colorimetría. Es el estudio de las propiedades del color (desde un punto de vista físico y matemático).

Data Color. Instrumento que funciona por espectrofotometría, por el cual se hacen mediciones, matizados y formulaciones de muestras teñidas.

Descrude. Es un proceso similar al blanqueo pero utilizado para colores oscuros.

Enjuague. Lavado con agua que se hace para eliminar los restos de sustancias químicas presentes en el baño.

Enzima. Proteína que cataliza las reacciones químicas.

Fibra. Es un material compuesto de filamentos con la capacidad de formar hilos o tejidos según procesos físicos o químicos.

Glucosa. Monosacárido que se encuentra presente en los productos secundarios del proceso de antipilling.

Jabonado. Etapa del teñido en donde se elimina el colorante presente en el baño y que no ha reaccionado con la fibra.

Máquinas. Aparato en donde se realiza los pretratamientos, teñidos, jabonados, de las muestras.

Neutralizado. Etapa en donde se lleva a un estado neutro el baño alcalino por medio de un ácido (después del blanqueo, descrude o teñido).

Pick Up. Medida de la absorción del agua por parte de la fibra (la tela), cuando está en contacto con el baño del proceso de teñido.

Pretratamiento. Proceso en donde se le prepara a la fibra para su teñido posterior, incluye blanqueo, neutralizado y antipilling.

Pilling. Presencia de impurezas en la superficie de la tela teñida (pelitos o motitas).

SJV. Tipo de algodón del proveedor San Joaquin Valera.

Solidez. Resistencia que presenta la muestra teñida para perder su color, por agentes externos.

Sustrato. Es el material que posteriormente se va a teñir.

Teñido. Es el proceso químico por el cual se le da color a la fibra, con el uso de colorantes, auxiliares.

I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente la industria textil es una de las más desarrolladas en nuestro país, y generadora de numerosos puestos de empleo con niveles altos de exportación. Es por esta razón, que es necesaria la innovación tecnológica constante y permanente de los procesos químicos utilizados para el resultado final: la prenda confeccionada.

La industria textil presenta un alto nivel de integración, desde el desmote del algodón hasta la confección, este factor es altamente apreciado por los clientes en los mercados internacionales, debido a que ofrece un mayor nivel de confianza en la calidad del producto y sus plazos de entrega. Los empresarios textiles peruanos cuentan con un amplio conocimiento de cada una de las etapas productivas del sector, situación que les permite responder de manera rápida y adecuada a las exigencias de sus clientes.

La industria dedicada al mercado externo ofrece un mayor potencial de rentabilidad que la dedicada al mercado interno. Actualmente el 90% de las exportaciones de textiles son de tejido de punto y uno de los acabados que solicitan los clientes es el antipilling debido a la calidad que se desea obtener en las prendas y el uso de algodones de baja calidad.

Una parte de la cadena del sector textil es la tintorería y acabados, es aquí en donde desarrollaremos nuestro trabajo. En el caso de tintorería, el proceso convencional de pretratamiento de la fibra es el de descruce y/o blanqueo más antipilling, generándose después de esto, la presencia de azúcares que actúan como reductores en el comportamiento de algunos colorantes durante el teñido. El presente informe trata de demostrar experimentalmente que nuestra propuesta de pretratamiento de fibras celulósicas: "antipilling más descruce" y "antipilling más blanqueo" evita este problema siendo más rentable económicamente, y

beneficiosa en cuanto a reproducibilidad de matices que el método convencional. Para demostrar esto se hacen comparaciones mediante el análisis espectrofotométrico, de la muestra teñida con el proceso convencional, sin antipilling y el propuesto (que se detallan mas adelante).

1.2. OBJETIVOS.

- Demostrar experimentalmente la importancia del antipilling durante el proceso de teñido, debido al efecto que produce en el comportamiento de los colorantes y sus concentraciones, y la apariencia final de la fibra.
- Hacer las comparaciones experimentales entre el método convencional y el propuesto, en cuanto a matices, costos, tiempo de proceso y determinar el más óptimo.
- Implantar este sistema en la planta de tintorería.

II. PARTE TEORICA

2.1 MATERIA PRIMA

Para la confección de prendas actualmente se usan varios tipos de fibras (de origen natural o sintético) las cuales después de un proceso de pretratamiento, se proceden a teñir y posteriormente se les da el acabado final.

En el caso de fibras de origen natural, primero se procede a seleccionarlas, para después formar los hilos y luego la tejeduría. El proceso que sigue después es el pretratamiento que dependerá de las características de cada fibra.

En el caso de fibras sintéticas, lo que se hace es la fabricación de estas mediante procesos especiales, a partir de materias primas como la celulosa y otros compuestos químicos (polímeros sintéticos).

2.1.1 Fibras Textiles.

La estructura de las fibras es de importancia primaria en cualquier teoría de la tintura. En el caso de las fibras celulósicas se originan de fuentes como: algodón, lino, etc, por polimerización de moléculas de glucosa, cuya composición puede contener más de 3000 unidades. En el caso de las fibras proteicas (lana, seda, pelo, etc.) las cadenas se forman por condensación de aminoácidos.

Las fibras textiles están formadas de una sustancia amorfa que contiene ciertas regiones cristalinas denominadas miscelas. En estas miscelas, las grandes cadenas moleculares están dispuestas paralelamente unas a otras y se mantienen unidas por la acción de fuerzas cristalinas, y en el caso de la lana mediante uniones transversales perfectamente definidas.

Los bordes de las miscelas no aparecen bien definidos, pues se mezclan gradualmente con la sustancia amorfa, la cual no es más

que una sustancia de la misma constitución química que las miscelas, pero sin orientación determinada. Estos eslabones mantienen juntas a las miscelas formando la fibra.

Las fibras se consideran uno de los factores más importantes en el proceso de tintura, pues ni siquiera dentro de un mismo grupo hay dos fibras iguales: su apariencia y sus propiedades físicas, así como su comportamiento en la tintura, ofrecen una variedad infinita de posibilidades.

El grado de hinchamiento exhibido por una fibra cuando está sumergida en agua, refleja aspectos de su composición química y su comportamiento durante el teñido.

A menudo el grado de hinchamiento en agua y la absorción de humedad son propiedades íntimamente ligadas a la habilidad para el teñido. Por ejemplo, la penetración de iones de colorantes solubles a través de las regiones accesibles de la fibra dependen de manera considerable de la absorción de agua que los transporta.

La proporción de material cristalino con relación al amorfo posee marcada influencia sobre las propiedades de la fibra. En las fibras naturales esta relación es característica, mientras que en las fibras sintéticas puede ser controlada por las condiciones de fabricación, tales como velocidad de enfriamiento y grado de estiramiento del polímero.

Las fibras textiles se clasifican en:

- Fibras celulósicas.
- Fibras proteicas (de origen animal).
- Fibras sintéticas (orgánicas).
- Fibras inorgánicas.

El desarrollo del presente trabajo estará basado exclusivamente en fibras celulósicas, entre ellas el algodón.

2.1.2 Fibras celulósicas.

Dentro de las fibras de celulosa encontramos la siguiente clasificación:

- Fibras Naturales: algodón, lino, yute, ramio.
- Fibras Regeneradas: liocel, acetato, modal, rayón.

La celulosa es el componente estructural de los vegetales, y es la fuente de materia prima para la fabricación de fibras de celulosa regenerada. El primer criterio para seleccionar los vegetales a emplear es el porcentaje de celulosa que contienen con respecto al total de masa empleada.

Generalmente se parte de linters de algodón o de madera de árboles de crecimiento rápido, pobre en residuo y fácilmente transformable en pulpa (ejemplo: el eucalipto).

La celulosa de la madera finamente triturada, o de los linters de algodón, ha de ser tratada químicamente hasta disolverse para formar una masa fluida que, obligada a pasar por una hilera y separada posteriormente del disolvente quedará transformada en filamentos de celulosa. Es precisamente el sistema de disolución lo que proporciona un tipo u otro de celulosa regenerada: modal, cupro, viscosa (posteriormente se especifica el procedimiento de la fabricación del rayón).

Los sistemas hasta ahora usados son altamente contaminadores y consumidores de agua.

Es por eso que un sistema de obtención de fibras de celulosa en el cual se utilicen disolventes reciclables y que eviten el consumo desmedido de agua es actualmente muy apreciado desde el punto de vista ecológico y económico.

Si además el sistema de obtención confiere al producto unas características textiles o técnicas adecuadas estaremos ante un procedimiento con futuro.

Fruto de las largas investigaciones realizadas para conseguir este producto, se obtuvo el liocel, nombre genérico al que corresponden nombres comerciales como lyocel, tencel y otros.

Lyocel - tencel: Es una fibra artificial procedente de la pulpa de la madera (se extrae de árboles especialmente cultivados para ello) tratada con un disolvente orgánico no tóxico (óxido amínico), para disolver directamente la celulosa y obtener una disolución muy viscosa. El disolvente empleado se recicla continuamente. Podemos decir que es una fibra ecológica.

Al ser una fibra celulósica absorbe la humedad y es totalmente biodegradable. Es muy resistente tanto en seco como en húmedo. Tiene un bajo índice de encogimiento, y produce un tejido con caída y tacto agradable, que en estado seco se parece al poliéster.

También posee una característica a la fibrilación que permite acabados con resultados especiales.

Acetato: Se obtiene por la acción de un ácido sobre la celulosa (que proviene de la pelusilla que recubre las semillas del algodón), da filamentos continuos y brillantes que imitan la seda natural.

La fibra es ligera y sedosa, buen aislante térmico y se arruga con facilidad. Mala resistencia en mojado. Muy sensible a ciertos disolventes como la acetona. Se usa para prendas exteriores, forrería, vestidos y camisas.

Fresca y transpirable, brilla como la seda, amarillea bajo los efectos del calor. Se usa para prendas exteriores e interiores.

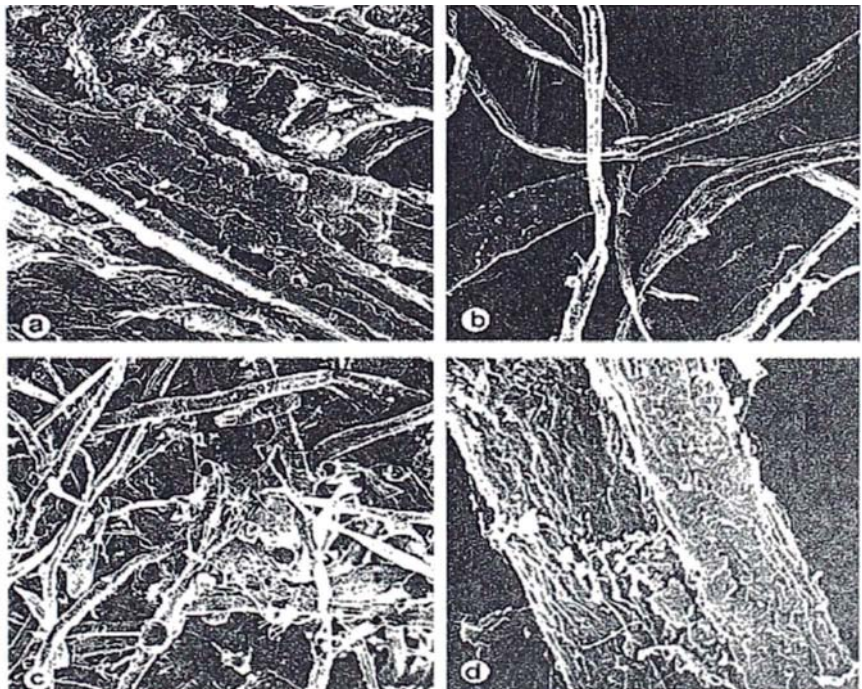
Figura 1

El acetato es usado en lencería, vestidos de noche y ropa delicada.



Figura 2

Etapas de formación de una fibra de acetato.



Modal: Fibra de similares características que la viscosa pero de elevada resistencia a la rotura sobre todo en húmedo. También se le da el nombre de alto módulo.

Figura 3
Fibras de modal

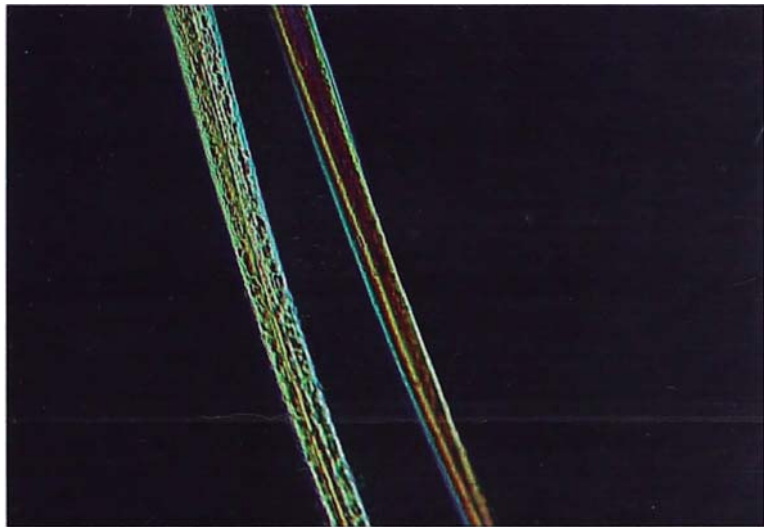
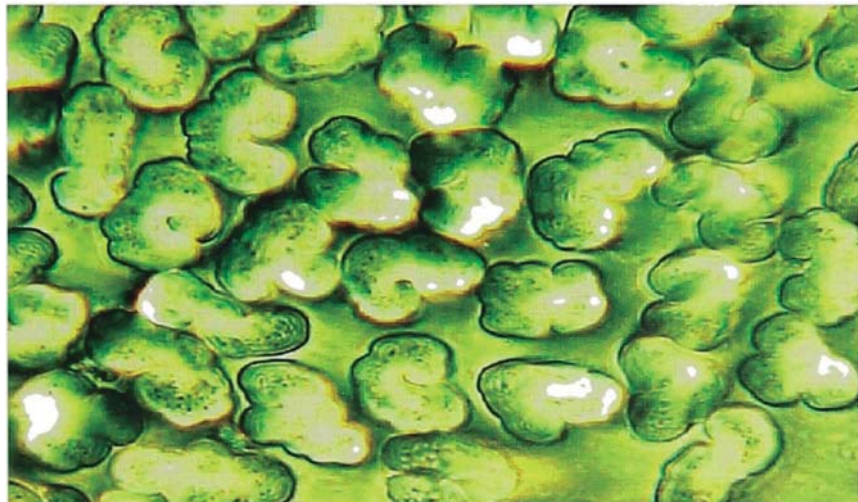


Figura 4

Las fibras de modal, a comparación con las otras viscosas, tienen una mejor duración y resistencia a los álcalis.



Rayón: El rayón es una fibra manufacturada a partir de celulosa regenerada, en la cual se ha substituido no más de un 15 por ciento del hidrógeno que contiene.

Para fabricar el rayón, la celulosa purificada se convierte en un compuesto soluble a través de un proceso químico. Esta solución, se transforma en filamentos suaves, que luego se regeneran a celulosa casi pura. Debido a esta reconversión, al rayón se le denomina fibra de celulosa regenerada.

La celulosa purificada para producir rayón, proviene de la pulpa de madera procesada. Es conocida como celulosa disolvente para diferenciarla de las pulpas que se utilizan en la fabricación del papel.

Existen varios tipos de fibra de rayón que se utilizan comercialmente. La más conocida de estas fibras es la viscosa. Este nombre proviene de la alta viscosidad de la solución de celulosa.

La viscosa de rayón se usa para hacer estambres y telas. También se suele mezclar con lana.

Las telas de fibras de rayón se utilizan principalmente en blusas, vestidos, chaquetas, ropa interior, ropa de trabajo y ropa deportiva.

La mayoría de estas telas se deben lavar en seco, aunque algunos tipos se pueden lavar en agua, a mano o a máquina.

Figura 5

Una fibra de rayón de una falda, tomada con una lente macro.



2.1.3 El Algodón.

Es una fibra de semilla que da como fruto las cápsulas del algodón, planta de la familia de las malváceas del género *Gossypium*. Las cápsulas están divididas en 3, 4 o 5 lóbulos, cada uno de los cuales tiene de 5 a 10 semillas cubiertas de una fibra blanca, ligeramente amarillenta ó en algunos casos verdes, palo rosa o beige (que son colores ecológicos), dependiendo del lugar de origen de cultivo. Al llegar a su completa madurez la cápsula se abre y el algodón junto con la semilla se desprende. Anteriormente el recojo se realizaba a mano, pero esta operación era larga y costosa, y en la actualidad se realiza con máquinas.

La calidad del algodón depende del sistema de recojo, de la calidad de la tierra, de los fertilizantes usados, del clima, entre otros.

Después de pasar las semillas por un sistema de limpieza en el que se las separa del polvo, de los restos de cápsulas y otras materias extrañas, se someten a un desfibrado. Se separan las fibras muy cortas de 1 - 6 mm; estas fibras se le denomina linters y recubren las semillas, estas no son hilables y se aprovechan para otras aplicaciones (algodón hidrófilo y papel). En la operación de arrancar las semillas se debe tener cuidado de no arrancarlas con porciones de semillas, pues es un serio inconveniente en los procesos siguientes. A la fibra obtenida ya limpia, se procede a embalarla por medio de potentes prensas hidráulicas.

En base al estado de las paredes celulares de la fibra (espesor de la pared) se pueden distinguir los siguientes tipos de fibras:

- Fibras maduras: fibras completamente desarrolladas, que al abrir las cápsulas han completado su crecimiento. Presentan una sección arriñonada y algunas vueltas de torsión.
- Fibras inmaduras: fibras en las cuales ha parado su desarrollo en el inicio de su crecimiento ya que han sido recogidas antes de su completa madurez. Casi no tiene torsión y tienen forma aplastada.
- Fibras muertas: fibras que están sin vida antes del inicio del crecimiento del espesor de las paredes primarias.

Después de secadas las fibras son aplanadas y transparentes, no tienen materia en su interior. Con los cambios de temperatura, y humedad en el aire, tienen tendencia a enrollarse. Por ejemplo tienen tendencia a formar pequeñas aglomeraciones (grano, botón, neps) que aparecen después en el hilo y en el tejido.

Las fibras inmaduras son más difíciles de teñir que las maduras, ya que su afinidad tintórea es menor. Las fibras muertas, aparecen normalmente sin teñir. Para poder superar en lo posible este inconveniente, es necesaria una buena elección de colorantes en el momento de la tintura.

Las siguientes son las partes que muestran un corte transversal de la fibra de algodón:

- Cutícula, capa que envuelve a la fibra, constituida de aceites y grasas, lo que le hace repelente al agua.
- Pared primaria, parte que sirve de parachoques o protección de la fibra.
- Pared secundaria, es el cuerpo de la fibra compuesto por celulosa, responsable de sus propiedades químicas y físicas.
- Lumen, tiene un diámetro que varía de acuerdo a la madurez de la fibra.

Figura 6

Cultivos de algodón en nuestro país.



Los productos textiles, desde la agricultura creciente, el desarrollo de fibras, hasta el tratamiento y la transformación de éstas en tejido, prendas de vestir, tienen una larga y antigua tradición en el Perú.

Los Incas, famosos y reconocidos por su cultura superior en la cual el arte textil era una parte importante, hicieron tejidos muy hermosos y complejos, utilizando una variedad de fibras, que son ahora exhibidos en los principales museos alrededor del mundo.

Actualmente se han desarrollado las más valiosas fibras vegetales que tiene el Perú, el algodón pima y tangüis. Este es uno de los cultivos tradicionales más importantes para el desarrollo económico del país, por ser fuente generadora de divisas, demanda cantidad considerable de mano de obra y es el principal insumo para la industria textil, aceitera y la actividad pecuaria.

- Pima. Esta variedad se deriva del tipo egipcio Mitafifi, que fue llevada a Estados Unidos, donde se produjeron las variedadesl Giza, Yuma y Pima, siendo esta última la de mejores características por el tipo de planta, tendencia frutera, por tener hebra más larga y fina. De esta variedad se obtienen hilos finos para camisa, vestidos y corbatas.
- Tangüis. Fue desarrollado por un agricultor cuyo apellido, Tangüis, dió el nombre a esta calidad de fibra. La combinación de la semilla, la tierra y el clima hace que el algodón Tangüis tenga una fibra larga. De esta variedad se obtiene el hilo para trama, polos finos, camisas, drill, telas para pantalones.

El algodón es un cultivo que se ha adaptado a las condiciones climáticas de nuestra costa peruana, habiéndose adaptado mejor a la costa norte la variedad pima, en la costa central y sur la variedad Tangüis.

Requiere de temperaturas de 20 a 30 °C al inicio del crecimiento, abundante recurso hídrico durante el periodo de formación de los botones florales y de las bellotas; las más altas temperaturas se requieren en la fase de plena floración y formación de bellotas.

Cuando las bellotas están completamente maduras se realiza la cosecha, la matada y quema de la broza. Una hectárea produce en promedio 27 quintales de algodón con semilla o en rama, de estos 10 quintales son de algodón y 17 son de pepitas. Un quintal de pepita produce 17 libras de aceite o manteca vegetal y 50 libras de

torta. Una hectárea en promedio produce 3 quintales de aceite refinado, 8.5 quintales de torta y además cáscara.

Además al refinar el aceite, se producen desperdicios o "borras" que se convierten en jabón, y cada hectárea produce materia prima para 33 libras de jabón de pepita. Como productor de grasa o aceite vegetal es más eficiente que otros cultivos como el girasol y además la torta ó pasta es más barata que los afrechos de trigo ó arroz.

La combinación de la semilla, la tierra, y el microclima ha hecho que el algodón pima peruano sea el algodón mas fino y de fibra más larga en el mundo, solamente comparable al algodón egipcio; cuando es procesado correctamente, tiene un brillo especial y una suavidad al tacto insuperable, casi como un algodón mercerizado "natural". Además, al ser una fibra fina y larga, el algodón pima es también más resistente que casi todos los demás algodones, haciendo las prendas más durables.

El algodón tangüis tiene fibra larga, cuando es procesado correctamente, brinda un tacto muy suave, tiene una absorción excelente y presenta una afinidad tintórea alta. Además, es una variedad de algodón muy fuerte y resistente haciendo las prendas más fuertes y durables.

2.1.3.1 Propiedades físicas del algodón.

➤ Color y brillo.

El algodón nunca se presenta totalmente blanco, sino con una coloración más o menos crema. Es más bien mate, poco brillante, pero cuando se presenta con brillo es más apreciado. Su coloración varia según su procedencia o variedad, así los algodones de la India se presentan con un color blanco, sucio, amarillento o algunas veces con pequeñas porciones rojizas; los algodones de América son los más blancos, variando

en su intensidad; el algodón de Egipto a excepción de la variedad de Abasi que es blanco, tiene un color mantecoso hasta un tono moreno.

Si tenemos un algodón de diferentes regiones, el color también variará, más aún en una misma zona, si esta está en llanura ó altura.

El color natural cremoso de los algodones convencionales puede ser modificado por una excesiva acción de la intemperie, por el polvo y la suciedad, para dar una coloración gris. Pero esto no tiene mucha importancia, puesto que el algodón se deja blanquear perfectamente y con relativa facilidad.

➤ **Madurez.**

Su madurez natural se alcanza cuando el número de capas secundarias concéntricas en la fibra está entre 25 y 40.

➤ **Finura.**

La finura de las fibras de algodón, varía entre 1 y 4 dtex, la más frecuente está entre 1.5 y 2 dtex.

La finura de la fibra es una de las características que influyen para determinar las posibilidades de hilatura.

Sólo los algodones más finos pueden ser utilizados en la fabricación de hilos de títulos menores (40/1, 60/1).

➤ **Longitud.**

La longitud varía entre 10 y 60 mm, estando la longitud más frecuente entre 25 y 30 mm. Uno de los algodones de longitud más largo es el egipcio, le sigue el Sea Island, el peruano, el indio.

➤ **Composición química.**

El porcentaje en peso de los componentes químicos en la fibra de algodón con grado de humedad normal es, en promedio, como sigue:

- Celulosa.....82 – 89 %
- Agua.....7 -10 %
- Ácidos orgánicos.....0,6 - 1%
- Grasas y ceras.....0,5 - 0,9 %
- Otros residuos
- Pigmentos, motas.....0,4 - 0,9 %
- Cenizas
- Carbonatos, Sulfatos.....0,6 - 1.5 %
- Cloruro de Magnesio, Calcio o Potasio.

Las ceras están alojadas en la pared primaria de la fibra, de tal manera que la fibra no se deja mojar fácilmente, y por consiguiente los productos y/o colorantes disueltos en una solución acuosa, que están en contacto con la fibra no penetran fácilmente y darán como resultado una distribución lenta y desigual.

El algodón crudo flota en agua por varios días, mientras que el algodón al que se le quitó la cera se hunde en pocos minutos. Esta eliminación de ceras se produce durante el descruce (en solución alcalina).

El contenido de cera, pectina o proteínas aumenta al aumentar la inmadurez de la fibra. La presencia de la cera es necesaria para una adecuada hilatura ya que lubrica las fibras, disminuye la tendencia a adherirse unas a otras, reduce la fricción entre fibras pero disminuye la resistencia a la tracción del hilo y del tejido.

2.1.3.2 Propiedades químicas.

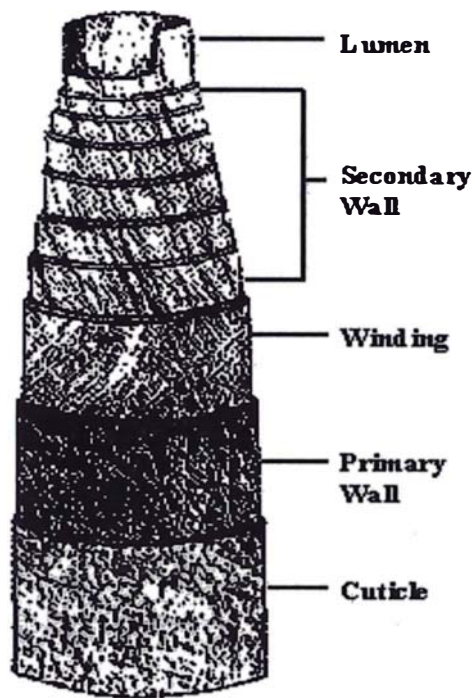
- Comportamiento del algodón frente al agua. El agua no perjudica al algodón, ni a la temperatura de ebullición, por el contrario en el estado húmedo aumenta su resistencia.
- Comportamiento del algodón al calor. El algodón soporta durante largo tiempo temperaturas de hasta 160 °C, por encima de esta temperatura comienza a amarillarse, iniciándose su descomposición. A partir de 240 °C forma gases, para terminar carbonizándose.
- Comportamiento del algodón frente a los ácidos. Según la concentración y temperatura afectan la fibra, produciéndose una reacción química exotérmica entre estos.
- Comportamiento del algodón frente a los álcalis. Los álcalis no afectan al algodón, y más bien con tratamientos posteriores se pueden mejorar el aspecto de la fibra como por ejemplo: hilos y tejidos mercerizados de hidróxido de sodio.

2.1.3.3 Morfología del algodón.

La estructura del algodón está constituida por capas. A continuación se detalla en la figura 7.

Figura 7.

Estructura de la fibra de algodón



Lumen: lumen.

Secondary wall : pared secundaria

Winding: capa enrollada

Primary wall : pared primaria

Cuticle : cutícula.

* La cutícula es la capa cerosa externa que contiene las pectinas y materiales proteínicos. Sirve como un revestimiento uniforme y resistente al agua de la que protege al resto de la fibra. Esta capa se elimina de la fibra con el descruce y/o blanqueo.

* La pared primaria es la delgada pared celular original. Está constituida principalmente de celulosa

en una red de fibrillas finas (filamentos pequeños de celulosa). Esto contribuye a la formación de un sistema muy bien organizado de capilares continuos, muy finos. Es bien sabido que los capilares finos roban líquidos de los capilares gruesos.

* La capa enrollada es la primera capa de engrosamiento secundario, difiere en su estructura de la pared primaria y del resto de la pared secundaria. Es una especie de red abierta de fibrillas, alineada a un ángulo de 40 a 70 grados del eje de la fibra.

* La pared secundaria consiste de capas concéntricas de celulosa que constituyen la porción principal de la fibra de algodón (también se le conoce como la capa S). Después que la fibra ha logrado su tamaño máximo durante el período de crecimiento, se añade una capa nueva de celulosa a la pared secundaria. Se depositan las fibrillas a ángulos de 70 a 80 grados con puntos en los que se invierten los ángulos a todo lo largo de la fibra. Se vuelven a empacar las fibrillas formando capilares pequeños.

* La pared del lumen separa la pared secundaria de esta y parece ser más resistente a algunos reactivos que las capas de la pared secundaria.

* El lumen es el canal hueco que corre a lo largo de la fibra. Está lleno de protoplasto vivo durante el período de crecimiento. Después que madura la fibra y se abre la cápsula, se seca el protoplasto y colapsará el lumen. Esto deja un gran vacío o poro central en cada fibra.

A lo largo de la estructura y en cada una de las seis partes de la fibra hay poros o espacios capilares de

diferentes tamaños entre las fibrillas de diferentes tamaños. En consecuencia, se puede ver la fibra de algodón como una esponja física microscópica con una estructura porosa compleja. Esta estructura interna hace que las fibras de algodón sean accesibles a los líquidos y vapores. La acción capilar de las fibrillas en la fibra atrae los líquidos por acción capilar y se mantienen en los poros entre las fibrillas. Esto explica el trenzamiento del algodón y su capacidad absorbente única.

Cuando se observa toda la fibra de algodón, tiene el aspecto de un listón plano torcido que tiene 50-100 circunvoluciones por pulgada. Las fibras están ahusadas en un extremo y fibriladas en el otro donde estaban unidas a la semilla del algodón. Esto proporciona a la fibra un tacto suave porque no hay extremos abruptos como en otras fibras sintéticas.

2.1.3.4. La celulosa.

La celulosa es un polisacárido compuesto exclusivamente de moléculas de glucosa; es pues un homopolisacárido (compuesto por un solo tipo de monosacárido); es rígido, insoluble en agua, y contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de β -glucosa. La celulosa es la biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre.

La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas impenetrables al agua, lo que hace que sea insoluble en agua, y

originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales.

La celulosa es un polisacárido estructural en las plantas ya que forma parte de los tejidos de sostén. La pared de una célula vegetal joven contiene aproximadamente un 40% de celulosa; la madera un 50 %, mientras que el ejemplo más puro de celulosa es el algodón con un porcentaje mayor al 90%.

A pesar de que está formada por glucosas, los animales no pueden utilizar la celulosa como fuente de energía, ya que no cuentan con la enzima necesaria para romper los enlaces β -1,4-glucosídicos, es decir, no es digerible por los animales; sin embargo, es importante incluirla en la dieta humana (fibra dietética) porque al mezclarse con las heces, facilita la digestión y defecación, así como previene los malos gases.

En el intestino de los rumiantes, de otros herbívoros y de termitas, existen microorganismos, muchos metanógenos, que poseen una enzima llamada celulasa que rompe el enlace β -1,4-glucosídico, y al hidrolizarse la molécula de celulosa quedan disponibles las glucosas como fuente de energía.

Hay microorganismos (bacterias y hongos) que viven libres y también son capaces de hidrolizar la celulosa. Tienen una gran importancia ecológica, pues reciclan materiales celulósicos como papel, cartón y madera. De entre ellos, es de destacar el hongo *Trichoderma reesei*, capaz de producir cuatro tipos de celulasas: las 1,4- β -D-glucancelobiohidolasas CBH I y CBH II y las endo-1,4- β -D-glucanasa EG I y EG II. Mediante técnicas biotecnológicas se producen esas enzimas

que pueden usarse en el reciclado de papel, disminuyendo el costo económico y la contaminación.

Figura 8

Estructura molecular de la celulosa

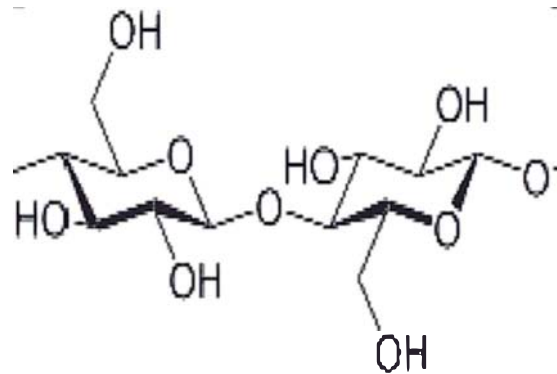
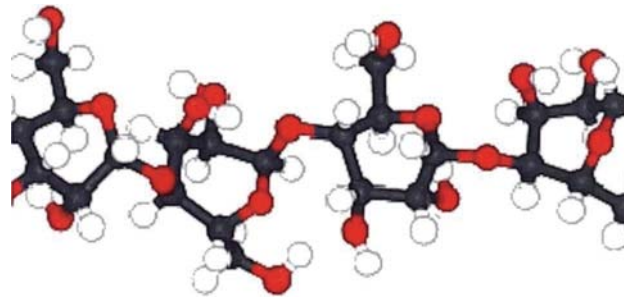


Figura 9

Estructura de la celulosa.



Después del descruce y blanqueo, el algodón es 99 % celulosa pura. La celulosa es una macromolécula hecha de unidades de anhidroglucosa unidas por puentes 1, 4, de oxígeno. Las unidades de anhidroglucosa están unidas como beta-celubiosa. Por lo tanto, la anhidro-beta-celubiosa es la unidad que se repite en la cadena de polímero. Al número de estas unidades repetidas que están unidas para formar el

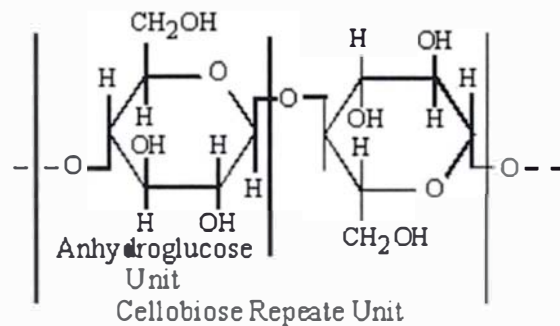
polímero de celulosa se le conoce como el grado de polimerización (DP).

2.1.3.5 La celobiosa.

Es un azúcar doble (disacárido) formado por dos glucosomas unidas por los grupos hidroxilo del carbono 1 en posición beta de una glucosa y del carbono 4 de la otra glucosa. Por ello este compuesto también se llama beta glucopiranosil (1-4) beta glucopiranososa. Al producirse dicha unión se desprende una molécula de agua y ambas glucosas quedan unidas mediante un oxígeno monocarbonílico que actúa como puente. La celobiosa aparece en la hidrólisis de la celulosa. Su fórmula es $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Figura 10

Representación de la celubiosa



Anhydroglucose unit : unidad de anhidroglucosa.

Cellobiose repeate unit : unidad repetida de celobiosa.

2.2 FABRICACIÓN DE TELAS

Se conoce con el nombre de tela a un conjunto de materias textiles repartidas uniformemente en un determinado ancho y grosor en forma de láminas, flexibles y consistente, variando el aspecto de ellos según su composición de materia prima (fibra, hilos, etc.), constitución y acabado.

(Cegarra Sanchez Jose, Fundamentos y aplicaciones de la tintura).

2.2.1 Tejido de punto.

Entrelazamiento de un solo hilo en forma de mallas. Son los tejidos que se forman por un solo hilo de trama que se entrelaza sobre sí mismo formando bucles. En este tipo de tejido se utilizan máquinas circulares y rectilíneas.

Bucle.- Es una porción de hilo dispuesto en forma de lazo y que es mantenido en esta forma mediante el entrelazado de sucesivas unidades básicas (mallas).

Malla.- Es la unidad estable más pequeña de todo el tejido de punto. Esta constituida por un lazo, el cual mantiene su forma gracias a las otras mallas contiguas.

Tipos de tejido. Según su estructura el tejido de punto se clasifica en:

- Jersey.- Es la estructura básica del tejido de punto, está formada por mallas consecutivas (todas las agujas tejen). Es el tejido donde trabajan todas las agujas de la fontura de la máquina.
- Pique.- Combinación entre agujas que tejen y retienen.
- Rib.- Se obtiene trabajando simultáneamente con las dos fonturas.
- Interlock.- Se hace en una máquina circular de cilindro y plato de agujas, en el cual a cada ranura del cilindro corresponde en frente una del disco. Si la aguja del plato y su correspondiente del

cilindro trabajaran a la vez, se produciría un choque entre ambas agujas.

- Jacquard.- Estas máquinas disponen de un mecanismo de selectores de agujas que escojen aquellas que han de trabajar, de manera que sean tomadas por las levas del juego correspondiente, mientras que otras agujas no seleccionadas quedan inactivas, es decir, en posición baja, las primeras tomarán hilo elaborando malla, mientras que las segundas, conservando la ultima malla que hicieron, no serán alimentadas.

2.2.2 Tejido Plano.

El proceso de fabricación se lleva a cabo en cualquiera de los distintos tipos de telares en los cuales en términos generales, se entrelazan hebras dispuestas a lo largo (urdimbre) con otras que van en ángulo recto a las primeras (tramado), pasando por encima de estos. Un tipo especial de telar sin lanzadera, conocido como el telar de inyección del agua, usa un chorro de agua para impulsar las hebras de urdimbre. En forma similar, el telar de inyección de aire, un método tecnológicamente nuevo de tejido, usa impulsos de aire secuenciales para impulsarle hebra al tramado. A fin de evitar que se rompa la hebra de urdimbre como consecuencia de la fricción que se produce en la operación en si, con frecuencia es necesario agregar al procesamiento una etapa conocida como engomado.

2.3 EL PROCESO ENIMATICO.

2.3.1 La enzima.

Las enzimas han sido utilizadas en la industria textil desde principios de este siglo.

En bioquímica, se llaman enzimas a las sustancias de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sea

termodinámicamente posible. En estas reacciones, las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en otras moléculas, los productos. Casi todos los procesos en las células necesitan enzimas para que ocurran en tasas significativas. A las reacciones catalizada por enzimas se las denomina reacciones enzimáticas.

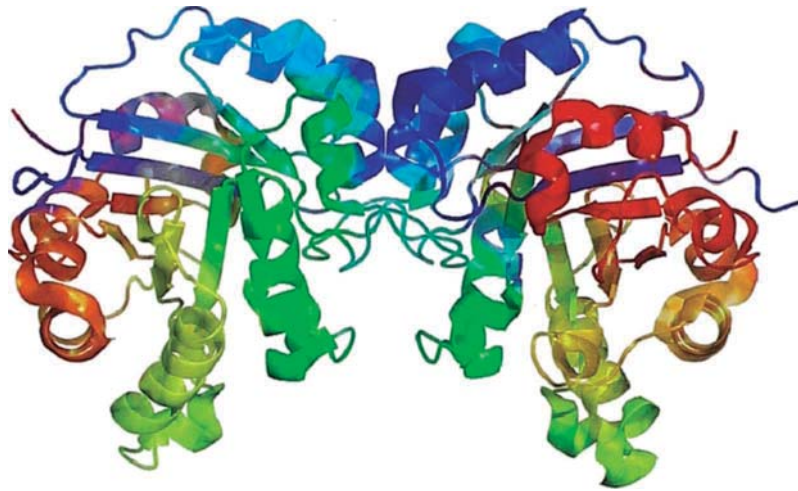
Debido a que las enzimas son extremadamente selectivas con sus sustratos, el conjunto (*set*) de enzimas sintetizadas en una célula determina el metabolismo que ocurre en cada célula. A su vez, esta síntesis depende de la regulación de la expresión génica.

Como todos los catalizadores, las enzimas funcionan aumentando y disminuyendo la energía de activación (ΔG^\ddagger) de una reacción, de forma que se acelera sustancialmente la tasa de reacción. Las enzimas no alteran el balance energético de las reacciones en que intervienen, ni modifican, por lo tanto, el equilibrio de la reacción, pero consiguen acelerar el proceso incluso millones de veces. Una reacción que se produce bajo el control de una enzima, o de un catalizador en general, alcanza el equilibrio mucho más rápido que la correspondiente reacción no catalizada.

Al igual que ocurre con otros catalizadores, las enzimas no son consumidas por las reacciones que ellas catalizan, ni alteran su equilibrio químico. Sin embargo, las enzimas difieren de otros catalizadores por ser más específicas. Las enzimas catalizan alrededor de 4 000 reacciones bioquímicas distintas. No todos los catalizadores bioquímicos son proteínas, pues algunas moléculas de ARN son capaces de catalizar reacciones (como el fragmento 16S de los ribosomas en el que reside la actividad peptidil transferasa).

Figura 11

Estructura de la triosafosfato isomerasa. Conformación en forma de diagrama de cintas rodeado por el modelo de relleno de espacio de la proteína.



La actividad de las enzimas puede ser afectada por otras moléculas. Los inhibidores enzimáticos son moléculas que disminuyen o impiden la actividad de las enzimas, mientras que los activadores son moléculas que incrementan la actividad. Asimismo, gran cantidad de enzimas requieren de cofactores para su actividad. Muchas drogas o fármacos son moléculas inhibidoras. Igualmente, la actividad es afectada por la temperatura, el pH, la concentración de la propia enzima y del sustrato y otros factores físico-químicos.

Algunas enzimas son usadas comercialmente, por ejemplo, en la síntesis de antibióticos y productos domésticos de limpieza. Además, ampliamente utilizadas en variados procesos industriales, como son la fabricación de alimentos, desteñido de jeans o producción de biocombustibles.

2.3.1.1 Etimología e historia.

Desde finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, se conocía la digestión de la carne por las secreciones del estómago y la conversión del almidón en azúcar por los extractos de plantas y la saliva. Sin embargo, no había sido identificado el mecanismo.

En el siglo XIX, cuando se estaba estudiando la fermentación del azúcar en el alcohol con levaduras, Louis Pasteur llegó a la conclusión de que esta fermentación era catalizada por una fuerza vital contenida en las células de la levadura, llamadas fermentos, e inicialmente se pensó que solo funcionaban con organismos vivos. Escribió que "la fermentación del alcohol es un acto relacionado con la vida y la organización de las células de las levaduras, y no con la muerte y la putrefacción de las células".

En 1878 el fisiólogo Wilhelm Kühne (1837–1900) acuñó el término *enzima*, que viene del griego *ενζυμων* "en levadura", para describir este proceso. La palabra enzima fue usada después para referirse a sustancias inertes como el pepsin. Por otro lado, la palabra "fermento" solía referirse a la actividad química producida por organismos vivientes.

Figura 12

Eduard Buchner



En 1897 Eduard Buchner comenzó a estudiar la habilidad de los extractos de levadura para fermentar azúcar debido a la ausencia de células vivientes de levadura. En una serie de experimentos en la Universidad Humboldt de Berlín, encontró que el azúcar era fermentada inclusive cuando no había elementos vivos en los cultivos de células de levaduras. Llamó a la enzima que causa la fermentación de la sacarosa, "zimasa". En 1907 recibió el Premio Nobel de Química "por sus investigaciones bioquímicas y el haber descubierto la fermentación libre de células". Siguiendo el ejemplo de Buchner, las enzimas son usualmente nombradas de acuerdo a la reacción que producen. Normalmente, el sufijo "-asa" es agregado al nombre del sustrato (por ejemplo la lactasa es la enzima que degrada lactosa) o al tipo de reacción (por ejemplo, el ADN polimerasa forma polímeros de ADN).

Tras haber mostrado que las enzimas pueden funcionar fuera de una célula viva, el próximo paso era determinar su naturaleza bioquímica. En muchos de los trabajos iniciales se notó que la actividad enzimática estaba asociada con proteínas, pero algunos científicos (como el premio Nobel Richard Willstätter) argumentaban que las proteínas eran simplemente el transporte para las verdaderas enzimas y que las proteínas no eran capaces de realizar catálisis. Sin embargo, en 1926, James B. Sumner demostró que la enzima ureasa era una proteína pura y la cristalizó. Sumner hizo lo mismo con la enzima catalasa en 1937. La conclusión de que las proteínas puras podían ser enzimas fue definitivamente probada por John Howard Northrop y Wendell Meredith Stanley, quienes trabajaron en diversas enzimas digestivas como la pepsina (1930), la tripsina y la quimotripsina. Estos tres científicos recibieron el Premio Nobel de Química en 1946.

El descubrimiento de que las enzimas podían ser cristalizadas permitía que sus estructuras fuesen resueltas mediante técnicas de cristalografía y difracción de rayos X. Esto se llevó a cabo en primer lugar con la lisozima, una enzima encontrada en las lágrimas, la saliva y los huevos, capaces de digerir la pared de algunas bacterias. La estructura fue resuelta por un grupo liderado por David Chilton Phillips y publicado en 1965. Esta estructura de alta resolución de lisozimas, marcó el comienzo en el campo de la biología estructural y el esfuerzo por entender cómo las enzimas trabajan a un nivel molecular.

Estructuras y mecanismos.

Las enzimas son generalmente proteínas globulares que pueden presentar tamaños muy variables, desde 62 aminoácidos como en el caso del monómero de la 4-oxalocrotonato tautomerasa, hasta los 2.500 presentes en la sintasa de ácidos grasos.

Las actividades de las enzimas vienen determinadas por su estructura tridimensional. Casi todas las enzimas son mucho más grandes que los sustratos sobre los que actúan, y solo una pequeña parte de la enzima (alrededor de 3 a 4 aminoácidos) están directamente involucrados en la catálisis. La región que contiene estos residuos encargados de catalizar la reacción es conocida como centro activo. Las enzimas también pueden contener sitios con la capacidad de unir cofactores, necesarios a veces en el proceso de catálisis, o de unir pequeñas moléculas, como los sustratos o productos (directos o indirectos) de la reacción catalizada. Estas uniones pueden incrementar o disminuir la actividad enzimática, dando lugar así a una regulación por retroalimentación.

Al igual que las demás proteínas, las enzimas se componen de una cadena lineal de aminoácidos que se pliegan durante el proceso de traducción para dar lugar a una estructura terciaria tridimensional de la enzima, susceptible de presentar actividad.

Cada secuencia de aminoácidos es única y por tanto da lugar a una estructura única, con propiedades únicas. En ocasiones, proteínas individuales pueden unirse a otras proteínas para formar complejos, en lo que se denomina estructura cuaternaria de las proteínas.

La mayoría de las enzimas, al igual que el resto de las proteínas, pueden ser desnaturalizadas si se ven sometidas a agentes desnaturalizantes como el calor, el pH extremo, o ciertos compuestos como el SDS. Estos agentes destruyen la estructura terciaria de las proteínas de forma reversible o irreversible, dependiendo de la enzima y de la condición.

Figura 13

Diagrama de cintas que representa la estructura de una anhidrasa carbónica de tipo II. La esfera gris representa al cofactor zinc, situado en el centro activo.



2.3.1.2 Especificidad.

Las enzimas suelen ser muy específicas tanto por el tipo de reacción que catalizan como por el sustrato involucrado en la reacción. La forma, la carga y las características

hidrofilicas/hidrofóbicas de las enzimas y los sustratos son los responsables de dicha especificidad. Las enzimas también pueden mostrar un elevado grado de estereoespecificidad, regioselectividad y quimioselectividad.

Algunas de estas enzimas que muestran una elevada especificidad y precisión en su actividad son aquellas involucradas en la replicación y expresión del genoma. Estas enzimas tienen eficientes sistemas de comprobación y corrección de errores, como en el caso de la ADN polimerasa, que cataliza una reacción de replicación en un primer paso, para comprobar posteriormente si el producto obtenido es el correcto. Este proceso, que tiene lugar en dos pasos, da como resultado una media de tasa de error increíblemente baja, en torno a 1 por cada 100 millones de reacciones en determinadas polimerasas de mamíferos. Este tipo de mecanismos de comprobación también han sido observados en la ARN polimerasa, en la ARN aminoacil sintetasa y en los ribosomas.

Modelo de la "llave-cerradura"

Las enzimas son muy específicas, esto fue sugerido por Emil Fisher en 1894. Con base en sus resultados dedujo que ambas moléculas (enzima y sustrato) poseen complementariedad geométrica, cuyas formas encajan exactamente una con otra. Esto es citado comúnmente como "la llave-cerradura", refiriéndose a la enzima como una especie de cerradura y al sustrato como una llave que encaja de forma perfecta en la cerradura. Sin embargo, si bien este modelo explica la especificidad de las enzimas, falla al explicar la estabilización del estado de transición que las enzimas logran.

Modelo del encaje inducido

En 1958 Daniel Koshland sugirió una modificación al modelo de la llave-cerradura: las enzimas son estructuras bastante flexibles, el

sitio activo puede ser reformado por la interacción con el sustrato. Como resultado de ello, la cadena aminoacídica que compone el sitio activo es moldeada en posiciones precisas que permite a la enzima llevar a cabo su función catalítica. En algunos casos, como en las glicosidasas, el sustrato cambia ligeramente de forma para entrar en el sitio activo.

Modulación alosterica.

Los cambios alostéricos (zonas de la enzima diferentes al sitio activo) permiten un cambio estructural de la proteína en respuesta a la unión de efectores. La modulación puede ser directa, cuando el efector se une directamente a sitios de unión en la enzima, o indirecta, donde el efector se une a otra proteína o a una subunidad proteica que interactúa con la enzima alostérica y que influencia la actividad catalítica.

2.3.1.3 Clasificación.

Existe una clasificación normalizada con 6 categorías principales dependiendo de la reacción que catalice la enzima. Cada enzima está clasificada mediante su número EC.

Oxidoreductasas

Catalizan reacciones de oxidorreducción o redox. Precisan la colaboración de las coenzimas de oxidorreducción (NAD^+ , NADP^+ , FAD) que aceptan o ceden los electrones correspondientes; tras la acción catalítica. Estas coenzimas quedan modificadas en su grado de oxidación, por lo que deben ser transformadas antes de volver a efectuar la reacción catalítica.

Ejemplos: deshidrogenasas, peroxidasas.

Transferasas

Transfieren grupos activos (obtenidos de la ruptura de ciertas moléculas) a otras sustancias receptoras. Suelen actuar en

procesos de interconversión de monosacáridos, aminoácidos, etc.

Ejemplos: transaminasas, quinasas.

Hidrolasas

Verifican reacciones de hidrólisis con la consiguiente obtención de monómeros a partir de polímeros. Actúan en la digestión de los alimentos, previamente a otras fases de su degradación. La palabra hidrólisis se deriva de hidro 'agua' y lisis 'disolución'.

Ejemplos: glucosidasas, lipasas, estererasas.

Isomerasas

Actúan sobre determinadas moléculas obteniendo de ellas sus isómeros de función o de posición, es decir, catalizan la racemización y cambios de posición de un grupo en determinada molécula, obteniendo formas isoméricas. Suelen actuar en procesos de interconversión.

Ejemplo: epimerasas (mutasa).

Liasas

Catalizan reacciones en las que se eliminan grupos (H_2O , CO_2 y NH_3) para formar un doble enlace o añadirse a un doble enlace, capaces de catalizar la reducción en un sustrato. El sustrato es una molécula, la cual, se une al sitio activo de la enzima para la formación del complejo enzima-sustrato. El mismo, por acción de la enzima, es transformado en producto y es liberado del sitio activo, quedando libre para recibir otro sustrato.

Ejemplos: descarboxilasas, liasas.

Ligasas

Realizan la degradación o síntesis de los enlaces denominados "fuertes" mediante el acoplamiento a sustancias de alto valor energético (como el ATP).

Ejemplos: sintetetasas, carboxilasas.

Activadores

Algunas enzimas necesitan para su actividad iones inorgánicos específicos que reciben el nombre de activadores. Los activadores que se necesitan con más frecuencia son los iones de hierro, cobre, manganeso, magnesio, cobalto y zinc. De ordinario, sólo un ion funciona con una determinada enzima, pero en ciertos casos se pueden sustituir ciertos iones por otros, persistiendo una actividad enzimática satisfactoria.

Inhibidores

Las moléculas que regulan la actividad enzimática inhibiendo su actividad pueden clasificarse en reversibles e irreversibles. Las irreversibles se unen covalentemente a la enzima y son útiles en farmacología (penicilina, aspirina).

Las reversibles pueden clasificarse, a su vez, en competitivas y no competitivas. Las competitivas modifican la K_m del enzima ya que se unen al centro activo de éste e impiden la unión con el sustrato (se necesitará más para activar las enzimas). Las no competitivas, se unen a otro lugar de la enzima, modificando la $V_{m\acute{a}x}$. (velocidad en que se forma producto por unidad de tiempo), ya que al unirse, el enzima queda inactivada.

2.3.1.4 Aplicaciones industriales.

Las enzimas son utilizadas en la industria química y en otras aplicaciones industriales en donde se requiere el uso de catalizadores muy especializados. Una de las aplicaciones industriales en las que se usan enzimas es en la industria de los detergentes biológicos, ya que estos en su mayoría contienen enzimas tales como la amilasa, la lipasa y en algunos casos la celulosa, que de acuerdo a un uso específico ayudan a eliminar la gran mayoría de manchas e imperfecciones en algunas pieles. Sin embargo, las enzimas en general están limitadas en el número de reacciones que han evolucionado a catálisis y también por su falta de estabilidad en solventes orgánicos y a altas temperaturas. Consecuentemente, la ingeniería de las proteínas es un área de investigación activa que involucra intentos de crear nuevas enzimas con novedosas propiedades, ya sea por diseño racional o por evolución in vitro.

2.3.2 Catalasa.

Recientemente se ha llevado a cabo nuevos desarrollos para la industria textil en tres tipos de enzimas: celulasas para acabado especiales, alfa amilasa para desengome y catalasa.

Una innovación es el desarrollo de una enzima catalasa utilizada para eliminar peróxido de hidrógeno residual que resulta en la reducción de químicos, ahorro en energía, agua y tiempo.

La enzima actúa de la siguiente forma:



A continuación, las condiciones de operación de las catalasas se muestran en la tabla Nro. 1

Tabla Nro.1

Condiciones de operación de la enzima catalasa

Parámetro de Proceso	Rango Operacional	Rango Optimo
pH	3 -10	4 – 9
Temperatura	20 – 70° C	40 – 60°C
Concentración de peróxido (ppm).	10 – 2000	20 – 1500

El uso de la catalasa se está incrementando con la finalidad de eliminar peróxido de hidrógeno residual el cual puede ocasionar un nivel de teñido disperejo y otros problemas subsecuentes. La enzima calatasa acelera el rompimiento del peróxido de hidrógeno en oxígeno no activo y agua. A diferencia de agentes reductores como sulfito de sodio, la catalasa y sus productos son completamente "benignos" en los teñidos. Consecuentemente, no se necesita inactivar a la enzima y se requiere menos agua de enjuague entre el blanqueo con peróxido y el teñido. La catalasa trabaja en un amplio rango de temperatura y pH por lo que puede acoplarse a diferentes condiciones de proceso. También se puede ahorrar energía debido a que la catalasa trabaja efectivamente a temperatura ambiente o hasta 70°C, mientras que el método reductor requiere temperaturas mayores a 70°C para mayor eficacia.

Además la catalasa puede ser usada en baños con hasta 2000 ppm de peróxido.

Para resumir, puede establecerse que con este nuevo procedimiento, con una elevada seguridad de procesado y una existencia en almacén minimizadas al utilizar menos productos, se pueden reducir notablemente los costos de producción. La

elevada calidad y rentabilidad del procedimiento, se ha acreditado entretanto en muchas producciones industriales.

2.3.3. La celulasa.

La celulasa es una enzima compleja especializada en descomponer celulosa, transformándola en glucosa. Es producida principalmente por bacterias del estómago de los herbívoros rumiantes. A diferencia de los rumiantes, la mayoría de los animales (incluido el hombre) no producen celulasa en sus cuerpos y por lo tanto no son capaces de usar la mayor parte de la energía contenida en las plantas.

El principal componente estructural de los vegetales es la celulosa, la cual funciona en la mayoría de la materia prima vegetal como un secuestrador o barrera estructural que limita la liberación de componentes de interés para la industria alimentaria. La celulosa es un polisacárido formado por unidades de anhidro glucosa, las cuales se mantienen unidas mediante enlaces β -1,4 glucosídicos. Pero además, la configuración β le permite a la celulosa formar cadenas largas y lineales, las cuales no se presentan aisladas sino unidas entre sí mediante enlaces de hidrógeno intramolecular, formando una estructura supramolecular cristalina y organizada, resistente a la hidrólisis, la extracción de compuestos de interés, es la aplicación de enzimas celulasas o preparados con actividad enzimática múltiple (celulasa, hemicelulasa y pectinasa) debido a su efecto sinérgico, por el potencial que tienen sobre la hidrólisis de los componentes estructurales de la pared celular de los vegetales.

Tipos de celulasas

La acción enzimática para llevar a cabo la hidrólisis de la celulosa implica la operación secuencial y la acción sinérgica de un grupo de celulasas, que presentan diferentes sitios de enlace, debido a la naturaleza compleja de la molécula de celulosa. El sistema de celulasa típico incluye tres tipos de enzimas: la endo- β -1,4-

glucanasa (C_x) (1,4- β -D- glucanohidrolasa), la exo- β -1,4-glucanasa (C_1) (1,4- β -D- celobiohidrolasa) y la β -1,4-glucosidasa (celobiasa) (C_b) (β -D-glucósido glucohidrolasa).

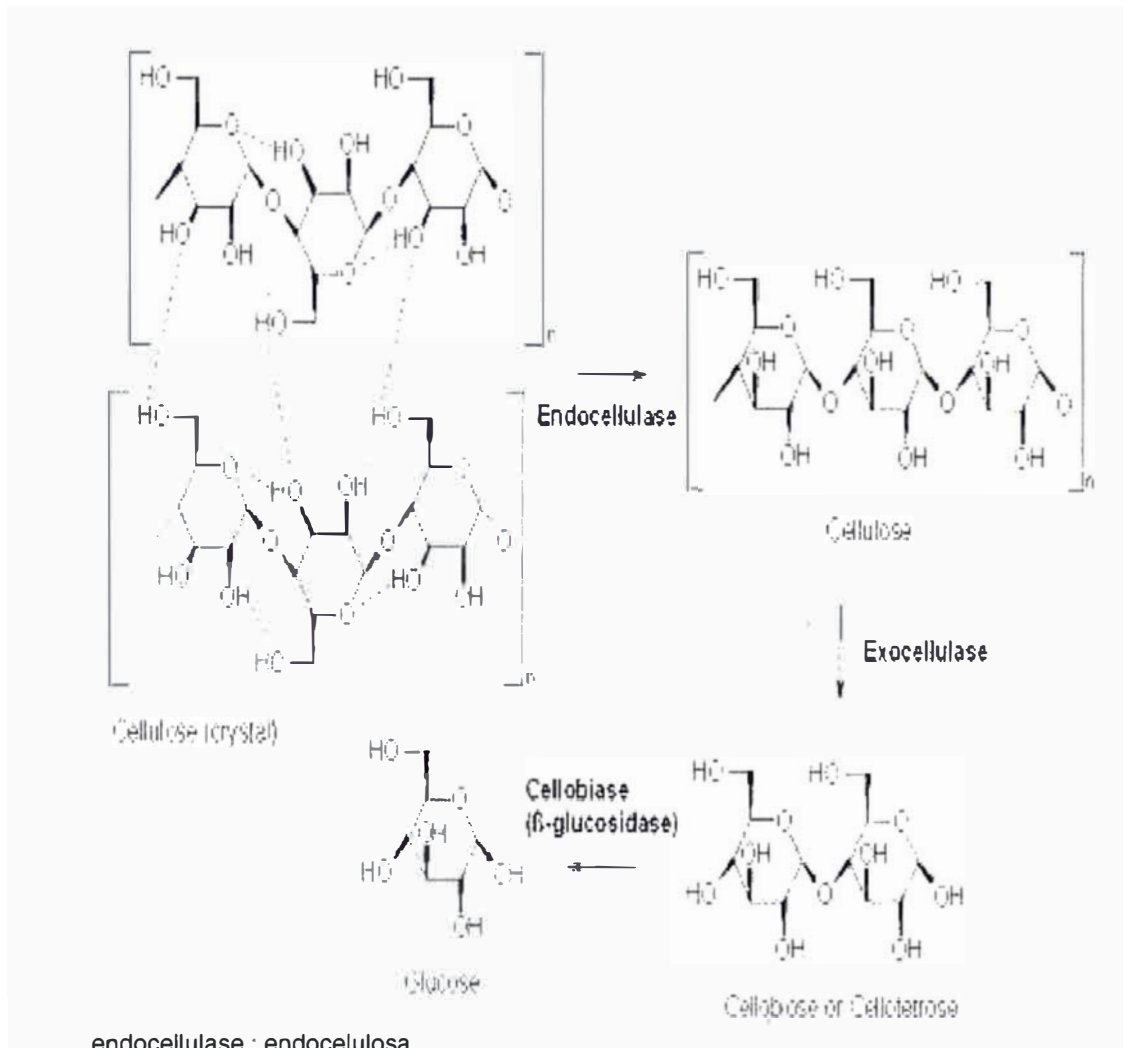
Mecanismo de hidrólisis enzimática.

El mecanismo para la degradación de la celulosa puede resumirse en tres etapas: Primero la endo β -1,4-glucanasa actúa al azar sobre los enlaces β -1,4 glucosídicos internos presentes entre las unidades de glucosa que forman la molécula de la celulosa, y convierte las cadenas largas a oligosacáridos, los cuales mantienen la configuración β de su estructura. La acción de esta enzima es sobre las regiones amorfas de la molécula de celulosa o sobre la superficie de las microfibrillas, y tiene como resultado la disminución de la longitud de la cadena de celulosa y la creación de nuevos extremos reactivos que sirven de sustrato para la posterior acción de C_1 .

En la segunda etapa actúa la exo β -1,4-glucanasa, la cual es una enzima que corta la cadena 1,4 β -D-glucano a partir del extremo no reductor de la molécula de celulosa y de las celodextrinas, lo que provoca la remoción de unidades de celobiosa o glucosa. Ambas enzimas endoglucanasa y exoglucanasa son inhibidas por uno de los productos de la hidrólisis enzimática, la celobiosa, lo que disminuye la eficiencia de la hidrólisis.

Una vez degradada las zonas amorfas de la celulosa, tiene lugar la tercera etapa de la hidrólisis, en donde la región cristalina comienza a ser hidrolizada, como resultado de la acción sinérgica de la endoglucanasa y la exoglucanasa. Finalmente, una etapa que limita la degradación de la celulosa es la hidrólisis de la celobiosa a glucosa mediante la acción de la β -1,4-glucosidasa C_b , porque las glucanasas son inhibidas por la celobiosa.

Figura 14
Celulasa, tipos y acción



endocellulase : endocelulosa.

exocellulase : exocelulosa.

Cellobiose : celobiosa.

Cellulose : celulosa.

Glucose : glucosa.

Tres tipos generales de las enzimas forman la enzima de la celulosa. La endocelulosa rompe lazos internos además de perturbar la estructura cristalina de la celulosa y exponerla a cadenas de polisacáridos de las celulasas. La exocelulosa rompe 2-4 unidades de los extremos de las cadenas producidas por la endocelulosa expuesta, resultando en la tetrasaccharides o

disacáridos como la celobiosa. La celobiosa o beta-glucosidasa hidroliza el producto endocelulasa en monosacáridos individuales.

Endocelulasas: Estos son capaces de hidrolizar la β (1-4) al azar a lo largo de la cadena de celulosa.

Fuente: *Trichoderma reesei*, *T. viride*, *Aspergillus niger*

Exocelulasas: Estas enzimas rompen la molécula de glucosa de un extremo de la cadena de celulosa.

Fuente: *Trichoderma reesei*

Se ha comprobado que los preparados que contienen la enzima endocelulasa sólo tienen poco efecto sobre la celulosa de origen. Por otro lado los que contienen tanto endo y exocelulasa causarán una degradación significativa de la celulosa de origen. Así, el endo y exocelulasa parecen funcionar de una manera cooperativa sinérgica sobre la celulosa de origen.

Exo-Celobiohidrolasa: Se hidroliza β (1-4) celulosa para liberar celobiosa desde el extremo no reductor de las cadenas.

Fuente: *Trichoderma reesei*, *T. viride*

Celobiasa: Se hidroliza la β (1-4) en celobiosa, dando dos moléculas de glucosa.

Fuente: *Aspergillus niger*, *T. viride*, *S. cerevisiae*

Trichoderma reesei tiene un complejo estudiado (enzima de la celulosa). Este complejo convierte celulosa cristalina, amorfa, y de origen químico cuantitativamente a la glucosa. Las características esenciales de este complejo celulasa son:

El sistema es multi-enzimático, por lo menos tres componentes enzimáticos son diferentes tanto física como químicamente, y los

tres componentes desempeñan un papel esencial en la hidrólisis de la celulosa en glucosa.

Celulosa $\xrightarrow{\text{celulasa}}$ glucosa

Microorganismos productores de celulasas.

Las enzimas celulasas son producidas por una variedad de bacterias y hongos aeróbicos o anaeróbicos, mesófilos o termófilos. Sin embargo, sólo algunos de ellos producen enzima celulasa extracelular capaz de hidrolizar la celulosa.

A partir de los hongos aeróbicos, tales como: *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei*, *Penicillium pinophilum*, *Sporotrichum pulverulentum*, *Fusarium solani*, *Talaromyces emersonii* y *Trichoderma koningii*, se han obtenido los complejos celulolíticos utilizados en la mayoría de los estudios, debido a que presentan un sistema enzimático completo de celulasas capaces de degradar parcial o totalmente la celulosa en celobiosa y glucosa. Entre estos microorganismos, el hongo filamentoso *T. reesei* se caracteriza por la efectividad que tiene en la degradación de la celulosa nativa y cristalina con el complejo celulolítico que produce y secreta, el cual presenta las tres actividades necesarias para la hidrólisis de la celulosa (endo- β -1,4-glucanasa, exo- β -1,4-glucanasa y β -1,4-glucosidasa) (Ben-Ghedalia & Miron 1981). También, las celulasas de *T. reesei* tienen la ventaja de que estas son resistentes a inhibidores químicos y estables en reactores agitados bajo condiciones de pH 4 - 8 a 50 °C durante 48 h.

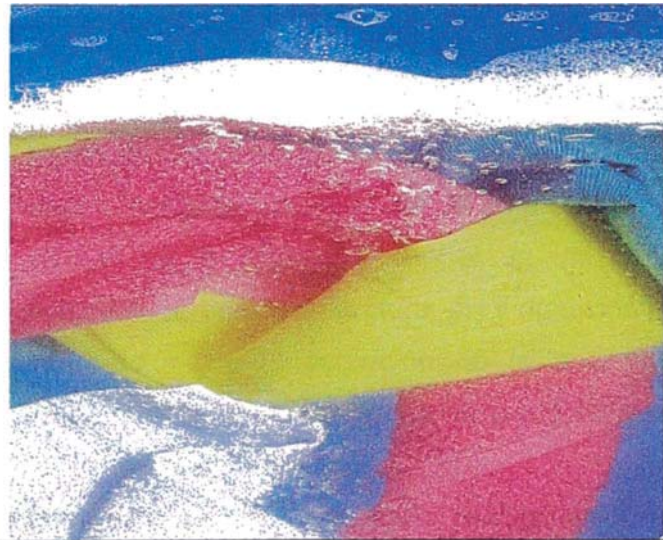
Otros microorganismos productores de celulasas incluyen a los hongos aeróbicos hemofílicos (*Sporotrichum thermophile*, *Thermoascus aurantiacus* y *Humicola insolens*), los hongos anaeróbicos mesofílicos (*Neocallimastix frontalis*, *Piromonas communis*, *Sphaeromonas communis*), las bacterias aeróbicas mesofílicas y termofílicas (*Cellulomonas* sp., *Cellvibrio* sp., *Microbispora bispora* y *Thermomonospora* sp.), y las bacterias anaeróbicas mesofílicas y termofílicas (*Acetivibrio cellulolyticus*,

Bacteroides succinogenes, Ruminococcus albus, Ruminococcus flavefaciens y Clostridium thermocellum). Entre éstos microorganismos, los hemofílicos son de interés por su capacidad para producir enzimas celulolíticas termoestables, las cuales son en general estables bajo condiciones severas, incluso en niveles de pH altamente ácidos o alcalinos así como temperaturas de hasta 90 °C.

Las enzimas celulolíticas producidas por las bacterias del género Bacillus presentan básicamente actividad endo- β -1,4-glucanasa y exo- β -1,4-glucanasa; pero tienen una característica particular, en especial las enzimas producidas por Bacillus subtilis y es la resistencia a ser inhibida por la glucosa o celobiosa.

Figura 15

Aplicación de la celulasa en detergente quita pelusas.



Uso de las celulasas.

Las fibras están compuestas básicamente de celulosa la cual, al ser un material no biodegradable, constituye un problema para el posterior tratamiento de efluentes.

Las celulasas son enzimas que degradan las fibras de la superficie (fibras sueltas y microfibrillas) haciendo a los tejidos más lisos y blandos.

También son usadas para producir la apariencia "stonewashed" en los jeans. Tradicionalmente esta apariencia en los tejidos Denim (nombre de la tela con que se realizan los jeans) es otorgada por un proceso que utiliza piedra-pómez para desgastar el color localmente por roce. Este proceso presenta muchas desventajas ya que causan el desgaste rápido y rotura de las máquinas utilizadas, provocan gran abrasión empeorando la calidad de la tela y causan problemas ambientales ya que se generan efluentes no biodegradables.

La ventaja en la utilización de celulasas en el proceso de desgaste del jean en relación al proceso convencional, es que no causa gran degradación de la fibra como la piedra-pómez y el desgaste es más uniforme.

Las celulasas son utilizadas juntamente con las piedras o sustituyéndolas totalmente.

El procedimiento general para su aplicación consiste en:

- ✓ introducción de los artículos de celulosa en la máquina
- ✓ ajuste de las condiciones del baño de tratamiento con pH entre 5,5 y 8,0 y temperaturas de 50 a 60°C
- ✓ adición de la enzima y control de las condiciones de reacción (tiempo, temperatura, pH y agitación mecánica)
- ✓ interrupción de la actuación de la enzima: agregando carbonato de sodio y/o aumentando la temperatura hasta 80°C durante 10 minutos

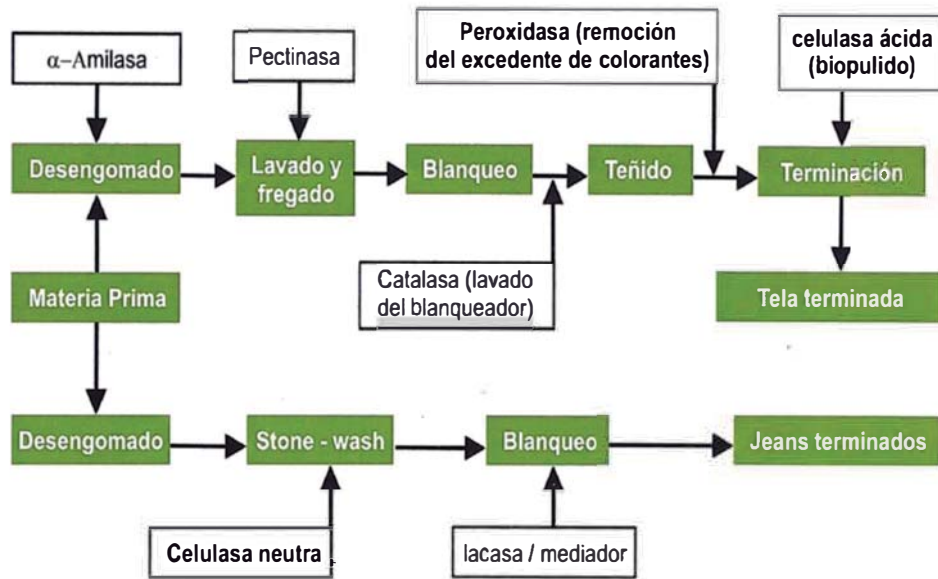
Al culminar este proceso, se suele realizar un tratamiento de limpieza con un agente blanqueante para resaltar los contrastes y eliminar la reposición de microfibras teñidas de color azul que enmascaran el efecto logrado.

Estas enzimas no sólo se utilizan en el proceso de stone-wash de telas para jeans, sino que también se utilizan en telas destinadas

a la confección de blusas y faldas, porque el proceso enzimático les otorga una textura aterciopelada similar a la seda natural.

Figura 16

Stone wash: Tipo de lavado industrial utilizando piedras que le da un aspecto gastado a la tela.



Uso de enzimas en el tratamiento de efluentes.

Hoy en día, muchas enzimas son utilizadas por una gran diversidad de tipos de industrias y esto no es ajeno a la industria textil. Tradicionalmente, se han utilizado enzimas en el proceso de limpieza de las fibras. Ahora, las enzimas como las proteasas, lipasas, celulasas y enzimas oxidativas, se utilizan en el bioprocesamiento de fibras naturales, mientras que otras son fundamentales en el tratamiento de efluentes derivados de esos procesos.

La industria textil es una de las mayores productoras de efluentes líquidos, los cuales son tóxicos, contienen productos no biodegradables y también resistentes a la destrucción por

métodos de tratamiento físico-químico. Los efluentes textiles poseen un elevado contenido de colorantes (10-15% de los colorantes no fijados son enviados al río) y aditivos que generalmente son compuestos orgánicos de estructuras complejas, no biodegradables.

Las enzimas aplicadas en la industria textil deben producirse a bajo costo, ser estables en las condiciones de pH y temperatura en que se realizan los tratamientos textiles, y de uso y manipulación segura. En esto, la biotecnología moderna juega un rol importante al producir enzimas recombinantes a gran escala por fermentación de microorganismos cuyo cultivo es conocido y controlado. Por ejemplo, existen enzimas alfa amilasa y lipasas y celulasas obtenidas a partir de microorganismos recombinantes.

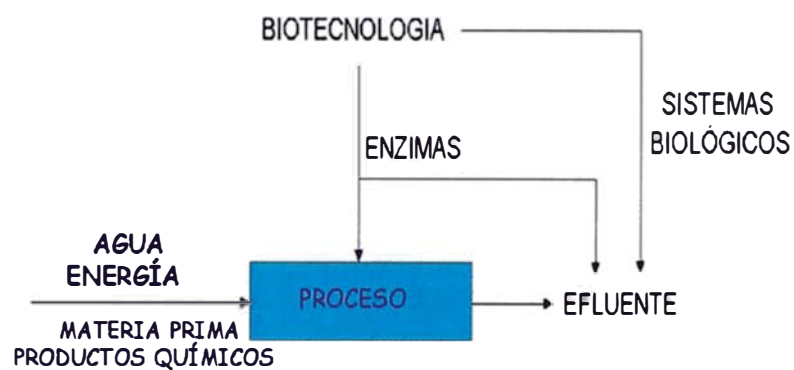
Actualmente, son estudiadas nuevas alternativas que utilizan microorganismos capaces de degradar de manera eficiente un gran número de contaminantes a un bajo costo operacional para el adecuado tratamiento de efluentes textiles. Un ejemplo es el *Bacillus subtilis* que fue adaptado a un medio de cultivo artificial para biodegradar colorantes del tipo "azo" bajo condiciones anóxicas (con deficiencia de oxígeno). Estas bacterias utilizan el nitrato o nitrito como aceptor final de electrones, posibilitando la oxidación biológica de colorantes "azo". También se utilizan bacterias, como *pseudomonas* sp y *sphingomonas* sp, particularmente útiles en la degradación de azo-colorantes.

Los hongos de descomposición blanca, como *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta*, *Coriolus versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Pycnoporus cinnabarinus*, *Phlebia tremellosa*, *Neurospora crassa* y *Geotrichum candidum*, son conocidos por degradar varios tipos de colorantes textiles. Estos hongos poseen la capacidad de mineralizar, además de la lignina, una variedad de contaminantes resistentes a la degradación. Esta característica se debe a la

acción de las enzimas peroxidadasas y lacasas producidas por ellos.

Figura 17

Esquema de la utilización de las enzimas en el sector textil con mención a la ecología.



2.3.4 Testings de pilling.

La prueba de resistencia al pilling simula los cambios en la apariencia de la superficie, por acción del uso y los lavados sucesivos a que va a ser sometido. Actualmente los clientes están exigiendo la evaluación del pilling a todos sus tejidos como mínimo clase 3, incluso para las prendas que son lavadas.

Esta prueba debe ser determinante para definir la aprobación de una partida de producción con proceso enzimático.

La más requerida por los clientes es la norma técnica ASTM D3512, la cual demora 30 min en efectuarse. Para la evaluación es importante calificar la muestra inicial y si tuviera pilling mencionarlo en el informe. Aca se evalúa la cantidad y el tamaño de las "motitas", que se forman debido al roce con el corcho que se encuentra dentro de la maquina. La evaluación es comparada con fotografías patrones.

Las calificaciones de acuerdo a los resultados pueden ser:

Clase 1 : Pilling muy severo.

Clase 2 : Pilling severo.

Clase 3 : Pilling moderado.

Clase 4 : Pilling ligero.

Clase 5 : Sin pilling.

2.4 PRETRATAMIENTOS DE FIBRAS CELULÓSICAS.

2.4.1 Procedimientos clásicos.

Para el tratamiento previo de género de punto de algodón puro y las mezclas de algodón sintéticas, como lycra, es necesario eliminar los aceites del tricotado, las sustancias acompañantes del algodón, así como los avivados de la hilatura en las fibras sintéticas. Para satisfacer las condiciones previas evidentes para lograr un género listo para la tintura, se utilizan normalmente los siguientes auxiliares:

- Humectantes.
- Eliminadores de aceites.
- Secuestrantes.
- Estabilizadores de blanqueo.
- Lejía y peróxido.

Después de un eventual lavado previo, se blanquea durante 30 - 60 minutos. En la práctica resulta común encontrar recetas de blanqueo que no contienen humectantes ni estabilizadores de blanqueo o uno sólo de estos auxiliares. Al trabajar completamente sin humectante es posible que se produzca un blanqueo irregular. En tal caso, el baño de blanqueo penetra de forma poco igualada en el género de modo que se producen grados de blanco parcialmente diferentes.

Estas diferencias en el grado de blanco son posteriormente la causa de tonalidades de tinte más intensas o más claras, finalizada la tintura. El género obtenido es defectuoso y desigual.

La ausencia de un estabilizador en el blanqueo todavía puede tener efectos secundarios más desagradables.

En presencia de hierro u otros iones de metales pesados en el género, el peróxido de hidrógeno sufre una descomposición catalítica. Debido a ello, en tales lugares se produce una hiperreacción, el algodón se deteriora fuertemente y se ocasionan deterioros de tipo catalítico.

Los estabilizadores de blanqueo fijan, formando complejos, los iones de metales pesados e impiden la descomposición catalítica del peróxido. Gracias a ello se asegura un blanqueo uniforme, sin deterioros catalíticos.

Como quiera que las calidades de algodón presentan distintas cantidades de metales según su procedencia, solamente la adición de estabilizadores de blanqueo garantiza resultados reproducibles con calidades de algodón de diferentes procedencias.

Mediante el tratamiento previo y los tensoactivos residuales sobre el género, éste adquiere características de hidrofiliidad. La hidrofiliidad del género y la evaluación del grado de blanco se utilizan como criterios para establecer la calidad de un tratamiento previo.

Como algunos colorantes experimentan cambios de color en presencia de residuos de peróxido, generalmente se realiza el tratamiento posterior con un reductor inorgánico. Después es preciso aclarar de nuevo a fondo, dado que algunos colorantes también son sensibles a la reducción.

2.4.1.1 Blanqueo.

El tratamiento de blanqueo con agua oxigenada es el proceso de blanqueo químico más utilizado actualmente.

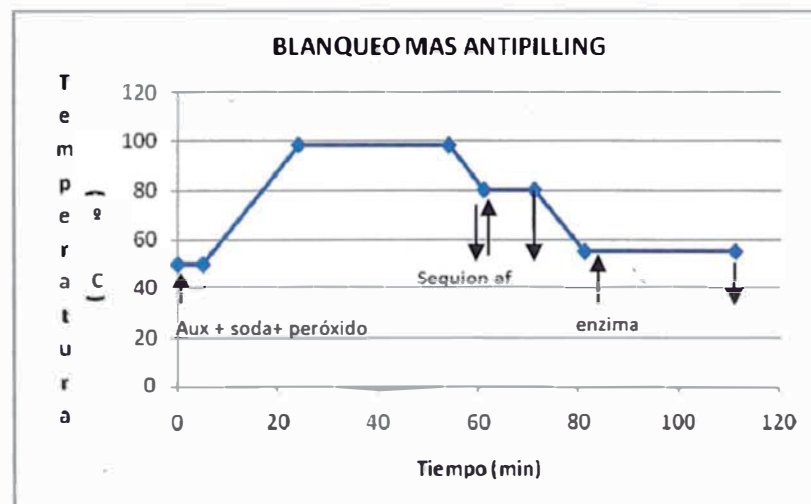
Durante el transcurso de la reacción de blanqueo, los procesos de extracción se completan para dar los siguientes efectos:

- Extracción de las impurezas coloreadas naturales de la fibra.
- Remoción total de las cáscaras y semillas.
- Hidrólisis, oxidación y eliminación de restos de almidón.
- Logro del blanco requerido con el mínimo daño a la fibra.
- Absorbencia mejorada en la fibra tejido de acuerdo a un estándar de uniformidad.

Debido a sus ventajas técnicas, el agua oxigenada es normalmente preferida como agente de blanqueo frente a los otros agentes blanqueadores como el hipoclorito y el clorito de sodio.

Figura 18

Proceso de un blanqueo químico con soda cáustica y agua oxigenada.



Nota: Aux: auxiliar de pretratamiento.

El agua oxigenada puede ser utilizada en frío ó en caliente.

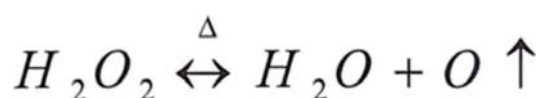
El proceso oxidativo produce extracción del engomado residual y de las impurezas del algodón para dar al material textil una absorbencia uniforme y el efecto obtenido es duradero.

Al descomponerse, el agua oxigenada durante el proceso, solo produce productos inofensivos tales como el oxígeno y el agua, por lo que se le considera un proceso ambientalmente sano, la corrosión en los equipos es menor que con los otros blanqueadores. Existen dos factores que influyen sobre el blanqueo con agua oxigenada y son:

- La naturaleza y calidad del tratamiento de limpieza previa (la eliminación de sustancias catalíticas, evita la formación de oxígeno libre).
- La eficiencia del estabilizador en el baño de blanqueo, de ello va a depender que el pH se mantenga constante, por lo tanto la producción de oxígeno libre estará controlado, evitar así la degradación de la fibra al producirse oxixelulosa.

Los artículos en pieza que más adelante se tiñan o se estampen deberán poseer necesariamente una capacidad absorbente buena y uniforme; cabe recordar al respecto que esta propiedad es tan importante para los tratamientos posteriores de dichos artículos en los tratamientos previos y especialmente en la parte celulósica. Tratándose de artículos blancos, la finalidad principal estará en conseguir un buen grado de blancura y de blanqueo óptico. Siempre que sea posible se tratará de reducir, por razones económicas reducir al mínimo las fases del tratamiento previo. Por ello es de gran importancia combinar eficazmente los de lavado y blanqueo.

La reacción que presenta al blanquear el peróxido de hidrógeno ó agua oxigenada por acción del calor es:



El oxígeno liberado es el que produce la oxidación en el material textil y por consiguiente la acción de blanqueo.

Por lo tanto los factores que actúan en forma decisiva en la velocidad de descomposición del H_2O_2 son: temperatura y pH. El pH deberá estar entre 10.8 - 11. Para controlar se usan agentes estabilizadores.

El proceso de blanqueo con peróxido consta de menores etapas que el efectuado con hipoclorito, lo cual ha sido una de las causas de su implantación.

Las fases en que se puede dividir este proceso son:

- Tratamiento, en sus diferentes modalidades, de la materia con la solución del peróxido. En esta fase se efectúa el blanqueo.
- Lavado posterior con agua caliente y frío para eliminar las impurezas desprendidas de la materia y los agentes existentes en la solución de blanqueo.

Hay que indicar que en muchas ocasiones la operación de blanqueo con peróxido se utiliza para descrudar y blanquear simultáneamente pero ello solo afecta a la composición del baño de blanqueo descrudado y no a las etapas del proceso, que suelen ser las mismas indicadas anteriormente. La pérdida de peso es aproximadamente del 5%.

2.4.1.2 Descrude.

El proceso del descrude consiste en la purificación del algodón, que contiene impurezas como ceras, pectinas, sales minerales, etc. Estas impurezas deben ser removidas para asegurar la absorción del agua, que es el vehículo de transporte de los colorantes y otros productos de acabado. La absorción del agua es necesaria para la uniformidad del teñido y posterior tratamiento de la tela.

Las ceras y grasas, se encuentran localizadas principalmente en la pared primaria de la fibra del algodón,

formando una superficie hifrofóbica. Sin embargo, esta característica es muy útil en el proceso de hilatura y tejido. Las grasas y ceras son los compuestos más difíciles de remover.

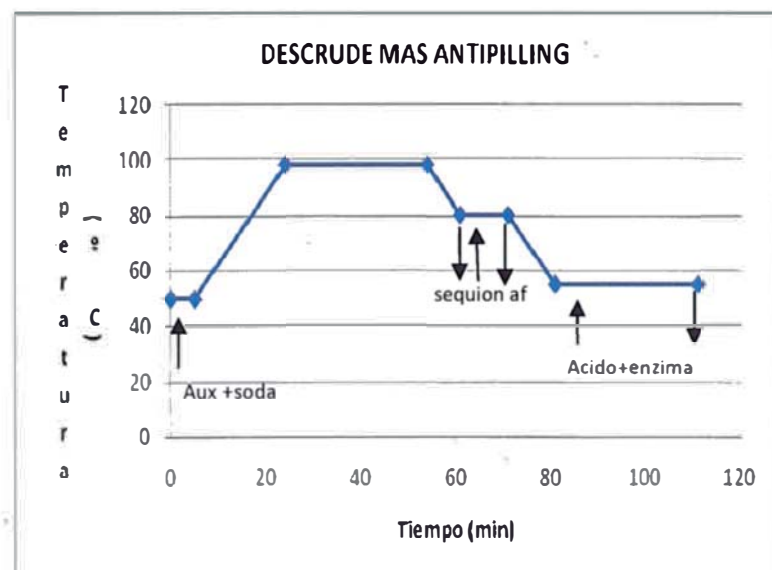
Químicamente la grasa se define como un triglicérido o ester derivado de la glicerina y un ácido graso; y la cera como un ester formado por un ácido y un alcohol graso. Estas sustancias solo van a ser removidas de la fibra por una reacción de saponificación y emulsión.

La saponificación se realiza en presencia de una base fuerte como el hidróxido de sodio en un medio acuoso y a temperaturas de 90°C a 100°C, formando jabones solubles en agua.

La perdida de peso al igual que en el caso del blanqueo químico es alrededor del 5%.

Figura 19

Esquema de un proceso de descrude con soda caústica.



En la cera del algodón existen esteroides que pueden saponificar; sin embargo, hay una cantidad de materia que no es saponificable, es decir, que no reacciona con el hidróxido de sodio formando jabón, por lo tanto son removidos por emulsificación por acción de los jabones formados y los agentes tensoactivos adicionados.

Las sustancias pépticas que se encuentran en la pared primaria de la fibra constituida por el ácido péptico, también son eliminadas durante el descruado.

De acuerdo a los estudios por J. Ward, la soda cumplirá las siguientes funciones: saponifica los ácidos libres y/o esteroides para formar jabón, disuelve o hidroliza las proteínas y pectinas, provoca la reducción en la adhesión de las ceras a la superficie de la fibra. La cantidad de materia que no logra saponificar, es removida por un proceso de emulsificación por acción del jabón y los tensoactivos.

La acción del tensoactivo en este caso solubiliza y emulsifica los restos grasos manteniéndolos en suspensión.

La acción del agente tensoactivo implica factores como: tensión superficial, cargas eléctricas, etc.

Para poder efectuar un buen descruado el tensoactivo debe cumplir las siguientes acciones:

- ✓ Reducir la tensión superficial del agua.
- ✓ Provocar la difusión del agua en la fibra.
- ✓ Separar la grasa o cera de la fibra.
- ✓ Mantener la grasa o cera en emulsión sin redeposiciones
- ✓

2.4.1.3 Proceso de desmineralizado.

El proceso de desmineralizado se ha incorporado a la etapa de preparación porque permite mejorar los resultados del proceso de blanqueo, debido a que logra frenar la descomposición catalítica del H_2O_2 . No olvidemos, que los iones alcalinotérreos y de metales pesados (normalmente introducidos en el sistema por el agua de procesos o arrastrados por la fibra) pueden durante el blanqueo alcalino con peróxido, originar los siguientes efectos indeseados:

Formación de incrustaciones en máquinas y rodillos, debido a las precipitaciones de carbonatos, hidróxidos, fosfatos, silicatos alcalinotérreos, etc.

Salas e hidróxidos de magnesio se precipitan en altas concentraciones de iones, los cuales se requieren para el estabilizado de H_2O_2 .

Altas durezas del agua rompen las emulsiones e impiden así retirar aceites y grasas.

Los formadores de dureza (Ca y Mg) y los iones metálicos inciden sobre la solubilidad del colorante, ya sea en procesos combinados blanqueo- teñido posterior. Se producen diferencias de tono al utilizar colorantes dispersos sensibles al hierro.

Formación de sales insolubles, las cuales al utilizar blanqueadores ópticos pueden hacerse notar a través de un tono amarillo-verdoso.

Las sales alcalinotérreas modifican el tacto (endurecimiento) y empeoran la hidrofiliidad.

El H_2O_2 se descompone en un baño alcalino puro a partir de pH 14. La presencia de metales pesados cataliza la descomposición, produciendo los llamados daños catalíticos que se manifiestan en una descomposición hidrolítica y oxidativa de la celulosa.

Estos minerales que acompañan el proceso y que son fácilmente solubles en medio ácido, son por parte del ácido polimérico, ya sea incorporados o después de ajustar las condiciones de caustificado o blanqueo, secuestrados en forma hidroxílica, evitando su precipitado.

Aún después del blanqueo, algunos tipos de algodón con altos contenidos de manganeso e hierro muestran un tono rojizo.

Finalmente, con un proceso de desmineralizado:

Se alcanzan óptimos grados de blancura. Grados que en el pasado se alcanzaban exclusivamente a través del blanqueo con hipoclorito o clorito de sodio.

Se logra excelentes valores de DP (grado de polimerización), es decir un mínimo deterioro de la fibra.

Proporciona buena hidrofiliidad a la pieza, necesaria para los tratamientos posteriores.

Gracias a su estabilidad y propiedades se reduce el consumo de agua, energía y productos químicos.

Mejora, ya sea a través de la reducción de los tiempos, de la minimización de pasos del proceso y de la reducción en la diversidad de productos, la productividad del sistema.

Eliminación total de silicatos.

Reduce la carga a los efluentes.

2.5 TINTURA

2.5.1 Colorante.

Un colorante es un compuesto soluble en el agua, que tiene color o capacidad de formar color cuando es absorbido

preferencialmente desde la solución por la fibra. El término colorante abarca todo compuesto que cuando es aplicado sobre un objeto le confiere color, y que mantiene sus propiedades de color por un tiempo prolongado. Estos son las anilinas y pigmentos.

Podemos clasificar los colorantes por el método de aplicación y el tipo de material a ser teñido y por la constitución química del colorante.

2.5.1.1 Tipos de colorantes para fibras celulósicas.

Colorantes al azufre.

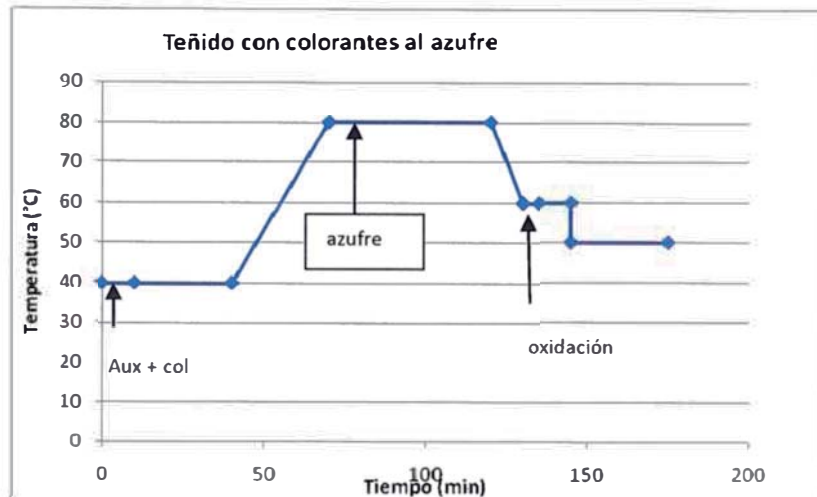
Son colorantes manufacturados por la fusión del azufre o sulfuro de sodio con compuestos aminos o derivados nitrosos de hidrocarburos cíclicos.

Poseen afinidad por las fibras celulósicas, cuando son aplicados en baño alcalino en estado reducido. La reducción se lleva a cabo por el uso de soda cáustica o el hidrosulfito de sodio, usándose más el sulfuro de sodio por la facilidad de empleo.

Los tonos obtenidos con estos colorantes son muy intensos y opacos, con mala solidez al frote en húmedo, en los últimos años se han desarrollado colorantes de este tipo con mejores propiedades de aplicación y benignos a la ecología, generalmente aplicados en prendas para lograr efectos especiales, son famosos los procesos vagabundo aplicados en el algodón.

Figura 20

Gráfico de teñido con colorantes al azufre.



Nota : col: colorante.

Colorantes directos.

Los colorantes directos para la tintura del algodón fueron los primeros colorantes sintéticos que fueron manufacturados con afinidad por la fibra. Antes el algodón requería ser mordentado para teñirlo con los colorantes básicos, estos colorantes directos teñían al algodón sin mordentado, de allí su nombre.

Los colorantes directos son compuestos de tipo azo de alto peso molecular que contiene grupos sulfónicos para preveerlos de solubilidad en agua. Se les conoce como colorantes sustantivos debido a su gran afinidad por las fibras celulósicas a las que tiñen directamente.

En los colorantes directos encontramos siguientes estructuras químicas: disazo, quinolina, estilbeno, disazo, ftalocyanina, oxazina, donde el mejor representante es el colorante azul solofenil BL.

Poseen afinidad directa por las fibras celulósicas, por la seda, la lana y las fibras proteínicas regeneradas.

Clase A	Colorantes con muy buen poder de igualación y migración sin ayuda de agentes auxiliares.
Clase B	Colorantes con escaso poder migratorio, pero que pueden ser controladas por adiciones sistemáticas de electrolitos.
Clase C	Colorantes con escaso poder migratorio y no sensibles a las adiciones sistemáticas de electrolitos, son controlables por la temperatura. facilita el ingreso de los colorantes por los poros de la fibra. Hay una homogénea difusión del colorante en el baño de tenido. Disminuye el tamaño de los agregados.

Disminución de la repulsión entre la carga eléctrica superficial de la fibra y la carga del colorante.

Aumento de la vibración de las cadenas en la parte amorfa.

Migración del colorante de las partes en que se encuentra en mayor concentración a las de menor vía en el baño de tenido.

De esto se desprende que cada colorante posee una temperatura óptima de teñido.

Los electrolitos promueven el agotamiento de los colorantes directos.

El efecto del electrolito en el teñido es doble, por un lado neutraliza la carga eléctrica de la fibra mientras que por otro aumenta el desplazamiento del colorante hacia la fibra. El teñir en relaciones de baños corto, equivale a un factor importante en la economía de consumo de colorantes; aunque a expensas de un menor control del agotamiento paulatino del colorante y mayor

posibilidad de un teñido defectuoso la agitación debe aumentar la velocidad de absorción sobre la fibra.

Se considera que al prolongarse el tiempo de teñido se obtendrá un pequeño incremento del colorante en la fibra, aunque este incremento no justifica la prolongación del tiempo de teñido.

La velocidad de difusión del colorante dentro de la fibra y su velocidad de absorción varía de acuerdo con el tipo de colorante. Los colorantes directos siempre son aplicados a la fibra celulósica en una solución neutra. No se encuentra ninguna ventaja la adición de ácido al inicio de la tintura más bien puede alterar el matiz del colorante.

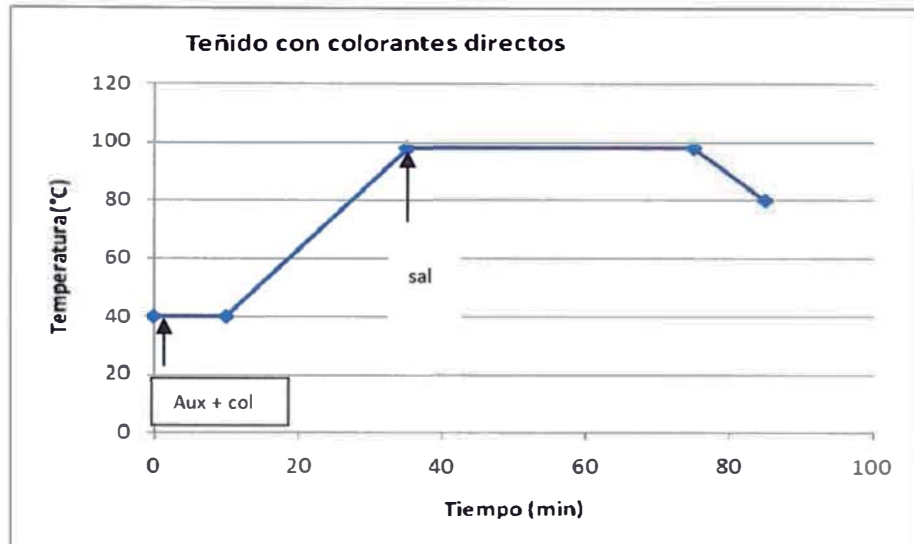
Sin embargo la celulosa en condiciones alcalinas forma un sistema reductor capaz de destruir ciertos colorantes directos.

Influencia de la naturaleza de la fibra.

Hay problemas en la igualación de mezclas de fibras celulósicas, la cual no se llega a obtener ni siquiera cuando la tintura llega al equilibrio. Estas diferencias de comportamiento se atribuyen al diferente grado de cristalinidad de los polímeros de las fibras puede haber diferencias de absorción no siendo aconsejable partidas de algodón que tengan distinto grado de madurez.

Figura 21

Esquema de teñido con colorantes directos.



Colorantes reactivos.

Breve reseña histórica.

En los años 1923 a 1930 se habían ya realizado trabajos por HALLER sobre la base de los colorantes monoclorotriazínicos y con las cuales se conseguía un enlace fibra-colorante, sin embargo, este resultado sólo se lograba hasta entonces en un medio exento de agua.

Solo las investigaciones de Gunther demostraron, que también era posible reaccionar la fibra celulósica en medio acuoso.

Recién en 1952 se sacaron al comercio los primeros colorantes reactivos por la tintura de la lana por Hoechst - Ag; Heyna y Schumacher, reconocieron como primeros la tintura con colorantes en medio acuoso.

Poco mas tarde en 1954 Ratee y Stephen descubrieron que los colorantes que contenían un grupo diclorotriazinico, eran capaces de formar enlaces covalentes con la celulosa.

Poco mas tarde aparecieron en el mercado los primeros colorantes que contenían un grupo diclorotriazinico, eran capaces de formar enlaces covalentes con la celulosa.

Después aparecieron en el mercado los primeros colorantes derivados de la diclorotriazina, los Procion MX. Al poco tiempo aparecieron en el mercado los cibacrón de Ciba; los remazol de Hoechst, los levafix de Bayer; los drimaren de Sandoz, los primazin de Basf y los reacna de Acna.

2.5.1.2 Estructura básica de un colorante reactivo.

Generalmente se compone de dos elementos fundamentales:

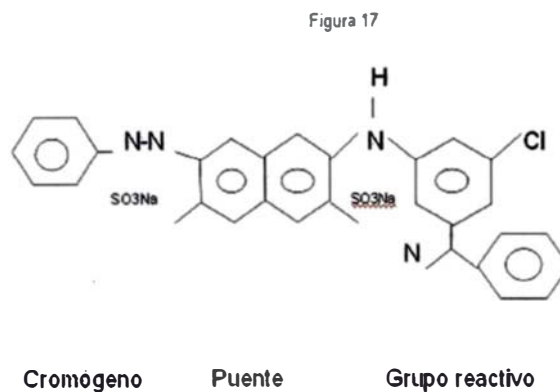
- Parte cromófora.
- Parte reactiva.

Estos elementos pueden estar directamente ligados unos a otro, o unidos entre ellos por un eslabón o puente.

Esquemáticamente lo podemos imaginar así:

Figura 22

Representación de un colorante reactivo.



El cromóforo. Determina principalmente el matiz de colorante y es a la vez responsable de otras propiedades del colorante.

En la parte cromófora aparecen, además los grupos solubilizantes (-SO₃Na) que le confieren solubilidad en medio acuoso y los sustituyentes que le confieren sustentividad a las fibras celulósicas.

La parte reactiva. Es responsable en primer lugar del tipo y velocidad de reacción entre la fibra celulósica y el colorante. En el siguiente cuadro veremos que propiedades dependen del cromóforo y cuales de la parte reactiva, reacción química entre un colorante reactivo y una fibra celulósica puede ser como sigue:

Tabla Nro.2
Estructura del colorante reactivo

DEPENDIENTE DEL CROMOFORO	DEPENDIENTE DE LA PARTE REACTIVA
Solubilidad. Sustentividad. Propiedad de difusión. Lavabilidad. Corrosibilidad. Solideces. Sudor. Blanqueo con peróxido. Luz. Luz en húmedo. Cloro.	Reactividad. Estabilidad de unión. <ul style="list-style-type: none"> • Alcalina. Solidez al lavado. Solidez de blanqueo con peróxido. • Acida. Solidez al sudor. Solidez al suavizado.

La reacción química entre un colorante reactivo y una fibra celulósica esta definida como:



El enlace covalente formado proporciona muy buena solidez al lavado y es más fuerte que el enlace simple de un colorante directo con celulosa.

2.5.1.3 Clasificación de los colorantes reactivos.

Por la naturaleza de cada grupo reactivo, los colorantes que contienen sistemas reactivos diferentes tienen métodos de teñido diferentes, adicionalmente, las propiedades de solidez pueden verse influenciadas por el sistema reactivo.

Tipo vinilsulfona.

- Tiene colores negro y azul muy útiles que son excelentemente compatibles con otro color (azul reactivo 19 y negro 5).
- Puede aplicarse a un amplio rango del método de teñido (agotamiento, estampado, proceso de cold pad batch y continuo) .
- Tiene varios colores y el tintorero elabora fácilmente el color requerido por el cliente.
- La afinidad del grupo reactivo y la afinidad a la fibra son diferentes, por lo tanto, tiene una excelente capacidad de lavado. Tiene estabilidad en el enlace químico con la fibra y por ende, una gran solidez.
- La temperatura de teñido de este tipo es baja, de éste modo, a comparación de otros tipos, ahorra energía.

Tipo bifuncional.

- Tiene dos grupos reactivos en el colorante, el grupo MCT y el grupo VS, y tiene la ventaja de ambos grupos.
- Como es estable en álcali, es aplicable al teñido continuo, proceso de cold pad batch y agotamiento.
- Su matiz de color es brillante y posee excelente solidez.
- Existe una pequeña diferencia entre la relación de absorción de las materias colorantes y relación de fijación.
- Tienen sustentividad y reactividad similares para obtener una buena uniformidad.

Tipo monoclorotriazina.

- Como es estable en álcali, es aplicable al teñido continuo y al estampado.
- Tiene una propiedad de desmontado y de lavado/jabonado deficiente, debido a su alta sustentividad. Tiene varios colores de matiz brillante.
- Tiene baja reactividad a la fibra y por consiguiente, la temperatura de teñido de este tipo es alta, en comparación con otro tipo.

Vinilsulfonas.

Figura 23

Proceso de teñido con colorantes vinisulfónicos

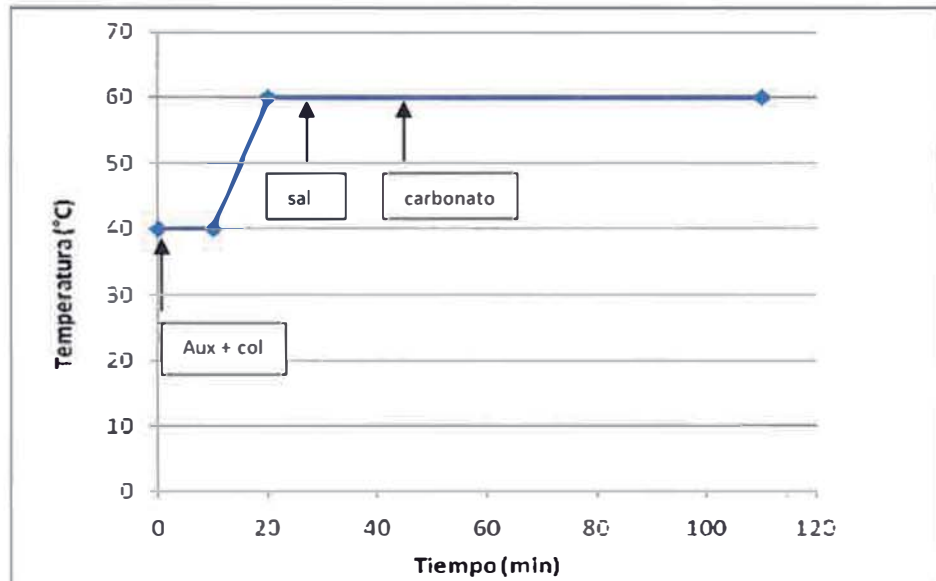
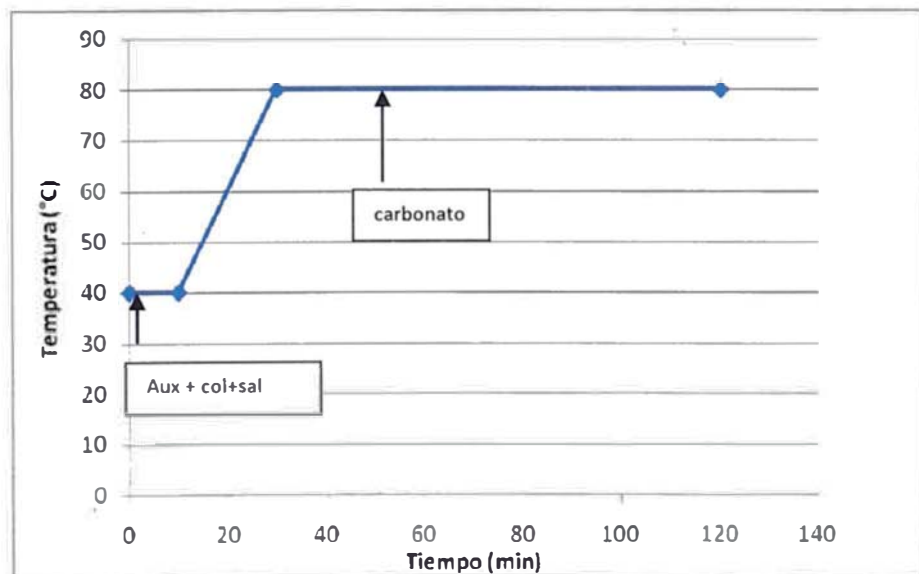
**Monoclorotriazínicos**

Figura 24

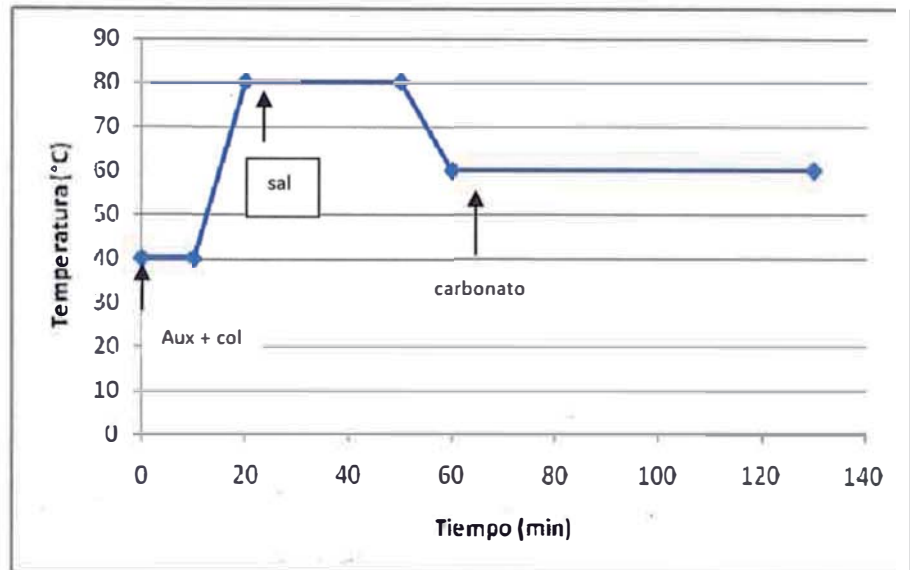
Esquema de teñido con colorantes monoclorotriazínicos



Bifuncionales

Figura 25

Teñido con colorantes bifuncionales.



2.5.2 Mecanismo de tintura

Se realizan mediante 2 métodos: hidrólisis y sustitución, en donde el colorante reacciona con la fibra formando un enlace covalente.

2.5.2.1 Reacciones de hidrólisis y estabilidad

La tintura del colorante reactivo, se lleva a cabo en un medio alcalino, lo cual significa que la reacción será con los grupos OH de la celulosa; pero también hay posibilidades que esta reacción sea con las OH presentes en el baño de tintura (hidrólisis); este colorante hidrolizado ha perdido su capacidad de formar enlace covalente con la celulosa siendo sin embargo absorbido como un colorante directo de mayor o menor afinidad, pero con solidez al lavado muy inferiores a las del colorante fijado covalentemente.

Los mecanismos pueden ser:

Fijación.



Unidad de colorante fibra.

Hidrólisis.



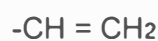
Es necesaria también la interacción de los colorantes reactivos y la celulosa, la celulosa es un polialcohol, cuya molécula esta compuesta por un gran número de celubiosas que se repiten.

La celubiosa es a su vez, la unión de los unidades B-glucosa. Como podemos observar en cada unidad de glucosa hay 3 grupos OH disponibles, uno primario (carbón 6) y dos secundarios (carbono 2 y 3). La reacción con el colorante ocurre predominante en el grupo OH primario y luego en los OH de los carbonos 2 y 3.

2.5.2.2. Reacciones de adición y sustitución

Reacción de adición.

Posee como parte reactiva una serie de sistemas alifáticos que tienen una propiedad especial. En presencia de álcali poseen una llamada doble unión activada.

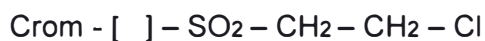


Representa la verdadera parte reactiva. Entre los grupos más representativos tenemos:

Sulfato etil sulfona.



Cloro etil sulfona.



Que en presencia de álcali generan las vinisulfonas .



Crom - []- es la parte cromófora mas eslabón puente.

Esta estructura $-\text{SO}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$ es la vinsulfona no saturada con la doble unión $-\text{CH} = \text{CH}_2$. Los colorantes de este tipo se denominan vinisulfónicos.

En una doble unión como la descrita, existen electrones de libre movimiento.

El grupo $\text{SO}_2 -$ vecino ejerce una acción atractiva sobre estos electrones, que van a producir una densidad de carga negativa en exceso sobre el átomo de carbono vecino. El otro átomo de carbono de la doble unión, queda deficiente de electrones y por lo tanto con una carga positiva en exceso.

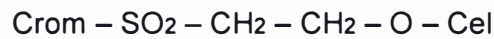
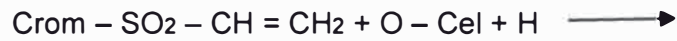


Este grupo así polarizado es la llamada doble unión activada. Los colorantes de este tipo reaccionan en medio alcalino con la celulosa, ya que en dicho medio esta se ioniza produciendo un anión.

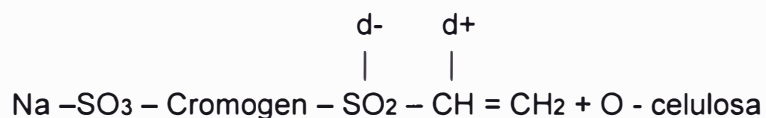


La fibra con una carga negativa será entonces nucleofílica, es decir necesita una carga positiva para alcanzar un estado de electronegatividad. Por lo tanto, la reacción con

un colorante vinisulfónico se produce sobre el lado positivo de la doble unión activada, de acuerdo al siguiente esquema de reacción.



Este tipo de colorantes queda unido a la fibra mediante una unión de éter (representado en el esquema - O -).

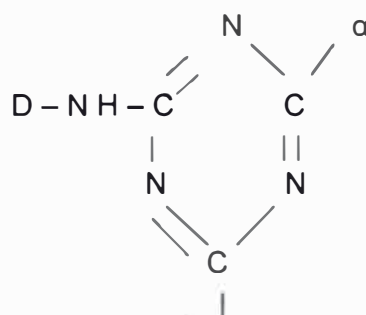


Mecanismo de sustitución.

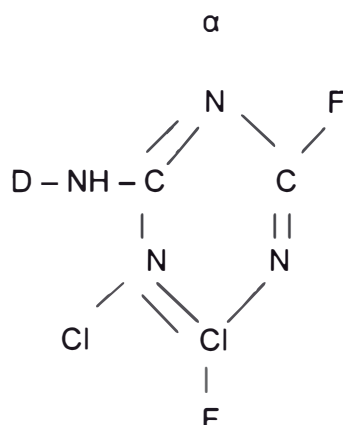
Pertencen la mayor parte de los colorantes reactivos que actualmente se encuentran en el mercado.

Los grupos reactivos consisten en sistemas de anillos heterocíclicos con hasta tres átomos de nitrógeno.

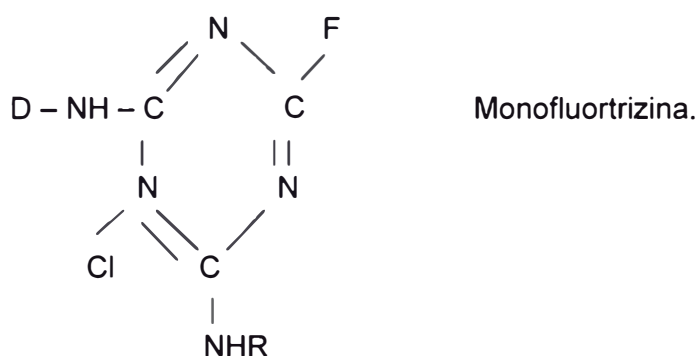
Las estructuras características de estos colorantes son las que se dan a continuación:



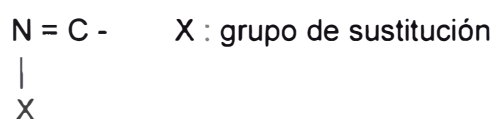
Diclorotriazina



Difluoromonocloropirimidina.

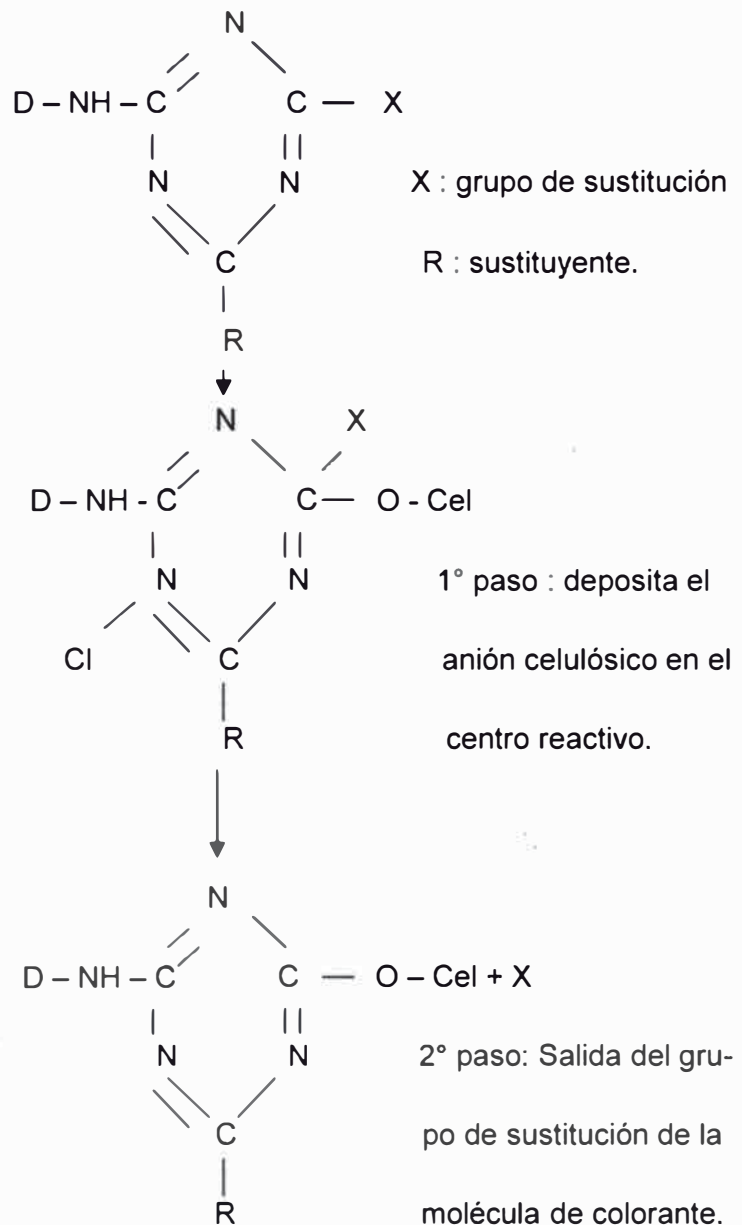


El principio general de constitución es la presencia de un anillo heterocíclico que ocurre por lo menos una vez en la siguiente estructura:



Tomamos como ejemplo al anillo de triazina. En dicho anillo se encuentra un determinado número de electrones de libre movimiento. Estos electrones no están uniformemente distribuidos sobre los distintos componentes, sino que tienen preferencia por el átomo de nitrógeno, razón por la cual queda en los átomos de carbono una carencia de carga negativa, es decir se positivizan.

Cuanto mas positivo es el carácter de estos átomos de carbono tanto mas afinidad tendrá por ellos el anión celulósico (CelO), es decir que aumenta la reactividad del colorante con la fibra.



2.5.3 Proceso de teñido:

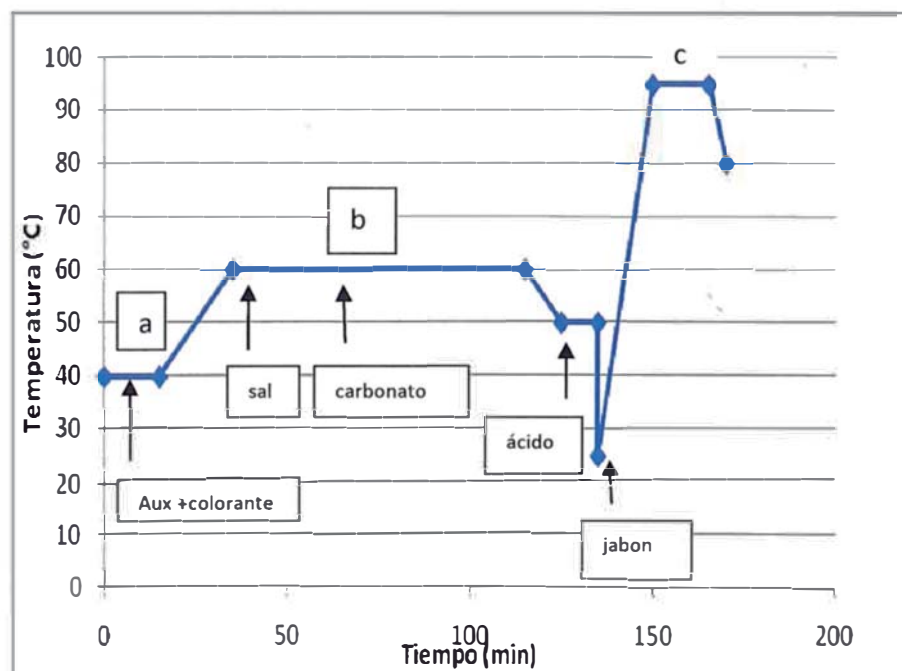
Tiene lugar en tres etapas:

- Absorción del colorante por la fibra en medio neutro y con adición de electrolito, seguida de una absorción en medio alcalino que es simultaneo con la reacción.
- Reacción del colorante en medio alcalino, con los grupos hidroxilo de la celulosa y del agua.
- Eliminación del colorante hidrolizado y por lo tanto no fijado covalentemente en la fibra celulósica.

Curvas de agotamiento, fijación y eliminación del colorante no reaccionado (se aprecia en la figura 26).

Figura 26

Proceso de teñido



a. Fase de absorción.

b. Fase de reacción.

c. Fase de eliminación del colorante no reaccionado.

a. Fase de tintura neutra: absorción.

Es la primera etapa de la tintura reactiva, en esta fase, el colorante reactivo no sufre ninguna descomposición produciéndose tan solo la difusión hacia el interior de la fibra.

En la absorción influyen los siguientes parámetros:

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

b. Fase intermedia alcalina: absorción y reacción.

La absorción en esta etapa se consigue el equilibrio a pH neutro, los procesos que ocurren son casi enteramente físicos, porque las concentraciones de iones oxhidrilo celulosato son extremadamente bajas. Sin embargo cuando agregamos el álcali al baño de tintura, el colorante absorbido reacciona con la celulosa a una velocidad sustancial, debido al aumento de concentraciones de iones celulosato.

Estos actúan como reactivos nucleofílicos y van a atacar un átomo de carbono del colorante, deficiente de electrones (electrofilico), mediante una reacción de sustitución nucleofílica.

Debemos recordar que los tres factores más importantes que pueden influir sobre el comportamiento tintóreo son:

La velocidad de difusión del colorante dentro de la celulosa.

La afinidad del colorante por la celulosa, la reactividad química del colorante.

c. Fase final: eliminación del colorante hidrolizado.

La etapa final consiste en la eliminación del colorante hidrolizado, por medio de un lavado final, a fin de obtener una tintura con altas solideces húmedas.

En la fase final de colorante hidrolizado se encuentra en dos formas distintas, una se halla disuelto en la fase acuosa (Col - OH), con lo cual su eliminación se reduce al vaciado de baño de la fibra con el arrastre consiguiente del colorante.

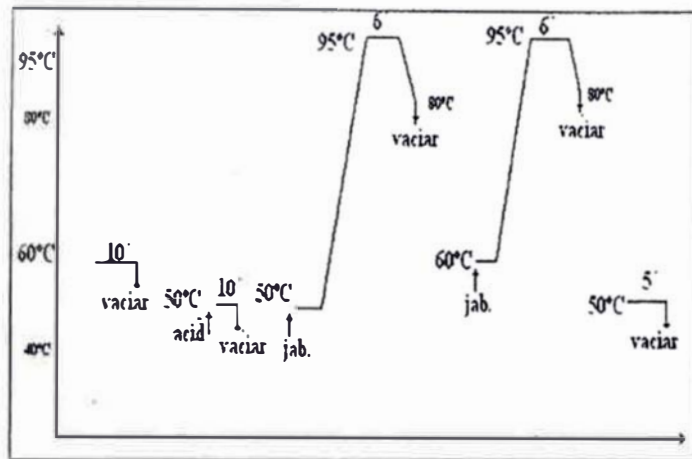
Y la otra forma, el colorante se encuentra absorbido por la fibra y en este caso puede ser mas difícil de eliminar cuando mayor sea su afinidad por la fibra. La situación de este equilibrio depende de tres factores: afinidad del colorante, electrolitos y temperatura.

La presencia de electrolitos en el agua de lavado, da lugar a un aumento de afinidad del colorante hidrolizado dificultando en extracción, por lo que debe evitarse el uso de aguas muy salinas.

A continuación en la figura 27, mostramos el esquema de los procesos de enjuague, neutralizado y jabonado para los teñidos.

Figura 27

Curva de enjuague, neutralizado, mas jabonado de un color oscuro.



2.5.4 Factores importantes en la tintura de colorantes reactivos.

En todo teñido con colorantes reactivos es importante tener en cuenta una serie de parámetros, los cuales se detallan a continuación.

- **Reproducibilidad.**

Para obtener un teñido reproducible, es necesario controlar los siguientes:

- ✓ Calidad de suministro de agua.
- ✓ Preparación del sustrato.
- ✓ Capacidad de teñido del sustrato.
- ✓ Peso del sustrato.
- ✓ Pesaje de colorantes y productos químicos.
- ✓ Método de dispersión para colorantes y productos químicos.
- ✓ Selección de colorantes.
- ✓ Estandarización de colorantes.
- ✓ Contenido de humedad del sustrato al pesarlo.
- ✓ Aditivos de baños de tintura.

- ✓ Relación de baño.
- ✓ pH del baño de tintura.
- ✓ Flujo de la máquina y secuencia inversa.

- ✓ Perfil del tiempo/temperatura.

La selección de colorantes apropiados puede contribuir de manera considerable a la reproducibilidad del proceso de teñido. A este respecto, los colorantes deben ser seleccionados por su compatibilidad, solidez y estabilidad al aplicarse en mezclas.

- **Compatibilidad de los colorantes.**

La compatibilidad de los colorantes con curvas espectrales similares, cuando son usados en combinaciones, asegura que los tres colorantes migren y se fijen cómo un sólo colorante, manteniendo un ángulo de tonalidad durante todo el proceso. Esto contribuye tanto a la igualación como a la reproducibilidad de matices.

- **Calidad de los colorantes.**

Uno de los factores que ha hecho referencia a la economía del teñido, es el paso a calidad superior y, en particular, a requerimientos de alta solidez. Esto depende del balance de solidez de tres colores y da la estabilidad del enlace químico entre el colorante y la fibra.

- **Relación de concentraciones de electrolitos.**

Una concentración incrementada de sal produce un aumento en el valor de esta relación, el cual contribuye, a su vez, a un incremento tanto en la eficiencia como en la velocidad de reacción. A medida que el proceso de teñido avanza, la concentración de colorante sobre la fibra aumenta. Pero en una concentración de sal de 0.1 mol/l, esto ocasiona una fuerte disminución en la relación, lo cual significa que la eficiencia decrece y la velocidad de reacción disminuye a medida que el proceso de teñido avanza.

- **Efecto del pH sobre la relación de sustentividad.**

De este modo, un incremento en el pH superior a 11 reduce la eficiencia de fijación si otras condiciones de baño de tintura permanecen inalterables, y el efecto sobre la velocidad de fijación no tiene nunca la dimensión que podría preverse a partir del cambio resultante en la reactividad. Si, por alguna razón, es necesario utilizar un pH mayor a 11, el efecto adverso sobre la relación de sustentividad puede minimizarse incrementando la concentración electrolítica, aunque esto no eliminará nunca el efecto en su totalidad.

Puede que el uso de tales cantidades elevadas de electrolitos no sea recomendable desde el punto de vista del costo y la inconveniencia, o sea imposible debido a la agregación o precipitación del colorante.

- **Efecto de la concentración de colorante sobre la sustentividad.**

A medida que la cantidad de colorante aplicado aumenta con la concentración electrolítica constante, la relación de sustentividad disminuye y, por consiguiente, la eficiencia de fijación y la velocidad de desaparición del colorante reactivo se reducen.

Para una afinidad dada, el efecto es más fuerte mientras mayor es la basicidad del colorante. De este modo, los tonos más intensos requerirán más tiempo para completar la reacción e, incluso, luego del resultado, en términos de fijación de porcentaje, serán inferiores.

- **Efecto de la temperatura sobre la relación de sustentividad.**

Este efecto depende esencialmente de la temperatura de teñido del colorante, puede haber una variación considerable de un colorante a otro. En consecuencia, los colorantes de

mayor sustentividad se difunden más lentamente que los colorantes de menor sustentividad.

- **Relación de baño.**

El aumento de la relación de baño significa que para una intensidad de color dada, se debe incrementar la concentración de colorante. Esto quiere decir que la relación de sustentividad disminuirá.

- **pH.**

Es necesario controlar y entender la importancia del pH, en todas las etapas de la tintorería, y tomar medidas a fin de evitar los problemas que puedan presentarse durante el acabado o en las etapas de proceso.

La celulosa actúa como un ácido débil (mediante la ionización del grupo hidroxilo primario) y tiene una constante de disociación (a 25°C) de 1.8×10^{-14} . La velocidad de fijación se incrementa con el aumento de pH y temperatura pero en cierto pH la relación de sustentividad comienza a disminuir; de modo que aunque pueda alcanzarse rápidamente el nivel de fijación final, ya no está en el nivel óptimo alcanzable.

- **Temperatura.**

El incremento de la temperatura reduce el valor de la relación de sustentividad y aumenta la reactividad; ambos efectos reducen la eficiencia, el aumento de la temperatura en 20°C produce un incremento en la reactividad de seis a siete veces.

2.6. COLORIMETRÍA.

El color lo encontramos desde las pinturas rupestres y las cerámicas egipcias, ya Aristóteles define el color como una propiedad de la luz y los objetos que aparecían coloreados debido a que contaminaban la luz por la absorción. Los objetos imponen negrura a la luz blanca y de la calidad de esta negrura resultan los diferentes colores y esto es la absorción selectiva.

Newton elabora una teoría físico-matemática que explicaba la naturaleza de los colores, además observo que la luz solar se descomponía en luces de diferentes colores mediante su dispersión a través de un prisma, planteando la necesidad de una tercera dimensión para medir el color, claridad y oscuridad.

Propiedades.

El color es la luz percibida por un observador que ha sido modificada por un objeto. Este depende de un objeto, luego objetos diferentes tienen diferentes colores.

El color depende de una fuente de luz, lo cual significa que un objeto tiene diferentes colores bajo distintas luces.

El color depende del observador, el mismo objeto tiene diferentes colores para diferentes personas.

Para la evaluación de un color en forma visual se necesita:

Observadores para ver lo mismo.

Condiciones de visión consistentes, esto supone la iluminación y un ángulo de visión determinado, lo que se logra en las cabinas de luces donde encontramos las fuentes de iluminación primaria y fuentes secundarias, un ángulo de visión de 45° y el interior de la cabina de un tono gris, medio.

Un lenguaje común para expresar y clasificar colores.

Estar motivados.

Para una comunicación adecuada de color debemos aceptar que los humanos tienen memoria variable, pobre, general y siempre tienen que pensar y ver, en comparación a los instrumentos de medición que tienen memoria almacenable, repetible, preciso que pueden medir y calcular, luego, el uso de instrumentos de medida de color es muy importante como ayuda al ojo humano.

Hay tres dimensiones en el color, estos son atributos del color:

- Matiz.

- Croma.

- Claridad.

El lenguaje natural para describir el color nos lleva a:

- Las palabras para describir un matiz son: amarillo, rojizo, verdoso, azul.
- Las palabras que usa el croma: saturado, opaco, intenso, colorido, pálido, pastel, vivido.
- Las palabras de claridad: claro, oscuro, brillante, débil.
- En apariencia son: brillante, mate, opaco, translucido, rugoso, liso, suave, metálico, graneado.

Sistemas de ordenamiento del color.

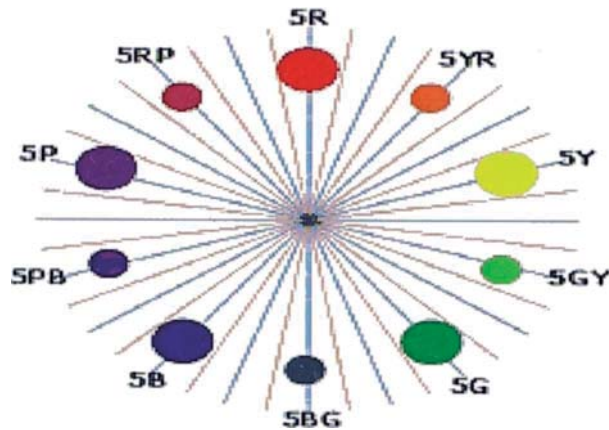
Sistema Munsell, desarrollado en 1920 por Albert Munsell, nos habla de un espacio de color visual, con un mapa de color 3D, basado en los atributos psicológicos de matiz, croma y claridad. Nos entrego una colección de muestras pintadas, ordenadas en espacios iguales de diferencia de color.

Figura 28

Espacio de color en el sistema Munsell



Figura 29
Círculo cromático de Munsell.



Sistema CIE, esta dado por la comisión internacional de iluminación, es un sistema derivado matemáticamente esta basado en descripciones numéricas:

- Fuentes de luz.
- Objetos.
- Observadores.

Si analizamos la fuente de luz, sabemos que la luz es energía, entonces es radiación electromagnética que son diferenciados por su frecuencia o longitud de onda. Nuestros ojos pueden detectar solo una pequeña porción del espectro electromagnético.

Las longitudes de onda de la luz visible son medidas en la mil millonésima parte de un metro o nanómetro, desde los 400 a los 700 nm.

Los diferentes colores de luz contienen energías y ocupan diferentes longitudes de onda, por ejemplo los focos de luz incandescentes emiten más longitud de onda de luz roja, las lámparas fluorescentes, emiten fuertemente a pocas longitudes de onda, la luz del sol es una fuente más uniforme.

Una fuente de luz es un objeto físico capaz de producir luz y un iluminante es un conjunto de números estándar, los cuales pueden o no representar exactamente una fuente de luz física.

Metamerismo, es una palabra que se usa a menudo para describir el cambio de color de un objeto al ser observado bajo diferentes luces.

Esta presente cuando dos objetos, lucen iguales bajo una condición de Iluminación y diferentes al cambiar de iluminación, debido:

Los objetos tienen curvas espectrales diferentes.

A partir de más de dos cruces entre las curvas.

En términos calorimétricos, el metamerismo está presente cuando los valores triestímulos son idénticos en un iluminante y diferentes en otro iluminante.

Curvas espectrales.

De la misma forma que definimos luz, mediante una distribución de energía espectral, podemos definir la luz reflejada o transmitida por un objeto. Estas no cambian con la fuente de luz u observador. Representa un objeto único. Son similares a una huella digital o a una firma, entonces objetos diferentes tienen curvas espectrales diferentes y estos pueden ser identificados mediante su curva espectral.

El observador estándar CIE, ha variado de 1931 a 1976, se concluyó que no hay observador estándar, y se seleccionó un nuevo sistema de primarios imaginarios (x,y,z), y fue designado para representar la respuesta total del ojo-cerebro a la luz.

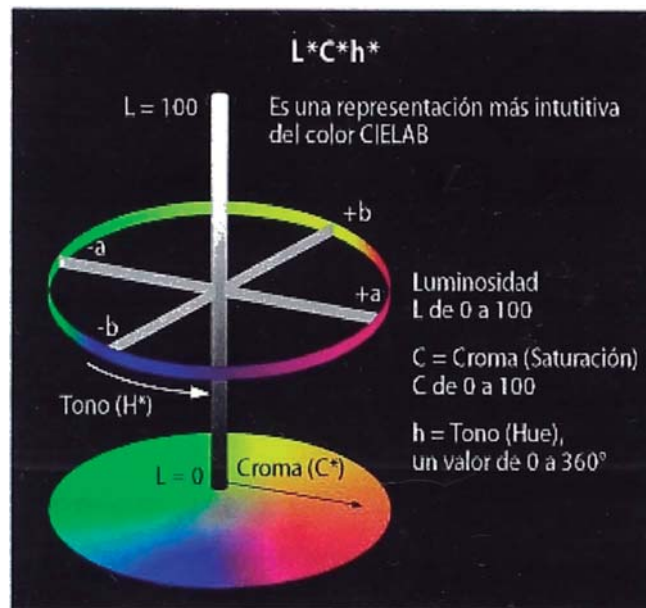
Como una percepción de color, los valores X,Y,Z, son específicos a un iluminante y observador particulares, luego estos valores forman la base la mayoría de la colorimetría basada en CIE. Estos son calculados multiplicando los datos del iluminante, objeto y observador, a cada longitud de onda, y sumando los resultados.

Los valores X, Y, Z, son números que describen la cantidad de rojo, verde y azul que refleja un objeto, bajo las condiciones iluminante y observador definidos, estos valores pueden variar entre 0 y 100, desde el negro al blanco.

Finalmente tenemos el Diagrama de Cromaticidad CIE basados en valores X Y Z, que combinan los efectos de luz, objeto y observador en un modelo numérico de la percepción del color.

Figura 30

Diagrama de cromaticidad CIE LAB.



Medida del croma de un color:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Llamada C^* es la distancia desde el centro de la carta a^*b^* al color, los colores de bajo croma son grises, el valor es un poco mayor a 0, y los colores de alto croma están entre 70-90.

Diferencias de color.

La diferencia del color entre dos colores, es la medida principal para la mayoría de las aplicaciones de color industrial.

La percepción visual puede determinar la dirección de una diferencia, pero usualmente no la magnitud. Se usa la colorimetría para cuantificar las diferencias de color usando mediciones de espectro, estas diferencias son usadas para las aplicaciones de control de calidad, formulación y corrección.

Estas diferencias de color son referidas a valores delta E (dE) o números.

Los lotes son comparados contra estándares.

$dL^* = L^* \text{ lote} - L^* \text{ estándar}$ (+ es mas claro)

$da^* = a^* \text{ lote} - a^* \text{ estándar}$ (+ es mas verde, menos rojo)

$db^* = b^* \text{ lote} - b^* \text{ estándar}$ (+ es mas amarillo, menos azul)

$dE = \sqrt{dL^*^2 + da^*^2 + db^*^2}^{1/2}$ (no tiene dirección).

Las tolerancias son fijadas por los clientes, debemos considerar que el color del producto es importante para el cliente, el color de producto no es fácil de reproducir y si esta fuera de tono va a afectar al costo, luego ambas partes deben concordar en las tolerancias de aceptabilidad para cada color.

Diferencia de color CMC.

CMC, se baso en un amplio estudio de la aceptabilidad visual de las diferencias de color en todas las regiones del espacio de color. Las ecuaciones de CMC utilizan los valores CIE lab L^* , C, h de un color estándar para determinar las longitudes de los semiejes de un elipsoide que contiene todos los colores que se verían visualmente aceptables cuando se comparan al estándar.

La clave en CMC es que los elipsoides de aceptabilidad varían en tamaño y forma dependiendo del área del espacio de color en el cual cae el estándar.

CMC, permite que el espacio de color CIE lab visualmente no uniforme sea dividido visualmente en elipsoides uniformes para cada punto en el espacio de color.

Las ventajas de CMC es que permiten que las muestras sean estudiadas contra un estándar o controladas con el mismo número de tolerancia para todos los colores.

Espectrofotómetro. Se usa como instrumento de medición del color es muy frecuente y esta anexo a programas computarizados de manejo de colorantes para resolver los problemas básicos como es encontrar una receta para un color y el control de calidad de los materiales teñidos. El uso de estos instrumentos nos da ventajas en este mundo competitivo ya que podemos tener toda la información sobre la calidad del control de color en una pantalla. Pudiendo optimizar la calidad del control del color con minoristas, mediante un control de calidad eficiente y objetivo.

Figura 31
Espectrofotómetro Data Color.



2.7 SOLIDEZ

La solidez es la resistencia que presenta el tejido teñido a variar o perder su color al ser sometida a la acción de un determinado agente, pudiendo dar lugar a la degradación del color y/o descarga sobre otros textiles.

Tendencia de los requerimientos de solidez. La demanda de una mayor solidez al lavado ha ido incrementándose paulatinamente, tanto a nivel del consumidor y (por lo tanto) en los casos de venta al detalle.

Por una parte, esto se debe a una mayor conciencia del consumidor, y por otra, debido a la tendencia de que las prendas deben requerir los cuidados mínimos. A medida que los programas de lavado del consumidor se orientan hacia temperaturas bajas de lavado, la formulación de detergentes caseros ha dado origen a una nueva generación de detergentes más poderosos y sofisticados que contienen sistemas de blanqueo activado.

Tendencia hacia la solidez a la luz con sudor. Hoy en día, las actividades al aire libre son cada vez más populares. Pero la mayoría de los colorantes reactivos sobre ropa deportiva van a ser seriamente destruidos por la luz solar y producir obviamente una degradación del color, con la impregnación de sudor.

El problema podría venir de una acción complejante o del ataque de metales producidos por los aminoácidos contenidos en el sudor humano, cuando es acompañado por la exposición a la luz.

Factores que afectan las solidezces.

El colorante. La estructura química de un colorante es fundamental para las propiedades de solidez. Así incluso dentro de una misma familia, los compuestos más insolubles, son más sólidos a los tratamientos húmedos, los que están en forma más oxidada, resisten mejor a los oxidantes, los que contienen átomos de cloro, son sólidos a los tratamientos de blanqueo por hipoclorito, etc.

La forma física del colorante, ósea su estado de agregación, también tiene influencia; se admite, por ejemplo, que una tintura de una misma fibra es más sólida a la luz cuanto mayores son los agregados moleculares del colorante en su interior.

La adecuada eliminación del colorante hidrolizado que se encuentra en la superficie del tejido nos brinda una buena solidez al lavado. La defectuosa aplicación del colorante merma sus solidezces finales.

Solidezces de la unión química colorante-fibra. En realidad cada grupo reactivo tiene sus características particulares que a veces se hacen notar en casos específicos únicamente, cuando se requiere solidezces especiales para un uso determinado. Es conocido que la estabilidad de

la unión química fibra-colorante no es perfecta y debido a la hidrólisis ácida o alcalina las solideces de la tintura se deterioran con el tiempo.

Causas de una hidrólisis acida.

Neutralización insuficiente después del mercerizado.

Uso de un catalizador extremadamente ácido durante el acabado.

Aplicación de agentes suavizantes bajo condiciones anormales ácidas.

Sudor ácido.

Liberación de sustancias ácidas, durante el almacenamiento.

Causas de una hidrólisis alcalina.

Condiciones de fijación inadecuada (tiempo de fijación prolongada, condiciones de pH y/o temperaturas demasiado elevadas).

Matizados prolongados o repetitivos.

Lavado a una temperatura superior a 70 C antes de la eliminación total del álcali.

Mercerizado posterior del artículo ya teñido.

Lavado repetido con detergente tradicional a temperaturas superiores a 60°C.

Clases de solideces.

Los distintos agentes que pueden producir alteraciones en el color de los textiles se pueden agrupar desde varios puntos de vista:

Los que actúan normalmente durante el proceso de manufactura (lavado, blanqueo, mercerizado, carbonizado, etc.).

Los que actúan sobre la vida activa del genero (su uso): luz, lavado, agua, agua de mar, sudor, frote, planchado, etc.

En junio de 1978, en su reunión de Otawa, la ISO (Organización Internacional de Normalización) realizo una clasificación para archivo en ordenador.

Grupo A.- Principios generales.

Grupo B.- Solideces de las tinturas a la luz y a la intemperie.

Grupo C.- Solideces de tintura al lavado.

Y así tenemos para todos los agentes que hay.

2.8 MAQUINARIA.

Los pretratamientos y teñidos se realizaron en máquinas overflow, que son para el tratamiento del tejido en cuerda con baño y fibra en movimiento, con estructura y relación de baño muy parecidos al de un jet. La diferencia sustancial con el jet, radica en el deslizamiento del tejido, esta dado por los cilindros de arrastre y también en parte por el flujo de baño. La tobera del jet esta basado en el principio de Venturi (transporte de tejido a través de cilindros por medios hidráulicos).

El sistema de transporte permite un mayor intercambio entre el baño de tratamiento y el tejido gracias al dimensionamiento adecuado de los cilindros de arrastre, de la tobera flow-jet, de los tubos de transporte del tejido, de los barcos de depósito y separación tejido/baño, obteniéndose mejores resultados sin tensiones o abrasiones.

La velocidad del movimiento del tejido es regulada por la velocidad de los cilindros de arrastre y por la cantidad de agua que la bomba alimenta a la tobera, siendo su rango: 60 – 450 m/min.

La máquina cuenta con un equipo motor/bomba, intercambiador de calor y filtro, que se utiliza para recircular el agua y calentarla, la cual tiene por misión mantener a los productos, colorantes que se utilizan en a tintura, en disolución y/o dispersión para transportarlos a los tejidos que se procesan, y al mismo tiempo actúan también como conductor del calor que se necesita para que se realice la tintura. Es muy importante poder controlar el caudal de la bomba de agua, para que sea adecuado a cada tipo de tejido a procesar.

Los tipos de máquinas en las que se realizan los pretratamientos son Brazolli y Mcs.

Máquinas Brazolli. Tienen cuerdas individuales esta en contacto el baño y la tela (tela en movimiento y baño estático).

Máquinas Mcs. Poseen una sola cuerda tubular, es más rápido que la Brazzoli convencional, el tiempo está determinado en lisos.

Figura 32

Esquema interno del funcionamiento de la máquina Brazzoli.

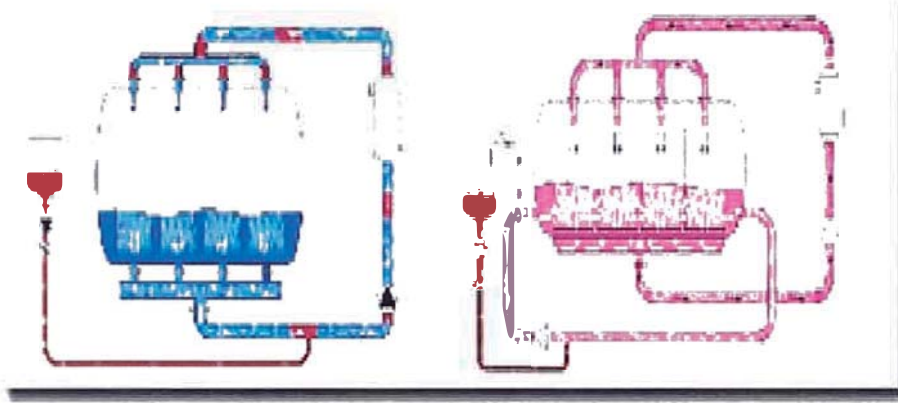


Figura 33

Máquina Brazzoli



III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIA PRIMA

3.1.1 Colorantes

Se usaron diversas familias de colorantes reactivos, los cuales se detallan a continuación en la tabla Nro. 3.

Tabla Nro.3

Colorantes usados en el teñido

FAMILIA	COLORANTES
Remazol.	Remazol amarillo oro RGB. Remazol marino RGB. Remazol rojo intenso RGB. Remazol azul RGB. Remazol amarillo brillante 3GL. Remazol amarillo brillante 4GL. Remazol turqueza G133%. Remazol rojo RGB gran.
Drimaren.	Drimaren amarillo CL-2R. Drimaren rojo HF-6BL. Drimaren azul marino HF-GN. Drimaren turquesa CLB.
Novacron.	Novacron amarillo FN-2R. Novacron rojo FN-2BL.

	Novacron rojo W-3BS. Novacron rojo H-BL. Novacron negro W-NN. Novacron amarillo brillante H-4GN.
Bezaktiv.	Bezaktiv violet V-5R.
Levafix.	Levafix rojo brillante E-6BA. Levafix azul CA.
Procion.	Procion fast red HEXL. Procion navy HEXL. Procion ambar HEXL. Procion fast blue HEXL.

3.1.2 Productos químicos

En los procesos de pretratamiento y teñido se utilizan insumos químicos, los cuales presentamos en la tabla Nro. 4.

Tabla Nro.4

Productos químicos usados en el proceso de pretratamiento.

NOMBRE	DESCRIPCION	USO
Felosan FN.	Detergente.	Actúa bajando la tensión superficial del baño.
Idrosolvan PC.	Desengrasante.	Remueve las impurezas como grasas, gomas, pectinas y suciedad.

Sequion M200.	Secuestrante.	Forma compuestos complejos solubles en agua, con los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} para separar a estos metales.
Dyelube NF.	Antiquebre.	Tiene un alto poder lubricante que ayuda a disminuir arrugas sobre el tejido.
Agua oxigenada al 50%.	Agente blanqueador.	Ejerce la acción blanqueadora con ayuda de la soda cáustica.
Soda cáustica.	Agente saponificador.	Tiene la propiedad de hinchar la fibra de algodón, para que pueda limpiarse totalmente y remover las impurezas como grasas y ceras.
Sequion AF.	Desmineralizador.	Frena la descomposición catalítica del H_2O_2 , evitando así su reacción con los iones alcalinos térreos.
Acido acético.	Neutralizante.	Regula de pH del baño (alcalino a neutro).
Cht catalase BF.	Enzima (catalasa).	Elimina el peróxido de hidrogeno residual.
Megafinish UL.	Enzima (celulasa).	Realiza una hidrólisis controlada a las fibras celulósicas, teniendo un efecto "antibolitas", dejando la superficie sin pelusilla y suave.
Tanex GO/D	Producto multifuncional.	Zeolita activada, con propiedades de detergente y secuestrante.

En el teñido se usa productos diversos, señalados en la tabla Nro 5.

Tabla Nro.5

Productos usados en el proceso de teñido

NOMBRE	DESCRIPCION	USO
Goldperse NG.	Producto multifuncional.	Ayuda a controlar la dureza del agua.
Permusin DNMS.	Dispersante.	Evita la precipitación de colorantes e insumos químicos durante el teñido.
Cloruro de sodio.	Electrolito.	Da la carga negativa a la celulosa para el enlace covalente en el teñido.
Sulfato de sodio.	Electrolito.	Usado en colores especiales que requieren dureza mínima.
Carbonato de sodio.	Álcali.	Da el medio básico para la reacción química entre la celulosa y el colorante.
Soda caústica.	Álcali.	Similar al carbonato de sodio, usado para colores intensos.
Solopol AC.	Emulsificador.	Se usa en las jabonados, elimina el colorante residual o hidrolizado que no fue absorbido en la fibra.
Dyelube NF.	Antiquebre.	Disminuye la formación de arrugas que se podrá formar especialmente en el jabonado.

3.1.3 Sustrato

Durante las pruebas experimentales, se utilizaron fibras de algodón como el rib 1*1 30/1 sjv y el jersey 60/1 pima.

- Rib 1*1 30/1 sjv. Se le somete a los pretratamientos convencional, propuesto y sin antipilling, realizados en la tintorería: máquinas Brazzoli y Mcs. El teñido es en máquina de laboratorio (starlet).

- Jersey 60/1 pima. Es usado para el pretratamiento propuesto y teñido posterior en la tintorería. Es de una orden de producción del cliente Victoria Secret.

Tabla Nro 6.

Sustratos usados y sus aplicaciones.

SUSTRATO	PLANTA	LABORATORIO
Rib 1*1 30/1 sjv.	Pretratamiento (convencional, propuesto, sin antipilling).	Teñido (método convencional, propuesto, sin antipilling).
Jersey 60/1 pima.	Pretratamiento (propuesto). Teñido (método propuesto).	

Tabla Nro.7

Especificaciones de los sustratos usados.

ARTICULO	RIB 1*1 30/1 SJV	JERSEY 60/1 PIMA
Densidad :	190 gr/m ²	80 gr/m ²
Encogimiento :	L:8	L: 13
	A : 8	A: 13
Ancho :	78	174
GG :	18	32
LM :	2.6	2.25

Nota: El tipo de algodón SJV es del proveedor San Joaquin Valera.

3.1.4 Máquinas y equipos

Se han utilizado en el laboratorio y la tintorería. Los pre-tratamientos se hicieron en la tintorería, mientras que los teñidos se hicieron en laboratorio y planta. A continuación se muestran, en la tabla Nro 8, las máquinas y equipos usados.

Tabla Nro.8

Máquinas y equipos usados.

MAQUINA	MARCA	USO	UBICACIÓN
Teñido en laboratorio.	Starlet.	Es en donde se realizar los teñidos, están formados por una gradilla de 24 tubos en donde se colocan las muestras para ser teñidas, funcionan por convección infrarroja.	Laboratorio.
Foulard.	Heraus.	Están formado por 2 rodillos en donde se exprimen las muestras después de ser teñidas para su secado posterior, trabajamos con presión 3 bar.	Laboratorio.
Secadora.	Heraus.	Se elimina la cantidad de agua en exceso a la temperatura 130°C, funciona a vapor.	Laboratorio.
Teñido en tintorería.	Brazolli y/o MCS.	Son máquinas en las que realizamos los pretratamientos y teñidos,	Planta.

		son de distintas capacidades y trabajan el teñido por agotamiento y cuerda tubular, a diferentes condiciones.	
Espectrofotómetro.	Greta Matchbetch.	Aquí se realizan las mediciones de color, esta anexado a software de manejo de colorantes, resuelve los problemas básicos como es encontrar la receta para un color y el control de calidad de muestras teñidas.	Laboratorio.
Caja de luces.	Greta Matchbetch.	Se determina de manera visual, las características de los colores a evaluar (matiz, intensidad), bajo luz CWF estándar.	Laboratorio.

3.2 PROCEDIMIENTO

Se van a realizar los procesos de la siguiente manera: El antipilling se realiza en la máquina de planta, pues ahí es en donde ejerce mejor acción mecánica, así como los pretratamientos: normal, propuesto y sin antipilling. El teñido es por agotamiento con colorantes reactivos, en máquinas de laboratorio (starlet) y tintotería (Brazzoli y Mcs). Las aplicaciones de teñido en planta son para colores del cliente Victoria Secret. La enzima a usarse es el Megafinish UL (de carácter ácido).

Nota : Llamaremos pretratamiento convencional al blanqueo más antiplilling; pretratamiento propuesto al antipilling más blanqueo. De la

misma manera, método convencional al pretratamiento convencional más teñido y método propuesto al pretratamiento propuesto más teñido, todo esto se indica en la tabla Nro 9.

Tabla Nro.9

Esquema del procedimiento en el presente trabajo

Método	Pretratamiento		
Convencional	Blanqueo	Antipilling	Teñido
	Descrude	Antipilling	Teñido
Propuesto	Antipilling más blanqueo		Teñido
	Antipilling más descrude		Teñido

3.2.1 Pretratamiento

Se realizan en la tintorería el método de pretratamiento convencional y el propuesto.

Se detallan en la tabla Nro 10.

Tabla Nro. 10

Pretratamientos realizados

Convencional	Blanqueo	Antipilling
	Descrude	Antipilling
Propuesto	Antipilling más blanqueo	
	Antipilling más descrude	

A continuación se muestran los procesos de pretratamiento y teñido para una partida de producción:

m = 350 kg

R/B = 1/6

V = 2100 l

pick up = 2.5

3.2.1.1 Blanqueo más antipilling.

El procedimiento se detalla a continuación en la tabla Nro. 11.

Tabla Nro.11

Blanqueo más antipilling

Proceso	Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Blanqueo	Llenamos un volumen de agua .	1900	50	5	5
	Recirculamos auxiliares y el agua oxigenada.	1900	50	5	10
	Dosificamos la soda caústica.	2100	50	10	20
	Subimos la temperatura.	2100	98	19	39
	Mantenemos el blanqueo.	2100	98	30	69
	Enfriamos.	2100	80	7	76
Neutralizado	Cambiamos de baño, llenamos nuevamente.	1025	80	3	79
	Desmineralizamos con sequion AF.	1225	80	10	89
Antipilling	Cambiamos de baño, llenamos nuevamente.	825	80	3	92
	Enfriamos.	825	55	10	102
	Mantenemos la temperatura.	825	55	5	107
	Adicionamos ácido acético y catalase (enzima).	1025	55	5	112
	Medimos el pH.	1025	55	3	115
	Añadimos la enzima (celulasa).	1225	55	5	120
	Realizamos el antipilling.	1225	55	30	150

3.2.1.2 Antipilling más blanqueo.

Este proceso se detalla en la tabla Nro. 12.

Tabla Nro. 12

Antipilling más blanqueo

Proceso	Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Antipilling mas blanqueo	Llenamos un volumen inicial.	1300	40	5	5
	Recirculamos auxiliares.	1300	40	5	10
	Mantenemos.	1300	40	5	15
	Añadimos el ácido acético.	1500	40	5	20
	Subimos la temperatura.	1500	55	6	26
	Medimos el pH.	1500	55	3	29
	Añadimos la enzima (celulasa)	1700	55	5	34
	Mantenemos.	1700	55	30	64
	Adicionamos el agua oxigenada	1900	55	3	67
	Dosificamos la soda caústica.	2100	55	10	77
	Subimos.	2100	98	17	94
	Mantenemos.	2100	98	30	124
	Enfriamos.	2100	80	7	131
Neutralizado	Cambiamos de baño.	1025	80	3	134
	Desmineralizamos con sequion AF	1225	80	10	144

Figura 34

Método convencional: Blanqueo más antipilling

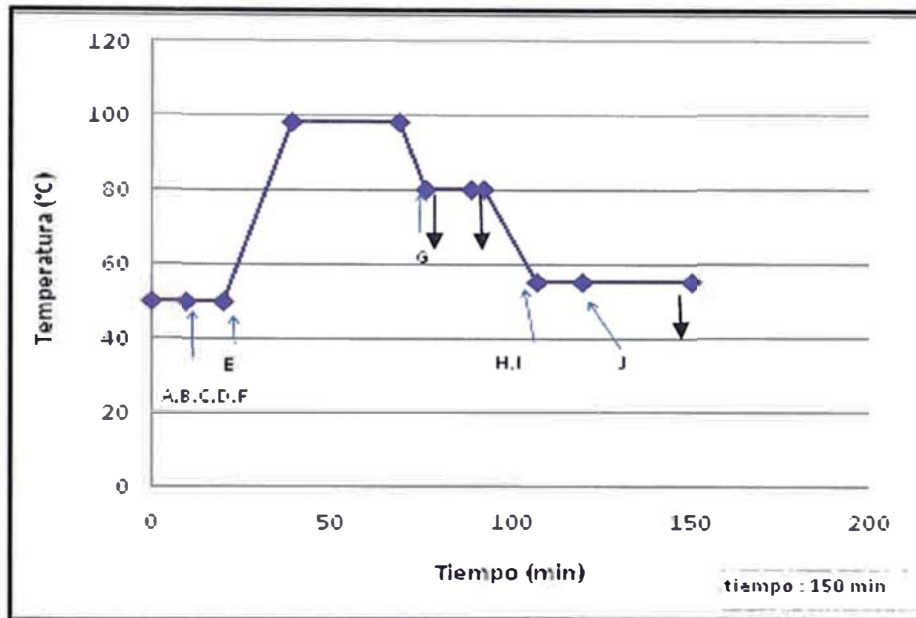
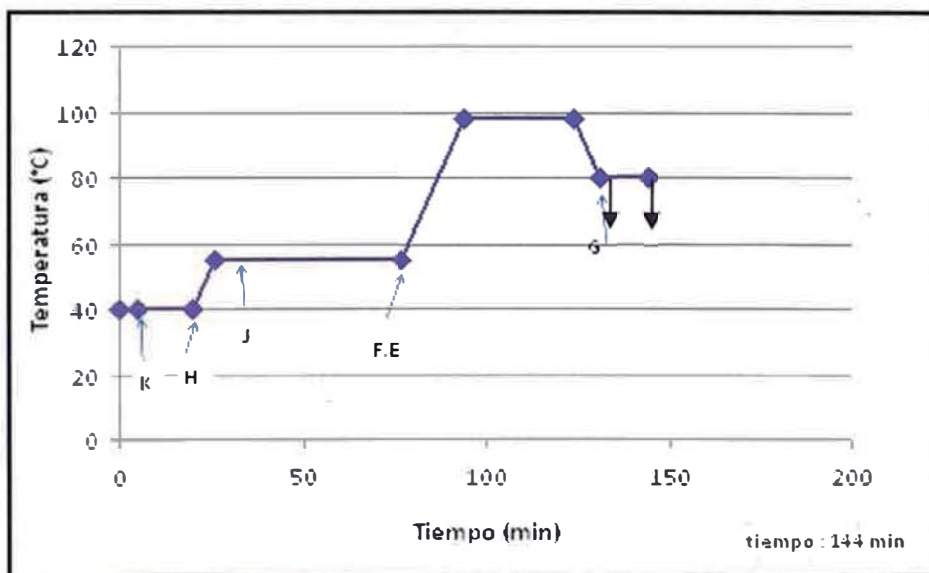


Figura 35

Método propuesto: Antipilling mas blanqueo



- A: Detergente (1 gr/l)
- B: Desengrasante (1 gr/l)
- C: Secuestrante (1 gr/l)
- D: Antiquiebre (1 gr/l)

- E: Soda cáustica 30 Be (8.6 gr/l)
- F: Agua oxigenada 50% (2.5 gr/l)
- G: Sequion af (1.5 gr/l)
- H: Acido acetico (0.7 gr/l)

- I: Enzima: catalasa (0.7 gr/l)
- J: Enzima: celulasa (0.7%)
- K: Tanex (1 gr/l)

Ahorro de tiempo: 6 min

3.2.1.3 Descrude más antipilling

Este proceso se explica en detalle en la siguiente tabla.

Tabla Nro. 13

Descrude más antipilling

Proceso	Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Descrude	Llenamos un volumen de agua.	1900	50	5	5
	Recirculamos auxiliares.	1900	50	5	10
	Dosificamos la soda cáustica.	2100	50	10	20
	Subimos la temperatura.	2100	98	19	39
	Mantenemos el descrude.	2100	98	30	69
	Bajamos la temperatura.	2100	80	7	76
Neutralizado	Cambiamos de baño, llenamos nuevamente.	1025	80	3	79
	Desmineralizamos con sequion AF.	1225	80	10	89
Antipilling	Cambiamos de baño.	825	80	3	92
	Enfriamos.	825	55	10	102
	Mantenemos.	825	55	5	107
	Adicionamos ácido acético.	1025	55	5	112
	Medimos el pH.	1025	55	3	115
	Añadimos la enzima (celulasa).	1225	55	5	120
	Realizamos el antipilling.	1225	55	30	150

3.2.1.4. Antipilling más descruce

El proceso se explica a continuación en la tabla Nro. 14.

Tabla Nro. 14

Antipilling más descruce

Proceso	Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Antipilling mas descruce	Llenamos un volumen de agua	1500	40	5	5
	Recirculamos auxiliares.	1500	40	5	10
	Mantenemos.	1500	40	5	15
	Añadimos el ácido acético.	1700	40	5	20
	Subimos la temperatura.	1700	55	6	26
	Medimos el pH.	1700	55	3	29
	Añadimos la enzima (celulasa).	1900	55	5	34
	Mantenemos.	1900	55	30	64
	Dosificamos la soda cáustica	2100	55	10	74
	Subimos la temperatura.	2100	98	17	91
	Mantenemos.	2100	98	30	121
	Enfriamos.	2100	80	7	128
Neutralizado	Cambiamos de baño.	1025	80	3	131
	Desmineralizamos con sequion AF.	1225	80	10	141

Figura 36

Metodo convencional: Descrude mas antipling

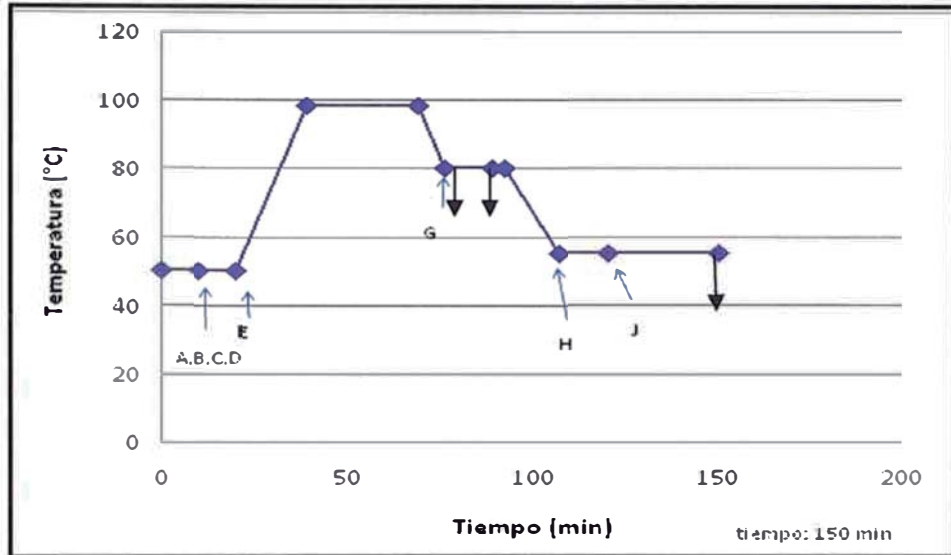
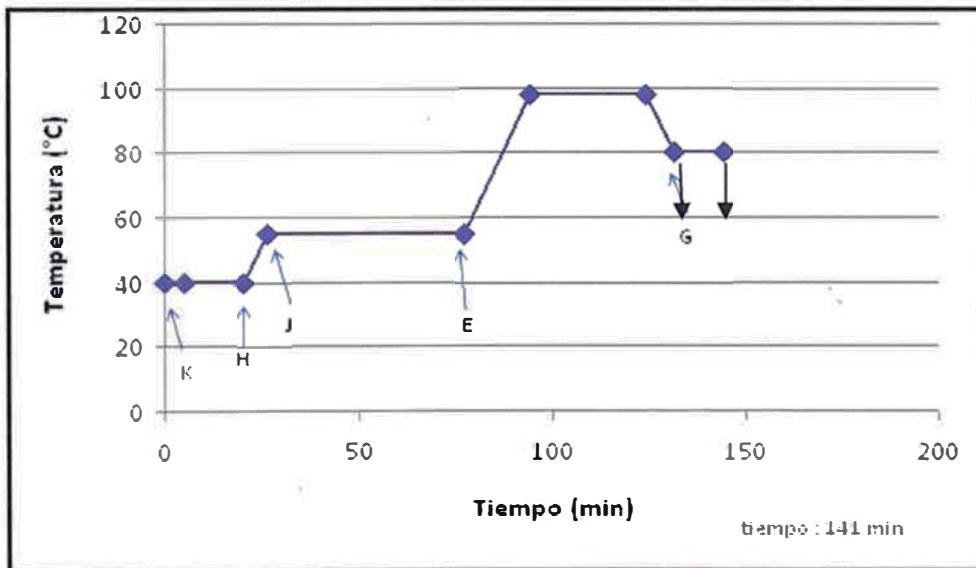


Figura 37

Método propuesto: Antipling mas descrude



A: Detergente (1 gr/l)

B: Desengrasante (1 gr/l)

C: Secuestrante (1 gr/l)

D: Antiquiebre (1 gr/l)

E: Soda cáustica 30 Be (8.6 gr/l)

G: Sequion AF (1.5 gr/l)

H: Acido acético (0.7 gr/l)

J: Enzima celulasa (0.7%)

K: Tanex (1 gr/l)

Ahorro de tiempo: 9 min

3.2.2 Teñido.

Los teñidos fueron realizados tanto en laboratorio y planta en las máquinas respectivas. Se emplean colorantes reactivos por agotamiento con las curvas de teñido respectivas. A continuación se muestran de manera general en la tabla Nro 15.

Tabla Nro 15.

Curva de teñido empleados en el presente trabajo.

FAMILIA	CURVA
Remazol, Novacron, Drimaren	80-60°C
Levafix	60°C
Procion	95°C – 80°C

El procedimiento de cada uno de estos teñidos, se muestra a continuación en las tablas 16, 17 y 18.

Tabla Nro 16.

Teñido a 80 – 60 °C

Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Llenamos un volumen inicial.	625	40	5	5
Recirculamos auxiliares.	625	40	5	10
Mantenemos.	625	40	5	15
Medimos el pH.	625	40	3	18
Dosificamos colorante.	825	40	20	38
Subimos la temperatura.	825	80	16	54
Mantenemos.	825	80	10	64
Dosificamos la primera parte de sal.	1025	80	20	84
Mantenemos.	1025	80	10	94
Recirculamos la segunda parte de sal.	1025	80	5	99
Mantenemos.	1025	80	30	129
Enfriamos.	1025	60	8	137
Mantenemos.	1025	60	10	147
Dosificamos la primera parte de álcali.	1225	60	30	177
Mantenemos.	1225	60	10	187
Mantenemos el agotamiento.	1225	60	60	247

Tabla Nro. 17
Teñido a 95°C – 80°C

Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Llenamos un volumen inicial.	625	40	5	5
Recirculamos auxiliares de teñido.	625	40	5	10
Mantenemos.	625	40	5	15
Medimos el pH	625	40	3	18
Dosificamos el colorante.	825	40	20	38
Subimos la temperatura	825	80	16	54
Mantenemos.	825	80	10	64
Dosificamos la primera parte de sal.	1025	80	20	84
Mantenemos.	1025	80	10	94
Recirculamos la segunda parte de sal.	1025	80	10	104
Mantenemos.	1025	80	30	134
Subimos.	1025	95	6	140
Mantenemos.	1025	95	10	150
Enfriamos.	1025	80	6	156
Mantenemos.	1025	80	10	166
Dosificamos el álcali	1225	80	30	196
Mantenemos el agotamiento.	1225	80	60	256

Figura 38

Curva de teñido 80 °C – 60 °C

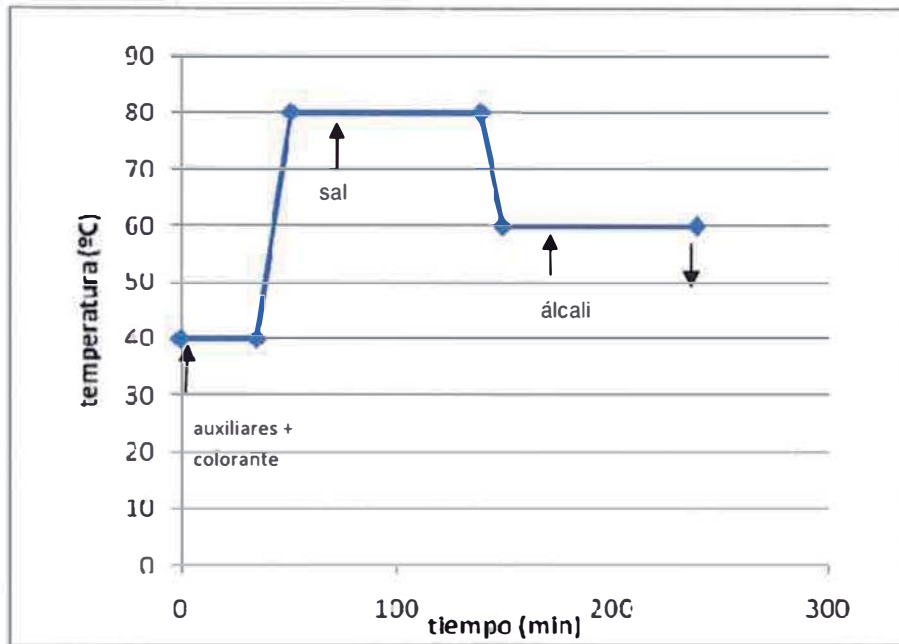


Figura 39

Curva de teñido 95 °C – 80 °C

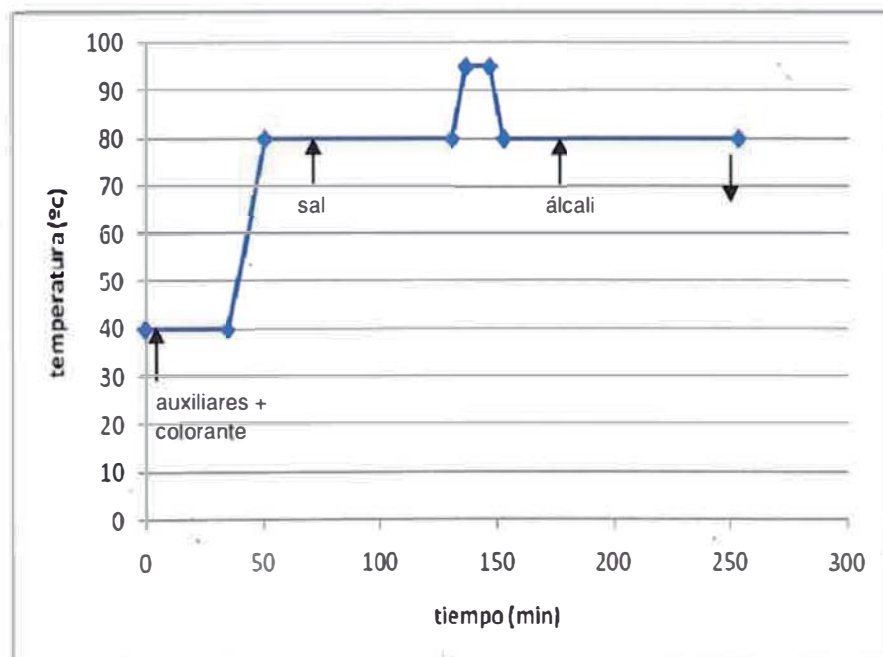


Tabla Nro.18
Teñido a 60 °C

Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
Llenamos un volumen inicial.	625	40	5	5
Recirculamos auxiliares.	625	40	5	10
Mantenemos.	625	40	5	15
Medimos el pH.	625	40	3	18
Dosificamos colorante.	825	40	20	38
Subimos la temperatura.	825	60	8	46
Mantenemos.	825	60	10	56
Dosificamos la primera parte de sal.	1025	60	20	76
Mantenemos.	1025	60	10	86
Recirculamos la segunda parte de sal.	1025	60	10	96
Mantenemos.	1025	60	20	116
Dosificamos el álcali.	1225	60	30	146
Mantenemos el agotamiento.	1225	60	60	206

3.2.3. Enjuague, neutralizado y jabonado.

Luego del teñido reactivo se realizan enjuagues para eliminar la sal, después se neutraliza con ácido acético para bajar el pH alcalino, para después con el jabonado eliminar el colorante que no formó enlace con el algodón. El proceso se muestra en la tabla Nro. 19.

Tabla Nro.19

Enjuague, neutralizado y jabonado

Etapas	Volumen (l)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Tiempo Total
Llenamos un volumen de agua determinado.	825	60	5	5
Enjuagamos constantemente.	825	60	10	15
Cambiamos de baño.	825	60	3	18
Enfriamos.	825	50	4	22
Introducimos ácido acético.	1025	50	5	27
Mantenemos.	1025	50	5	32
Medimos el pH.	1025	50	3	35
Mantenemos.	1025	50	5	40
Cambiamos de baño.	1025	50	3	43
Introducimos el jabón.	1225	50	5	48
Subimos la temperatura.	1225	98	19	67
Mantenemos.	1225	98	10	77
Enfriamos.	1225	80	3	80
Enjuagamos.	1225	80	3	83

-A continuación los veremos de forma gráfica en la figura 41.

Figura 40

Curva de teñido a 60 °C

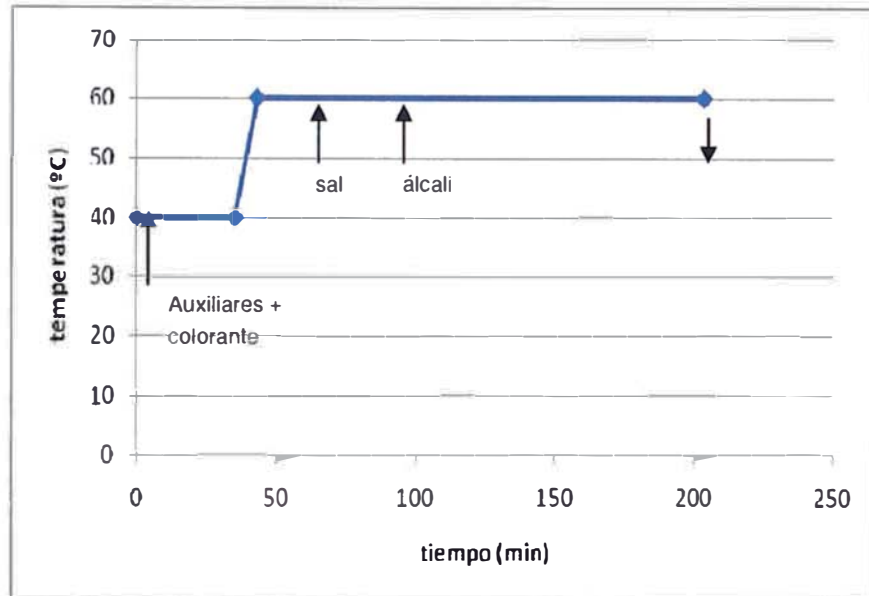


Figura 41

Enjuague, neutralizado y jabonado.

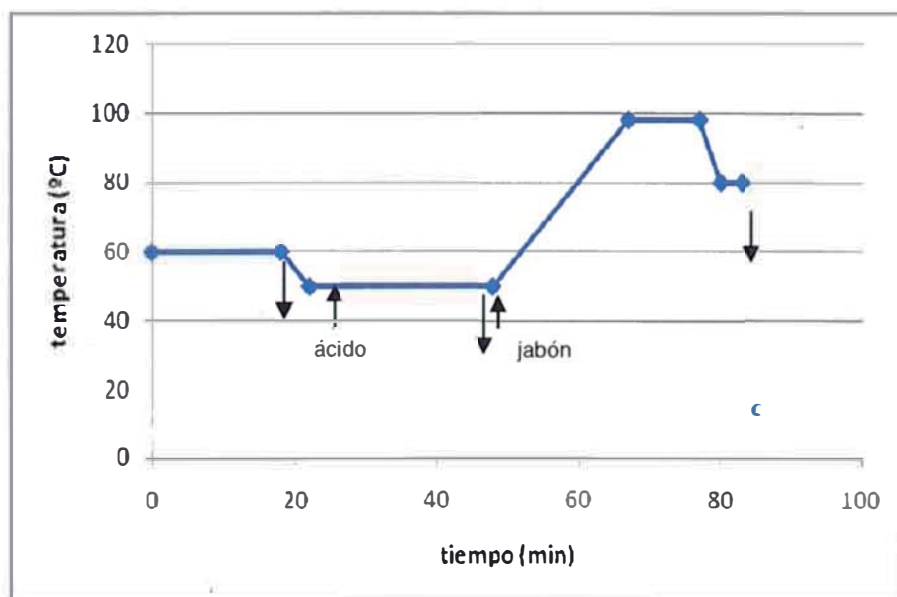


Figura 42: Esquema del proceso convencional de teñido

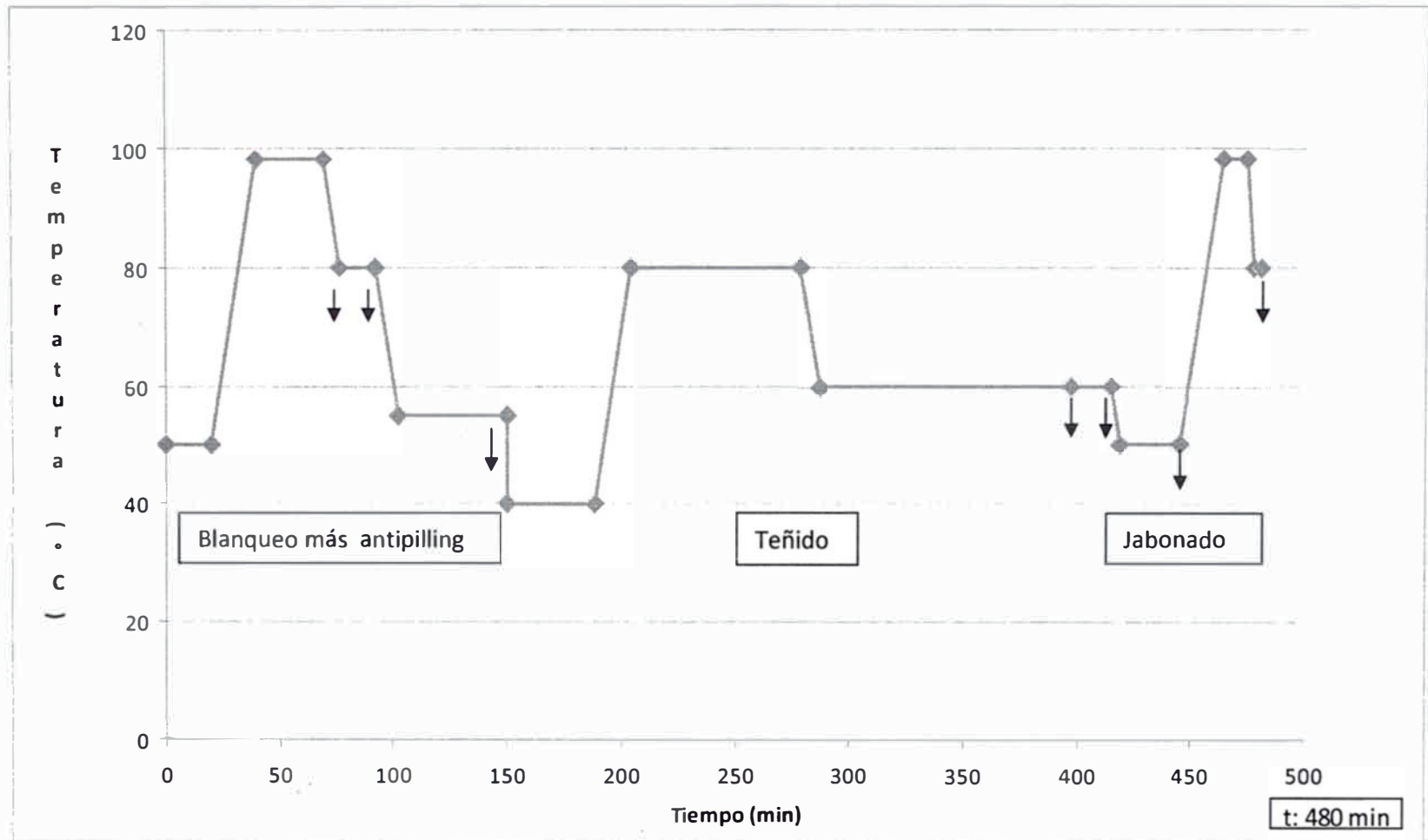


Figura 43: Esquema del proceso propuesto de teñido

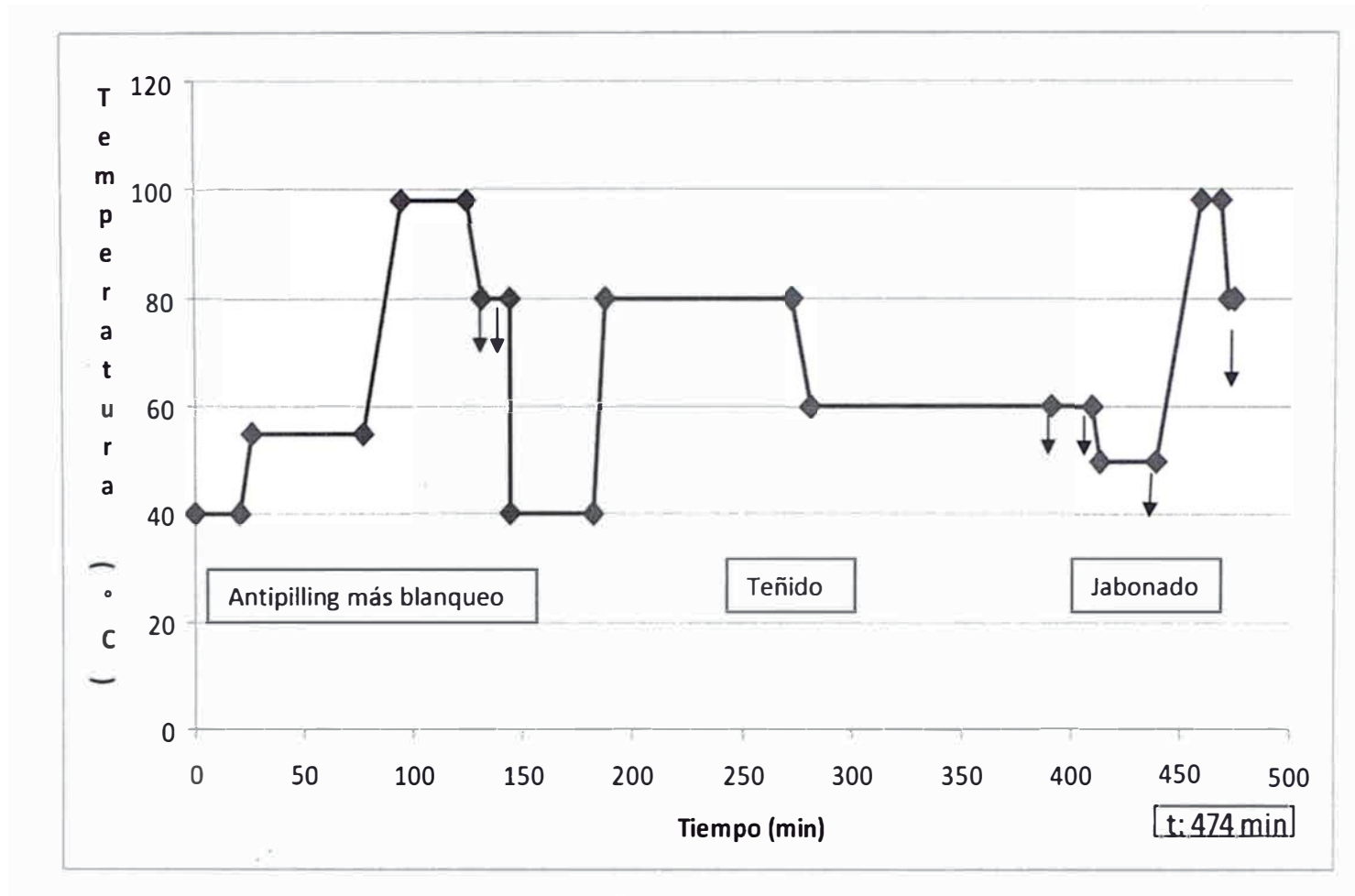


Figura 44: Esquema del proceso convencional de teñido

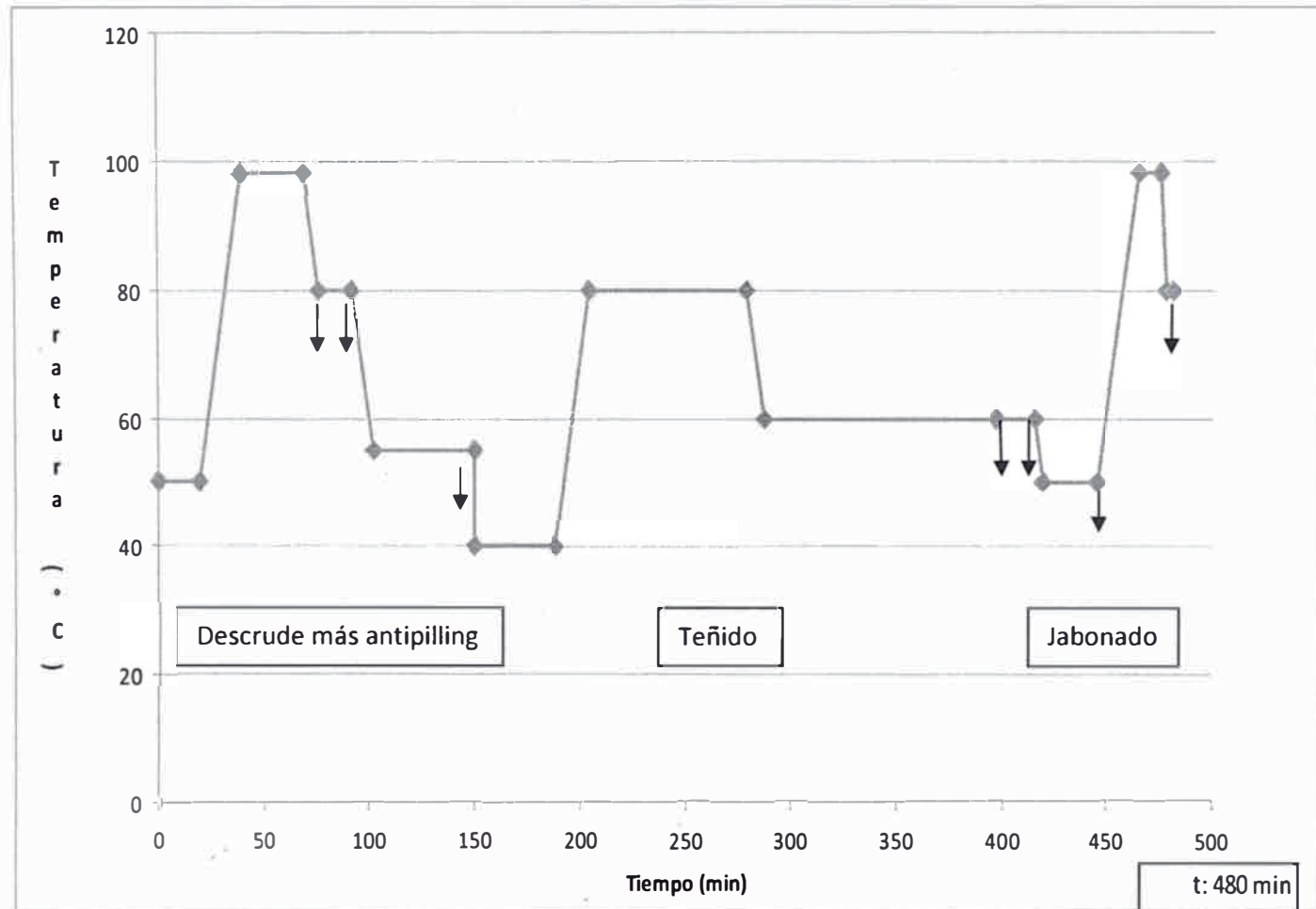
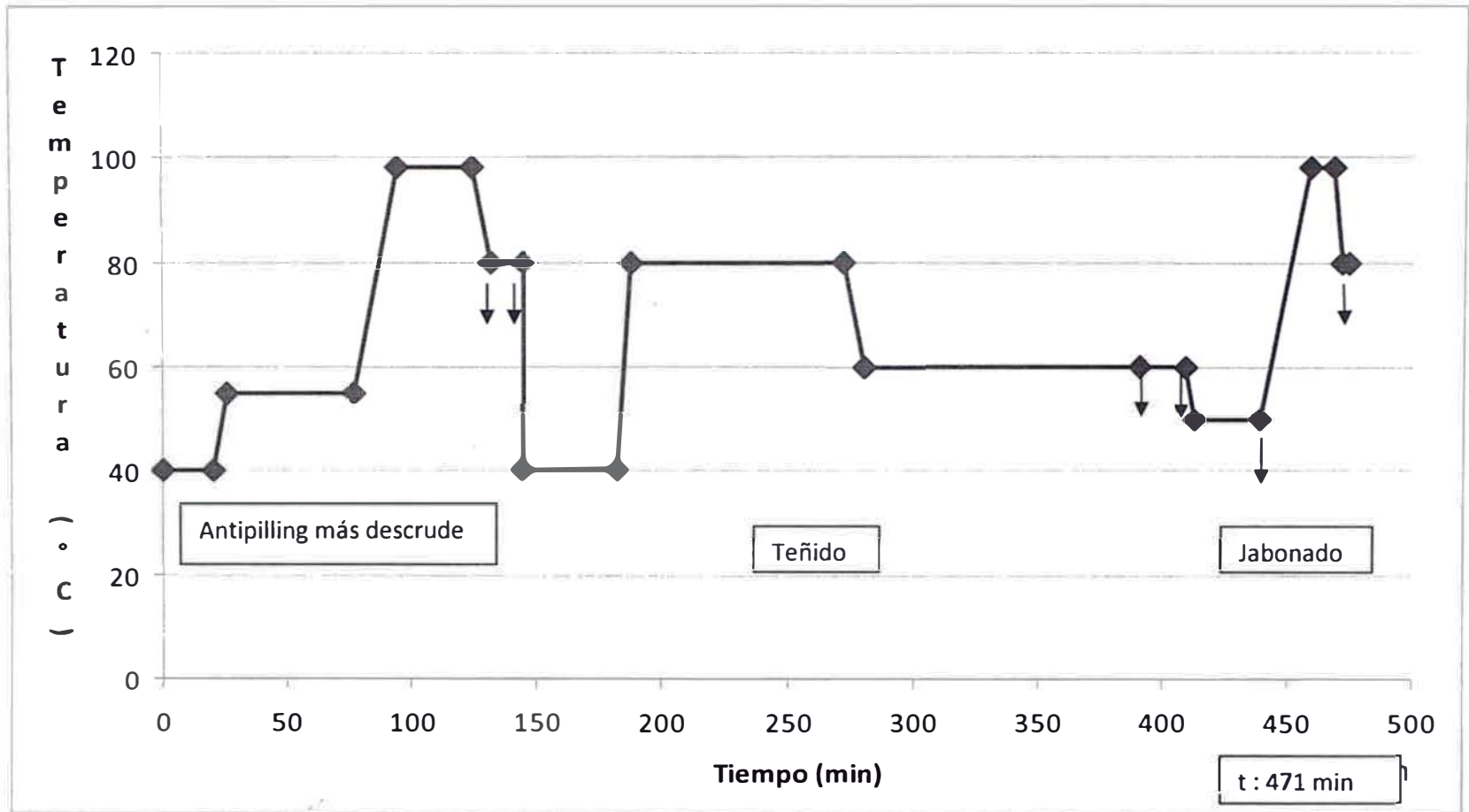


Figura 45: Esquema del proceso propuesto de teñido



3.3 APLICACIONES.

Se realizaron los siguientes pretratamientos en la tintorería (máquinas Brazzoli y Mcs).

- a. Método convencional (blanqueo más antipilling).
- b. Método propuesto (antipilling más blanqueo).
- c. Blanqueo sin antipilling (*).

Se desarrolla el teñido de colores con los pretratamientos antes mencionados, algunos en laboratorio, otros en tintorería, y se detallan a continuación en la tabla Nro. 20.

Tabla Nro. 20

Colores desarrollados con el nuevo tratamiento en laboratorio y planta

Laboratorio	Branch, classic, navy, black, passionate red, opal blue, fairway green, helene.
Planta	Amarillo, fucsia, morado intenso, verde, azul, negro.

(*) El último pretratamiento (blanqueo sin antipilling) es para hacer las comparaciones respectivas entre un método y otro, usamos varios colores para este propósito.

Se tomó como ejemplo al color Black 100B.

Articulo : Rib 1*1 30/1 sjv.

R/B : 1/6.

Color : Black 100 B.

3.3.1 Método convencional.

Es el método que se usa actualmente, el pretratamiento consta del blanqueo, neutralizado y antipilling, seguido del teñido y el jabonado.

	Blanqueo Químico	
P	Felosan FN	1,0 g/l
	Idrosolvan PC	0,5 g/l
L	Sequion M 200.	1,0 g/l
	Dyelube NF	1,0 g/l
A	Agua oxigenada (50%).	2,0 g/l
	Soda cáustica (30 °Be).	8,6 g/l
N	Neutralizado	
	Sequion AF.	1,0 g/l
T	Antipilling	
	Acido acético.	0,3 g/l
A	CHT catalase BF.	0,3 g/l
	Megafinish UL.	0,7 %

	Teñido Reactivo	
	Sequion M300.	2,0 g/l
L	Permulin DNMS.	0,5 g/l
A	Remazol amarillo oro RGB.	2,5098 %
B	Novacron rojo W-3BS.	1,2566 %
O	Remazol marino RGB.	2,1234 %
R	Sal para tintorería.	100 g/l
A	Carbonato de sodio.	8,0 g/l
T	Soda cáustica.	8,6 g/l
O	Neutralizado	
R	Acido acético.	1,0 g/l
I	Jabonado	
O	Solopol AC.	1,5 g/l
	Dyelube NF.	1,0 g/l

3.3.2 Método propuesto.

Consta del pretratamiento: antipilling, blanqueo y neutralizado, seguido del teñido y el jabonado.

P L A N T A	Antipilling	
	Tanex GO/D.	2,0 g/l
	Acido acético.	0,7 g/l
	Megafinish UL.	0,7 %
	Blanqueo Químico	
	Agua oxigenada (50 %).	2,0 g/l
	Soda cáustica (30° Be).	8,6 g/l
	Neutralizado	
	Sequion AF.	1,0 g/l

L A B O R A T O R I O	Teñido reactivo	
	Sequion M300.	2,0 g/l
	Permusin DNMS.	0,5 g/l
	CHT Catalase BF	0,3 g/l
	Remazol amarillo oro RGB.	2,259 %
	Novacron rojo W-3BS.	1,131 %
	Remazol marino RGB.	1,805 %
	Sal para tintorería.	100 g/l
	Carbonato de sodio.	8,0 g/l

Y	Soda caústica.	8,6 g/l
P L A N T A	Neutralizado	
	Acido acético.	1,0 g/l
	Jabonado	
	Solopol AC.	1,5 g/l
	Dyelube NF.	1,0 g/l

3.3.3 Método de blanqueo sin antipilling.

Es similar al blanqueo convencional, pero no lleva antipilling.

P L A N T A	Blanqueo Químico	
	Felosan FN.	1,0 g/l
	Idrosolvan PC.	0,5 g/l
	Sequion M 200.	1,0 g/l
	Dyelube NF	1,0 g/l
	Agua oxigenada (50%).	2,0 g/l
	Soda caústica (30 °Be).	8,6 g/l
	Neutralizado.	
	Sequion AF.	1,0 g/l
	Eliminación de peróxido	
	Acido acético.	0,7 g/l
	CHT catalase BF.	0,3 g/l

L A B O R A T O R I O	Teñido reactivo	
	Sequion M300.	2,0 g/l
	Permusin DNMS.	0,5 g/l
	Remazol amarillo oro RGB.	2,134 %
	Novacron rojo W-3BS.	1,068 %
	Remazol marino RGB.	1,698 %
	Sal para tintorería.	100 g/l
	Carbonato de sodio.	8,0 g/l
	Soda caústica.	8,6 g/l
	Neutralizado.	
	Acido acético.	1,0 g/l
	Jabonado.	
	Solopol AC.	1,5 g/l
	Dyelube NF.	1,0 g/l

Estos tres métodos se hacen para realizar las comparaciones entre los colores: branch, passionate red, classic navy, black 100B, opal blue, helene, fairway green, el pretratamiento es en planta y el teñido en laboratorio. La receta de los colores se muestra en la tabla 21 y 22. También se muestra las concentraciones de colorantes de los colores con los tres pretratamientos realizados (convencional, propuesto y sin antipilling), en la tabla 23. Para obtener estos resultados del método propuesto y sin antipilling, se desarrollaron ensayos en laboratorio (aprox. 6 por cada color).

Tabla Nro.21

Método convencional

Pretratamiento: Planta: blanqueo más antipilling

Teñido: Laboratorio.

Material : rib 30/1 1*1 sjv

R/B : 1/6

Color	Temperatura (°C)	Tricromía	C colorante (%)	C sal (g/l)	C carbonato de sodio anhidro(g/l)	C soda caústica 30 Be (g/l)
Black 100 B	80-60	Remazol amarillo oro RGB	2,510	100	8	8,6
		Novacron rojo W-3BS	1,257			
		Remazol marino RGB	2,123			
Branch 847	80-60	Novacron amarillo FN-2R	1,420	80	20	0
		Novacron rojo FN-2BL	1,640			
		Remazol azul RGB	1,650			
Classic navy 401	80-60	Drimaren amarillo CL-2R	0,810	100	8	8.6
		Drimaren rojo HF-6BL	2,890			
		Drimaren azul marino HF-GN	4,320			
Passionate red	80-60	Remazol amarillo oro RGB	0,774	80	8	7,4
		Remazol rojo intenso RGB	2,760			

Helene	82	Bezaktiv violet V-5R	0,493	30	10	0
		Procion ambar HEXL	0,0063			
		Procion fast red HEXL	0,0130			
		Procion fast blue HEXL	0,0013			
Opal blue	80-60	Remazol amarillo Bte 4GL	0,0010	20	3	0
		Remazol turquesa blue G-133%	0,0148			
Fairway Green	95-80	Levafix azul CA	0,0059	80	20	0
		Remazol amarillo Bte 3GL	1,1700			
		Remazol amarillo oro RGB	0,8270			
		Drimaren turquesa CL-B	1,9400			

Tabla Nro.22
Método propuesto

Pretratamiento: Planta: antipilling más blanqueo.

Teñido: Laboratorio.

Material: Rib 1*1 30/1 sjv.

R/B: 1/6

Color	Temperatura (°C)	Tricomia	C colorante (%)	C sal (g/l)	C carbonato de sodio anhidro (g/l)	C soda caústica 30 Be (g/l)
Black 100 B	80-60	Remazol amarillo oro RGB	2,259	100	8	8,6
		Novacron rojo W3BS	1,131			
		Remazol marino RGB	1,805			
Branch 847	80-60	Novacron amarillo FN-2R	1,335	80	20	0
		Novacron rojo FN-2BL	1,476			
		Remazol azul RGB	1,551			
Classic navy 401	80-60	Drimaren amarillo CL-2R	0,778	100	8	8,6
		Drimaren rojo HF-6BL	2,601			
		Drimaren azul marino HF-GN	4,147			

Passionate red	80-60	Remazol amarillo oro RGB	0,697	80	8	7,4
		Remazol rojo intenso RGB	2.567			
		Bezaktiv violet V-5R	0.458			
Helene	82	Procion ambar HEXL	0,0057	30	10	0
		Procion fast red HEXL	0,0117			
		Procion fast blue HEXL	0,0012			
Opal blue	80-60	Remazol amarillo bte 4GL	0,00095	20	3	0
		Remazol turquesa blue G-133%	0,01406			
		Levafix azul CA	0,00560			
Fairway Green	95-80	Remazol amarillo bte 3GL	1,0760	80	20	0
		Remazol amarillo oro RGB	0,7608			
		Drimaren turquesa CL-B	1,7848			

Tabla Nro. 23

Comparación de concentraciones de colorantes en los tres métodos usados.

Color	Tricromía	Proceso Normal (%)	Proceso Propuesto (%)	Proceso sin Antipilling (%)
Black 100 B	Remazol amarillo oro RGB	2,510	2,259	2,134
	Novacron rojo W-3BS	1,257	1,131	1,068
	Remazol marino RGB	2,123	1,805	1,698
suma		5,890	5,195	4,900
Branch 847	Novacron amarillo FN-2R	1,420	1,335	1,349
	Novacron rojo FN-2BL	1,640	1,476	1,476
	Remazol azul RGB	1,650	1,551	1,568
suma		4,710	4,362	4,393
Classic navy 401	Drimaren amarillo CL-2R	0,810	0,778	0,794
	Drimaren rojo HF-6BL	2,890	2,601	2,746
	Drimaren azul marino HF-GN	4,320	4,147	4,234
suma		8,020	7,526	7,773
Passionate red	Remazol amarillo oro RGB	0,774	0,697	0,735
	Remazol rojo intenso RGB	2,760	2,567	2,650
	Bezaktiv violet V-5R	0,493	0,458	0,473
suma		4,027	3,722	3,858

Helene	Procion ambar HEXL	0,0063	0,0057	0,00540
	Procion fast red HEXL	0,0130	0,0117	0,01210
	Procion fast blue HEXL	0,0013	0,0012	0,00125
suma		0,0206	0,0185	0,01875
Opal blue	Remazol amarillo Bte 4GL	0,0010	0,00095	0,00098
	Remazol turquesa blue G-133 %	0,0148	0,01406	0,01450
	Levafix azul CA	0,0059	0,00560	0,00580
suma		0,0217	0,02061	0,02128
Fairway green	Remazol amarillo Bte 3GL	1,1700	1,0760	1,09870
	Remazol amarillo oro RGB	0,8270	0,7608	0,75660
	Drimaren turquesa CLB	1,9400	1,7848	1,75010
suma		3,9370	3,6216	3,60540

3.3.4 Método propuesto desarrollado en planta.

De igual manera realizamos teñidos en planta con el pretratamiento propuesto antipilling mas blanqueo para la siguiente orden de producción:

OP: 8939

Articulo : Jersey 60/1 pima.

Cliente : Vestimundo.

Colores : Amarillo, fucsia, morado intenso, verde azul, negro.

Colorantes: Novacron, remazol, levafix, bezaktiv, procion, drimaren.

Temperaturas: 80-60 C, 95-80 C, 60 C.

El pretratamiento es el mismo, solo que varia la cantidad de soda caústica por ser artículos de algodón pima.

Con los colores arriba mencionados desarrollamos los testing de pilling y solidez al lavado.

Las recetas de estos colores se muestran en la tabla Nro 23.

También tomamos datos de control de la máquina en donde se realiza el teñido, tales como: velocidad de cuerda, bomba, pH inicial, agotamiento, neutralizado, densidad de sal. Todos esos datos se muestran en los anexos.

Tabla Nro. 24

Método propuesto : Colores hechos en tintorería.

Material: Jersey 60/1 pima.

R/B : 1/6

Color	Temperatura (°C)	Tricromía	C colorante (%)	C sal (g/l)	C carbonato (g/l)	C soda 30 Be (g/l)
Amarillo	95-80	Novacron amarillo Bte H-4GN	1,140	50	15	0
Fucsia	60	Bezaktiv violet V-5R	0,076	30	6	0
		Levafix rojo bte E-6BA	0,840			
Morado intenso	95-80	Procion fast red HEXL	2,250	90	25	0
		Procion navy HEXL	2,080			
Verde azul	95-80	Remazol amarillo Bte 4GL	0,310	70	18	0
		Novacron rojo H-BL	0,015			
		Remazol turquesa G-133%	3,470			
Negro	80-60	remazol amarillo oro RGB	0,600	100	8	8,6
		remazol rojo RGB gran	0,640			
		novacron negro W-NN	7,400			

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En base a las muestras obtenidas tenemos:

4.1 MATIZ E INTENSIDAD.

Se realizan lecturas espectrofotométricas a las muestras teñidas en el laboratorio con ayuda del *equipo* Gretamatchbech bajo la luz CWF (cool white fluorescente) de los tres métodos: convencional, propuesto y sin antipilling (este último para las comparaciones), las muestras son teñidas en laboratorio, tomando como patrón al método convencional. Los resultados se muestran en la tabla 25.

De acuerdo a los resultados obtenidos, tenemos que la intensidad de las muestras teñidas con el nuevo pretratamiento y sin antipilling es mayor, que las del pretratamiento convencional, debido a que la enzima tiene un carácter reductor sobre los colorantes utilizados y al quedar rastros de esta en el baño de teñido afecta el resultado final.

En cambio al efectuar el antipilling primero se evita esto, porque en el tratamiento posterior que es blanqueo o descruce es eliminado la enzima debido al efecto del agente oxidante que es el agua oxigenada.

Tabla Nro. 25

Comparación de los métodos propuesto y sin antipilling, tomando el convencional como patrón.

Color	Método	Iluminante	Valores Espectrofotométricos				Fuerza	Comentario
			DI*	Da*	Db*	De*		
Black 100B	Propuesto	F02	-1,02	0,03	-0,08	1,03	110,05%	Más oscuro, más saturado, más azul.
	Sin antipilling	F02	-1,49	0,13	0,1	1,5	115,40%	Más oscuro menos saturado, más azul
Branch 847	Propuesto	F02	-0,6	0,09	0,21	0,65	105,71%	Más oscuro, más saturado, más rojo.
	Sin antipilling	F02	-0,62	-0,02	-0,15	0,64	105,04%	Más oscuro menos saturado, más rojo.
Classic navy 401	Propuesto	F02	-0,39	0,17	0,57	0,71	104,55%	Más oscuro, menos saturado, más rojo.
	Sin antipilling	F02	-0,14	0,05	0,06	0,16	101,44%	Más oscuro, menos saturado, más rojo.
Passionate red	Propuesto	F02	-0,65	0,01	0,4	0,76	107,31	Más oscuro, más saturado, más amarillo.
	Sin antipilling	F02	-0,28	0,14	0,22	0,39	103,84	Más oscuro, más saturado, más amarillo.

4.2 COSTOS.

Se toma como ejemplo al color black 100B.

$$m = 1 \text{ kg} \qquad R/B = 1/6 \qquad v = 6 \text{ l}$$

Para hallar los costos hacemos:

$$\text{Cantidad (g)} = \text{Concentracion (g/l)} * \text{Volumen (l)} \text{ o}$$

$$\text{Cantidad (g)} = \text{Concentracion (\%)} * \text{masa (g)}$$

Obs : para auxiliares y productos químicos se usa la concentración en g/l en cambio para colorantes y enzima se usa % en peso.

Ejemplo:

$$\text{Cantidad} = 1 \text{ g/l} * 6 \text{ l} = 6 \text{ g}$$

$$\text{Costo (US\$)} = \text{Precio unitario (US\$/kg)} * \text{Cantidad(g)}$$

Ejemplo:

$$\text{Costo (US\$)} = 3.1 \text{ US\$/kg} * 0.006 \text{ kg} = \text{US\$ } 0.0186$$

Hallamos el costo de la receta de la siguiente forma:

$$C \text{ total} = C \text{ pretratamiento} + C \text{ teñido} + C \text{ jabonado}$$

A continuación vemos como se halla cada costo:

C pretratamiento = Suma costo insumos (auxiliares, álcali, agua oxigenada, desmineralizador, ácido, enzima).

Costo teñido = Suma costo insumos (auxiliares, colorante, sal, álcali).

Costo jabonado = Suma costo insumos (agente emulsificador, antiqiebre).

Hallamos el costo de receta de los colores en los cuales se han aplicado los pretratamientos. Los resultados se muestran en las tablas 26 y 27.

m = 1kg R/B = 1/6 V = 6 l

Ejemplo : color black 100B

Tabla Nro. 26

Comparación de costos de la receta, con los dos métodos usados, en cada etapa del proceso.

Nombre	Método convencional					Nombre	Método propuesto				
	Concentración		Cantidad (g)	Precio unitario (US\$/kg)	Precio total (US\$/kg)		Concentración		Cantidad (g)	Precio unitario (US\$/kg)	Precio total (US\$/kg)
	(g/l)	(%)					(g/l)	(%)			
Pretratamiento						Pretratamiento					
Felosan FN	1		6	3,1	0,0186	Tanex GO/D	2		12	2,5	0,0300
Idrosolvan PC	0,5		3	1,2	0,0036	Acido acético	0,3		1,8	1,5	0,0027
Dyelube NF	1		6	0,95	0,0057	Megafinish UL		0,7	7	5,98	0,0419
Agua oxigenada (50 %)	2		12	0,56	0,0067	Agua oxigenada (50%)	2		12	0,56	0,0067
Soda cáustica (30 Be)	8,6		51,6	0,65	0,0335	Soda cáustica (30 Be)	8,6		51,6	0,65	0,0335
Sequion AF	1		6	2	0,0120	Sequion AF	1		6	2	0,0120
Acido acético	0,7		4,2	1,5	0,0063						
Cht catalase BF		0,7	4,2	6,7	0,0281						
Megafinish UL		0,7	7	5,98	0,0419						
Costo pretratamiento					0,1565						0,1268

Nombre	Método convencional					Nombre	Método propuesto				
	Concentración		Cantidad	Precio unitario	Precio total		Concentración		Cantidad	Precio unitario	Precio total
	(g/l)	(%)	(g)	(US\$/Kg)	(US\$/Kg)		(g/l)	(%)	(g)	(US\$/Kg)	(US\$/Kg)
Teñido						Teñido					
Goldspere NG	1		6	3	0,0180	Goldspere NG	1		6	3	0,0180
Permusin DMMS	1		6	2,7	0,0162	Permusin DNMS	1		6	2,7	0,0162
Remazol amarillo oro RGB		2,509	25,09	7,9	0,1982	Cht catalase BF	0,7		4,2	6,7	0,0281
Novacron rojo W-3BS		1,257	12,57	9,3	0,1169	Remazol amarillo oro RGB		2,259	22,590	7,9	0,1785
Remazol marino RGB		2,123	21,23	6,85	0,1454	Novacron rojo W-3BS		1,131	11,310	9,3	0,1052
Sal	100		600	0,19	0,1140	Remazol marino RGB		1,805	18,050	6,85	0,1236
Carbonato de sodio	8		48	0,41	0,0197	Sal	100		600	0,19	0,1140
Soda cáustica (30 Be)	8,6		51,6	0,65	0,0335	Carbonato de sodio	8		48	0,41	0,0197
						Soda cáustica (30 Be)	8,6		51,6	0,65	0,0335
Costo teñido					0,6620						0,6368

Nombre	Método convencional				Nombre	Método propuesto			
	Concentración	Cantidad	Precio unitario	Precio		Concentración	Cantidad	Precio unitario	Precio
	(g/l)	(g)	(US\$/kg)	(US\$/kg)		(g/l)	(g)	(US\$/kg)	(US\$/kg)
Jabonado					Jabonado				
Acido acético	1	6	1,5	0,0090	Acido acético	1	6	1,5	0,0090
Solopol AC	1,5	9	1,3	0,0117	Solopol AC	1,5	9	1,3	0,0117
Dyelube NF	1	6	0,95	0,0057	Dyelube NF	1	6	0,95	0,0057
Solopol AC	1,5	9	1,3	0,0117	Solopol AC	1,5	9	1,3	0,0117
Dyelube NF	1	6	0,95	0,0057	Dyelube NF	1	6	0,95	0,0057
Costo jabonado				0,0438					0,0438
Costo total				0,8622					0,8075

Ahorro: 6,35%

Ahorro US\$/kg : 0,0547

Seguimos el mismo procedimiento para los demás colores:

Tabla Nro. 27

Ahorro en costo de receta con el pretratamiento propuesto.

Colores	Costo (US\$/kg) receta normal	Costo (US\$/kg) receta propuesta	Ahorro	
			(%)	(US\$/kg)
Branch 847	1,3932	1,3161	5,53	0.0771
Classic navy 401	1,9734	1,8688	5,30	0.1046
Passionate red	0,7374	0,6823	7,47	0.0551
Black	0,8622	0,8075	6,34	0.0547
Helene	0,2982	0,2716	8,92	0.0266
Opal blue	0,2873	0,2611	9,12	0.0262
Fairway green	0,9	0,8384	6,84	0.0616
PROMEDIO			7,07	0,058

4.3 EFECTO DEL ANTIPIILLING.

Se nota que la apariencia de las muestras con el pretratamiento propuesto es mejor, debido a que se aprecia menos "motitas" o "bolitas" en la superficie de la tela, comparando con el método convencional. Debido a esto es que se realiza el anti-pilling sobre la tela cruda, sin necesidad de ajustar drásticamente el pH; antes del blanqueo o descrude, eliminándose la enzima al ingresar el agua oxigenada y pasar al medio alcalino.

Esto se demuestra en las tablas Nro. 28 y Nro. 29.

Tabla Nro. 28

Índice de pilling de los pretratamientos desarrollados en tintorería.

Pretratamiento	Grado de pilling (30 min).
Convencional.	4
Propuesto.	4-5
Sin antipilling.	3-4

Tabla Nro. 29

Índice de pilling de las muestras teñidas en la tintorería.

Color	Grado de Pilling (30 min)
Amarillo.	4
Verde.	4
Morado.	4
Negro.	4

Como se puede observar los resultados de pilling con el pretratamiento propuesto son similares al de el pretatamiento convencional. Los testings de pilling fueron desarrollados bajo la norma ASTM D3512, con 30 min de tiempo (se muestra en los anexos).

Nota: los testings de pilling se desarrollaron solo para las muestras teñidas en tintorería pues las teñidas en laboratorio son pequeñas y no alcanzan para este tipo de prueba.

4.4 EFECTO EN LA SOLIDEZ AL LAVADO.

Se efectuaron estos testings como una manera de comparar los tres métodos, obteniéndose los siguientes resultados, que se muestran en la tabla Nro. 30.

Tabla Nro 30

Valores de solidez al lavado de las muestras teñidas en laboratorio.

Color	Método convencional	Método propuesto	Método sin antipilling
Branch	4-5	4-5	5
Classic navy	4	4-5	4
Passionate red	3-4	4	4

Observamos que la solidez al lavado con nuestro método es buena para colores intensos (tomando como referencia al algodón).

4.5 UTILIDAD DEL PRETRATAMIENTO PROPUESTO

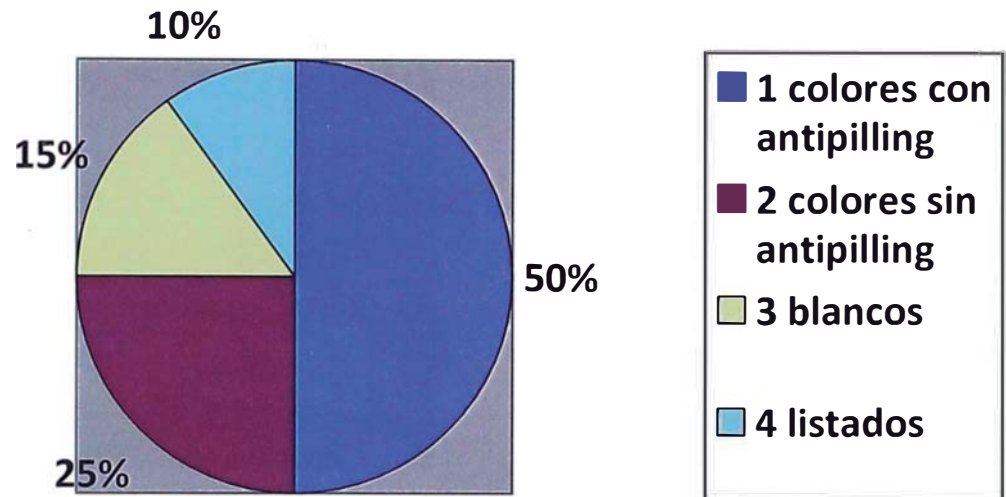
En los últimos tres meses, según el programa de producción de Suretex tenemos (para una producción de 12 ton/día):

1. Colores con antipilling50%
2. Colores sin antipilling:25%
3. Blancos15%
4. Listados..... 10%

Se aprecia de manera grafica en la figura 46.

Figura 46

Distribución de las partidas realizadas en la tintorería (últimos 3 meses)



Entonces el procedimiento propuesto puede ser efectuado para el 50 % de la producción.

Ahora el porcentaje de colores teñidos en los últimos tres meses, clasificados de acuerdo a su intensidad es:

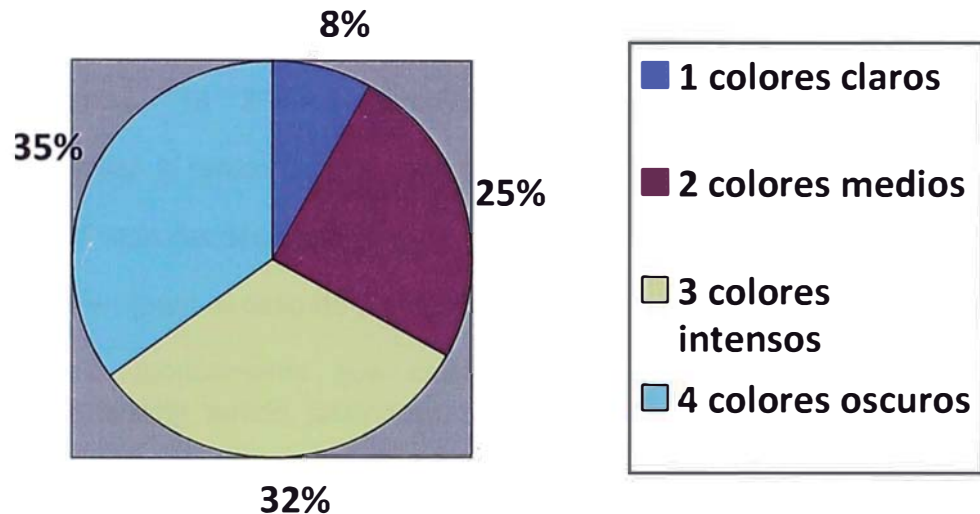
- | | |
|--------------------------|-----|
| 1. Colores claros..... | 8 % |
| 2. Colores medios..... | 25% |
| 3. Colores intensos..... | 32% |
| 4. Colores oscuros..... | 35% |

La distribución se aprecia mejor en la figura 47.

Y el procedimiento propuesto es básicamente para colores intensos y/o oscuros debido a que es ahí donde se aprecia mejor la diferencia de intensidad y por lo tanto constituye un ahorro significativo para la producción.

Figura 47

Distribución de los colores realizados según su intensidad.



4.5.1 Ahorro en costo de receta.

Ahora hallamos una proyección de el ahorro con el pretratamiento propuesto con los datos arriba mencionados.

Ahorro: (US\$/Kg) = 0,071 (valor promedio para colores intensos y oscuros).

La producción con antipilling es : $50\% * (12 \text{ ton/día}) = 6 \text{ ton/día}$

Este método propuesto es aplicable para los colores intensos y oscuros, los cuales representan el 67% de la producción.

Produccion = $67\% * (6 \text{ ton/día}) = 4,02 \text{ ton/día}$

Entonces:

Ahorro = $4,02 * 1000 * 0.071 = \text{US\$ } 285,42/\text{día}$

Al año tenemos:

Ahorro = $285,42 * 360 = \text{US\$ } 102751,2/\text{año}.$

4.5.2 Ahorro en tiempo de proceso de teñido.

Hallamos el ahorro para una maquina:

Ahorro = 6 min (para el caso de blanqueo propuesto, pag 98)

Considerando teóricamente que cada proceso dura 8 horas (incluye blanqueo, antipilling, teñido, jabonado).

Al dia se tiñen 3 partidas en una maquina = $3 \times 6 = 18$ min/dia

Al año tenemos = $18 \times 360 = 6480$ min/año = 108 horas/año

Esto viene a ser el teñido de 13,5 partidas mas al año por cada máquina.

Similar en el caso del descruce:

Ahorro = 9 min (para el caso de blanqueo propuesto, pag 101)

Considerando teóricamente que cada proceso dura 8 horas (incluye blanqueo, antipilling, teñido, jabonado).

Al dia se tiñen 3 partidas en una maquina = $3 \times 9 = 27$ min/dia

Al año tenemos = $27 \times 360 = 9720$ min/año = 162 horas/año

Esto viene a ser el teñido de 20 partidas adicionales al año por cada máquina.

Tenemos que el ahorro por maquina promedio es: 22.5 min/dia

Actualmente contamos con veinte maquinas de teñido (Brazzoli, MCS,

Innodye), entonces hallamos el ahorro total:

Ahorro total = $18 \text{ min/dia} \times 22.5 = 405$ min/dia.

Pero este procedimiento es solo aplicable al 33,5 % de la producción:

Ahorro total = $405 \text{ min/dia} \times (0,335) = 135,68$ min/dia = 2.26 hr/dia

Al año tenemos:

Ahorro total = $2,26 \text{ hr/dia} \times 360 \text{ dias} = 814,1$ hr.

Estos resultados de ahorro en costo de receta y tiempo de proceso de teñido se muestran en la tabla Nro 31.

Tabla Nro. 31

Ahorro con el método propuesto en dinero y tiempo, comparando con el método convencional.

	Ahorro en costo de receta (dinero)	Ahorro en proceso de teñido (tiempo)
Día	US\$ 293,46	2,26 hr
Año	US\$ 106945	814,1 hr

Entonces hallamos la cantidad de partidas realizadas al año:

$N \text{ partidas} = 3 \text{ partidas/día-maquina} * 20 \text{ maquinas} * 360 \text{ días} = 21600 \text{ partidas.}$

Ahora la cantidad de partidas que se pueden teñir con este nuevo proceso

es:

$N \text{ partidas teñidas} = 814,1 / 8 = 101,76 \text{ partidas.}$

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con este nuevo proceso habrá un ahorro promedio del 7% en lo que se refiere al costo de cada receta, en dinero esto representa US\$ 106945/año. En lo que se refiere al tiempo se ahorran 814,1 horas/año.
- El antipilling, debe ser hecho siempre en una máquina de tintorería, pues así se ejerce una mejor acción mecánica, y no en máquinas de laboratorio.
- Demostramos experimentalmente que el proceso de antipilling es uno de los responsables de la intensidad del teñido final, pues debido a la acción de la enzima (celulasa) se forman azúcares que actúan como agentes reductores afectando el colorante.
- Se realiza primero el antipilling y después el blanqueo porque de esta manera los azúcares que quedan en el baño son eliminados por el efecto del agente oxidante: el agua oxigenada, En cambio si el antipilling se realiza después del blanqueo químico, los azúcares actúan ejerciendo su agente reductor en el baño de teñido.
- El ahorro del tiempo de proceso en el nuevo pretratamiento es de 6 minutos en el caso de blanqueo químico y de 9 minutos en el caso de descruce, y proyectando al año tenemos : 109.5 horas menos (caso del blanqueo) y 164.3 horas (caso del descruce).
- Al realizar las aplicaciones en planta con este nuevo pretratamiento se notan buenos resultados en pilling y solidez al lavado (ver anexos).
- Se recomienda su uso para las fibras regeneradas (tencel, viscosa, modal) y colorantes directos.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Cegarra Sánchez José (1987). Fundamentos de máquinas de tintorería. Barcelona (España). 283 pp.
2. Cegarra Sánchez José (1987). Fundamentos y aplicaciones de la tintura de materias primas. Barcelona (España). 498-521 pp.
3. Costa Mirko Raimundo (1990). Las fibras textiles y su tintura. Lima (Perú). 197-219 pp.
4. Horsfall R.s. (1956). Tintura de fibras textiles. Barcelona (España). Pág. 49-59.
5. John Shore (1995). Society of Dyers and colourists. Easton (U.S.A.). 14-16 pp, 33-35 pp.
6. Kyung in Synthetic Corporation (2005). Manual básico de Introducción Lima (Perú). 67 pp-.
7. Mc Donald Roderick (1997). Color physic for industry. Perkin (Inglaterra). 209-292 pp.
8. Technische Chemie S.A.C. (2007). Pretratamiento de fibras, tintorería, acabados, laboratorio, selección de colorantes. Lima (Perú). 75 pp.
9. Textiles Panamericanos (2009). Maquinas Brazzoli. USA . Numero 1. 25-31 pp.
10. Vision Textil Group (2007). Revista Perú textil y moda. Número 2. Lima (Perú). 51 pp.
11. Curso de implementación de estándares sociales y responsabilidad social corporativa en el sector textil y confecciones (2004). Lima (Perú). 1-12 pp
12. Comité textil Sociedad Nacional de Industrias (1993). La industria textil en el Perú. Lima (Perú). 2-12 pp.
13. Centro de Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2006). Estrategia exportadora para el sector textil y confecciones. Lima (Perú). 2-4 pp.

INTERNET

- www.sarenapk.com/machinery/datacolor.jpg.
- <http://www.portalplanetasedna.com.ar/seda.htm>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Ray%C3%B3n>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Enzima>.
- http://www.textilespanamericanos.com/Articles/2009/Enero_Febrero/Brazzoli.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Polisac%C3%A1rido>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cellulase-200608867.html>.
- <http://www.enzymeindia.com/Enzymes-Cellulase.php>

VII. ANEXOS

Anexo 7.1. Datos de control en los ensayos realizados en la tintorería.

Para los colores teñidos en laboratorio tenemos los siguientes datos:

Artículo: Rib 1*1 30/1 sjv

Color	pH inicial	pH final	pH jabonado
Black	6,31	11,64	6,54
Branch	6,54	10,63	6,42
Classic Navy	6,23	11,21	6,56
Passionate red	6,85	11,53	6,24

Para los colores hechos en planta de tintorería tenemos:

Artículo: Jersey 60/1 pima

Color	pH inicial	pH final	pH jabonado
Amarillo	6,51	10,52	6,85
Morado intenso	6,21	10,5	7,9
Fucsia	6,01	10,2	6,23
Verde azul	6,54	10,63	6,81
Negro	6,01	11,6	6,9

Color	Maquina	Peso	Velocidad de cuerda (m/min)	Velocidad de bomba (rpm)	Posición de turbovario (%)	Tiempo de rotación de cuerda (min) *
Amarillo	3	208,7	300	1000	2%	2:01
Morado intenso	3	208,7	300	1000	2%	1:55
Fucsia	2	211,9	320	1100	2%	2:00
Verde azul	2	208,7	310	1100	2%	1:50
Negro	2	208,7	310	1000	2%	1:58

* Se carga cada partida en doble cuerda para poder llegar al tiempo de rotación que se nos pide.

Figura 48
Maquina Brazzoli usada en la tintorería.

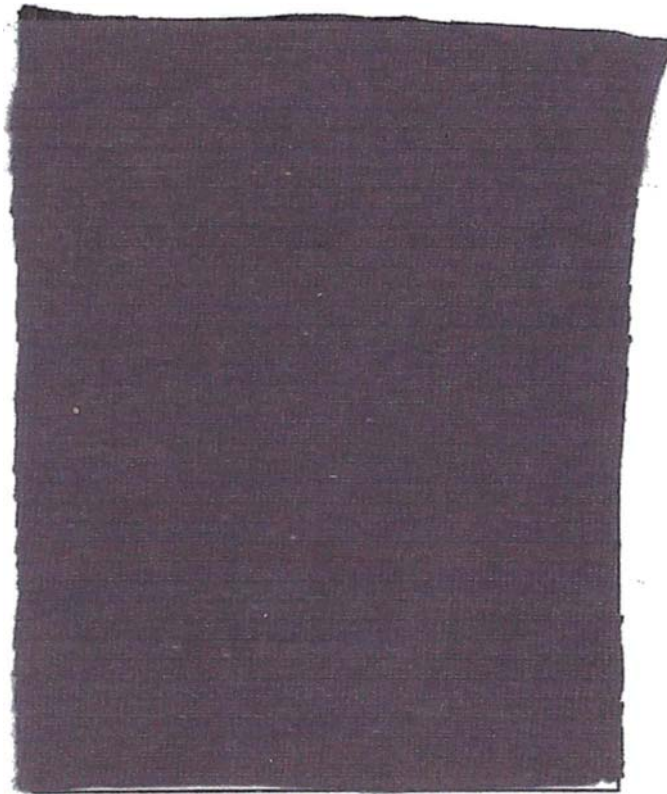


Anexo 7.2. Colores desarrollados en laboratorio y tintorería.

COLORES DESARROLLADOS EN LABORATORIO

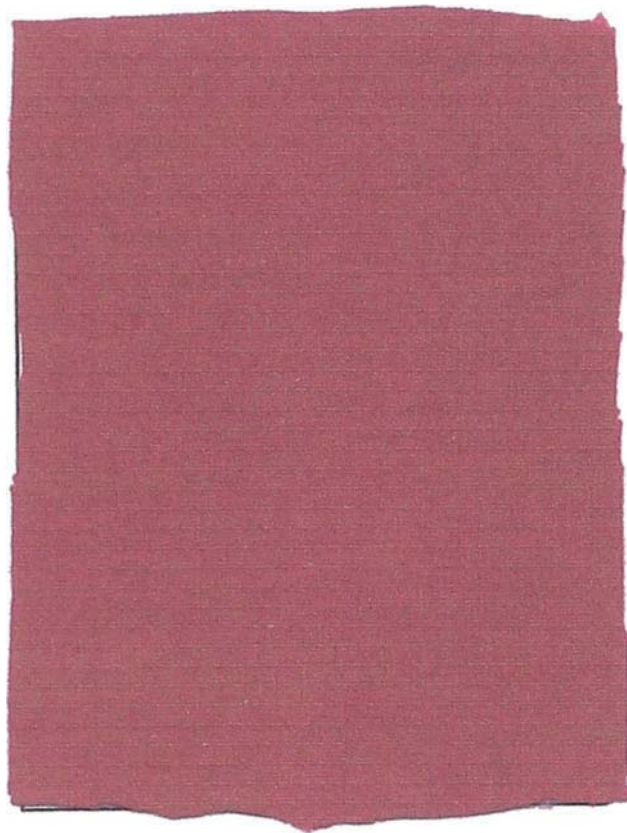
Branch

Curva	80-60 °C
Novacron amarillo fn-2r	1.4200%
Novacron rojo fn-2bl	1.6400%
Remazol azul rgb	1.6500%
Sal	80 gr/l
Carbonato de sodio	20 gr/l



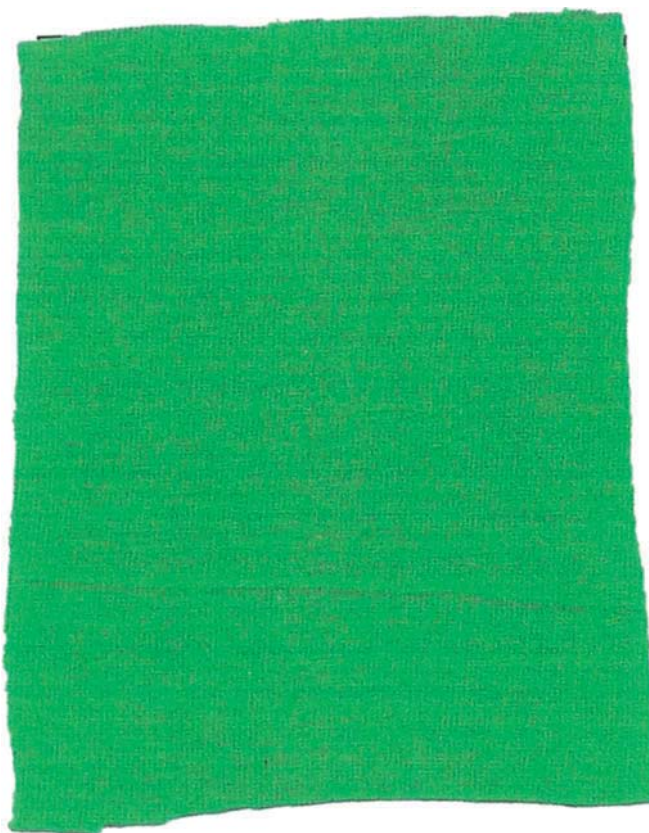
Passionate red

Curva	80-60 °C
Remazol amarillo oro rgb	0.7740%
Remazol rojo intenso rgb	2.7600%
Bezaktiv violet v-5r	0.4930%
Sal	80 gr/l
Carbonato de sodio	8 gr/l
Soda caustica	7.4 gr/l



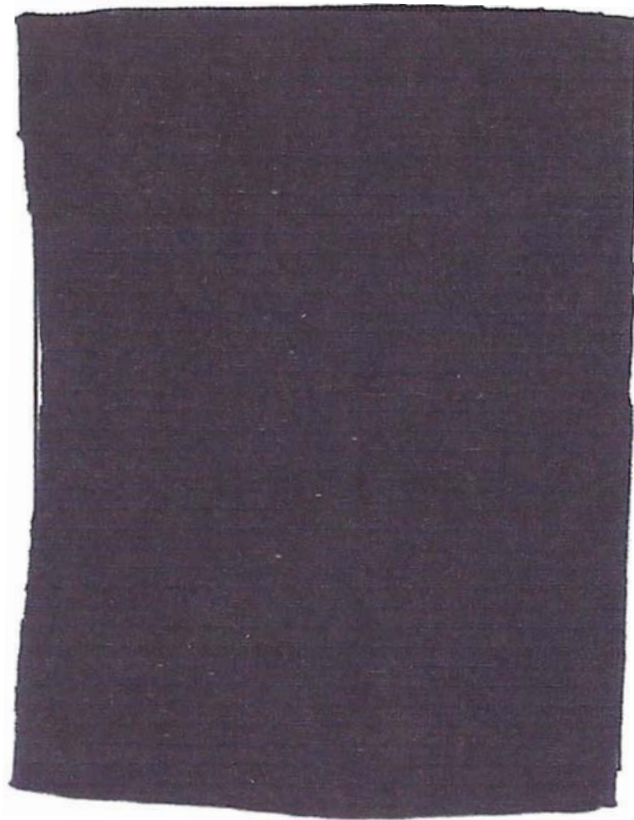
Fairway green

Curva	95-80 °C
Remazol amarillo bte 3gl	1.1700%
Remazol amarillo oro rgb	0.8270%
Drimaren turquesa cl-b	1.9400%
Sulfato de sodio	80 gr/l
Carbonato de sodio	20 gr/l



Black

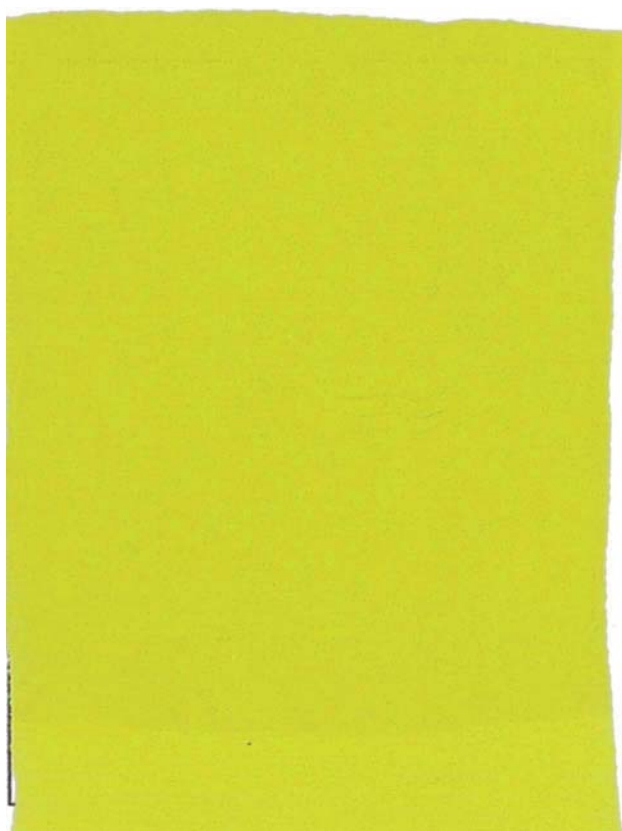
Curva	80-60 °C
Remazol amarillo oro rgb	2.5100%
Novacron rojo w-3bs	1.2570%
Remazol marino rgb	2.1230%
Sal	100 gr/l
Carbonato de sodio	8 gr/l
Soda caustica	8.6 gr/l



COLORES DESARROLLADOS EN TINTORERIA:

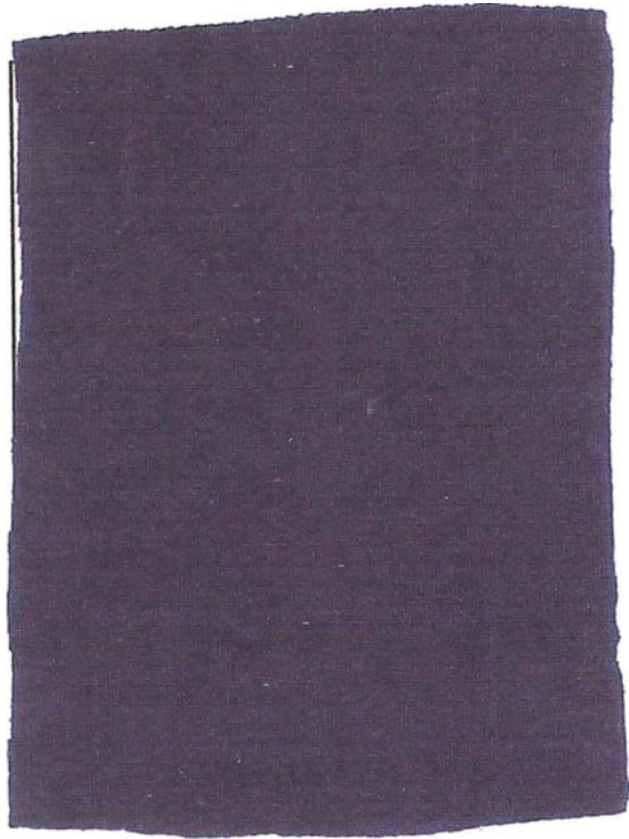
Amarillo

Curva	95-80 °C
Novacron amarillo bte h-4gn	1.14%
Sal	50 gr/l
Carbonato de sodio	15 gr/l



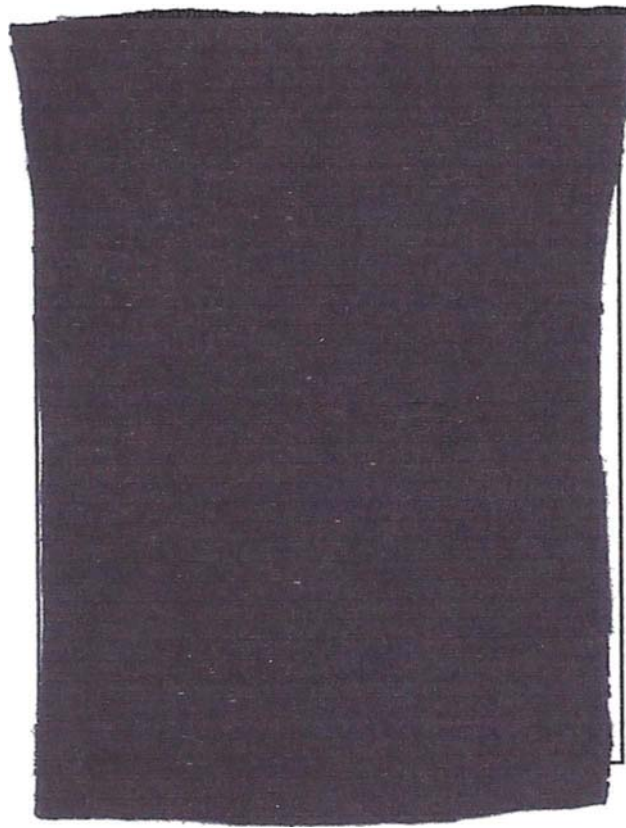
Morado intenso

Curva	95-80° C
Procion fast red hexl	2.25%
Procion navy hexl	2.08%
Sal	90 gr/l
Carbonato de sodio	25 gr/l



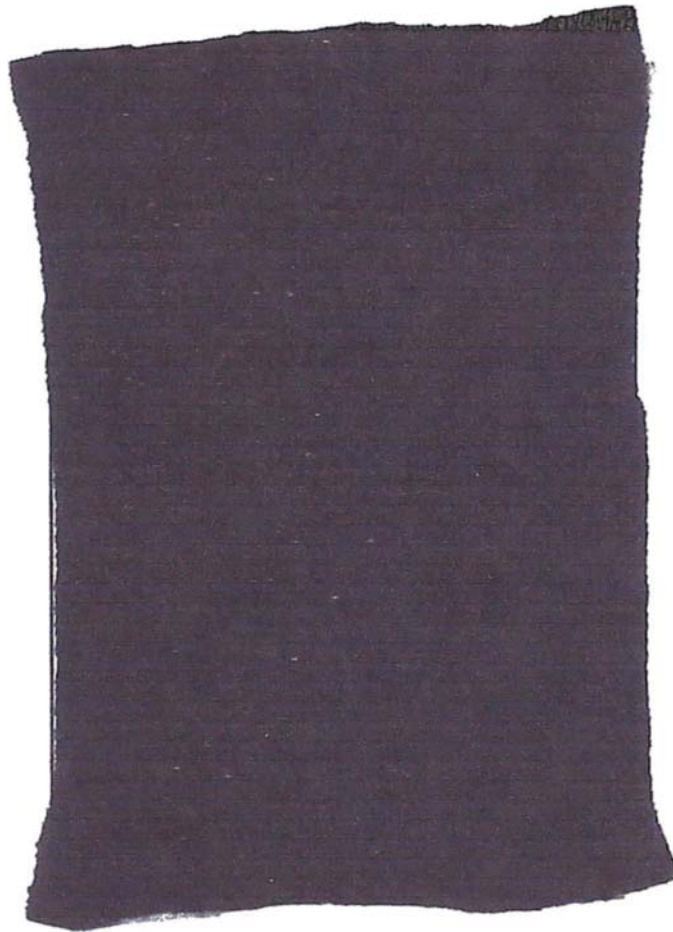
Classic navy 401

Curva	80-60 °C
Drimaren amarillo cl-2r	0.8100%
Drimaren rojo hf-6bl	2.8900%
Drimaren azul marino hf-gn	4.3200%
Sal	100 gr/l
Carbonato de sodio	8 gr/l
Soda caustica	8.6 gr/l



Negro

Curva	80-60 °C
Remazol amarillo oro rgb	0.60%
Remazol rojo rgb gran	0.64%
Novacron negro w-nn	7.40%
Sal	100 gr/l
Carbonato de sodio	8 gr/l
Soda Caustica	8.6 gr/l



Anexo 7.3. Testings de pilling y solidez al lavado.

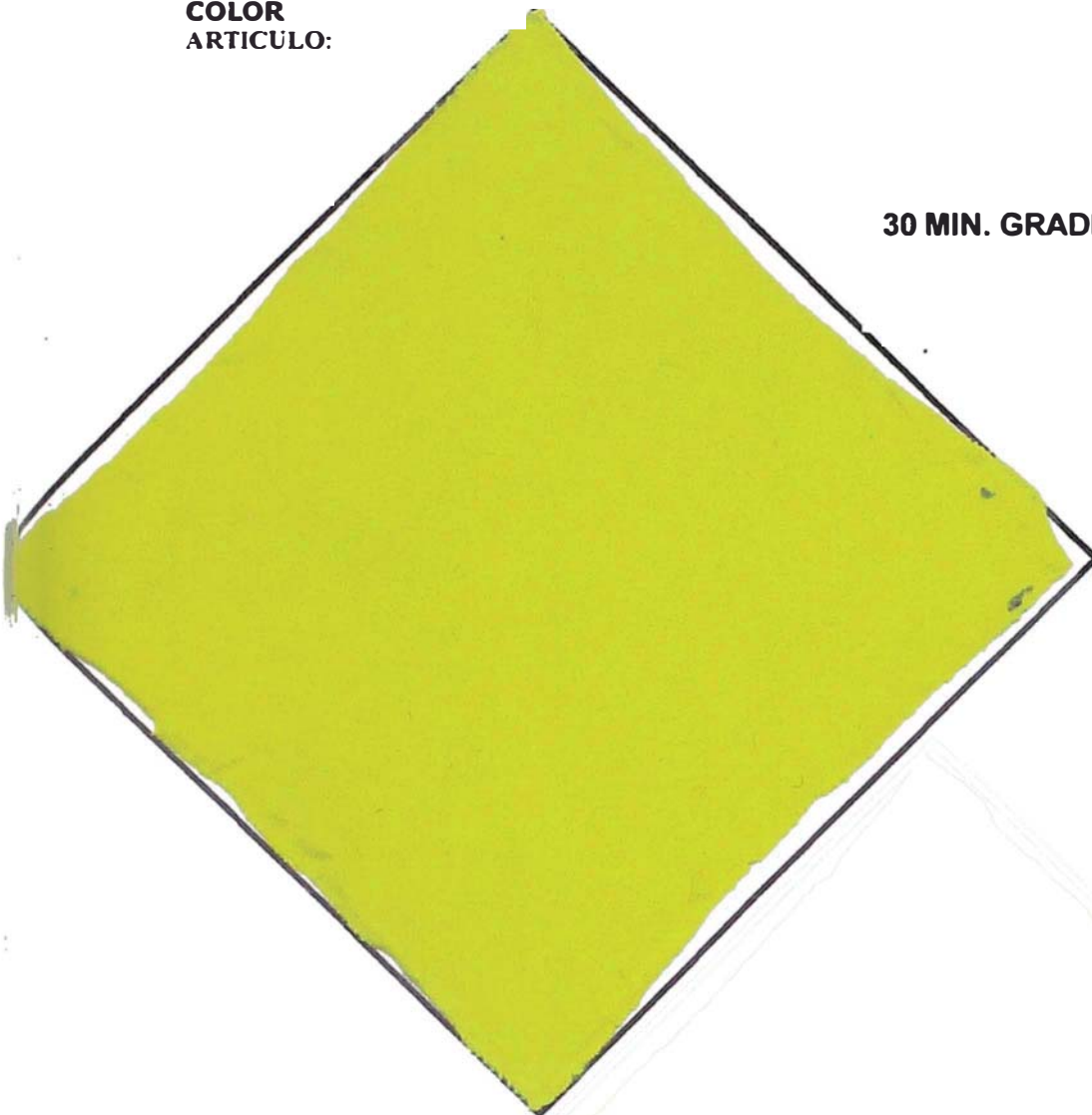


PILLING RESISTANCE

CLIENTE:

RANDOM ASTM 3512

ESTILO : *Amarillo*
OP
COLOR
ARTICULO:



30 MIN. GRADE: 4.0

60 MIN. GRADE: 5.0

PILLING RESISTANCE

xl 8x

CLIENTE:

RANDOM ASTM 3512

ESTILO
OP
COLOR
ARTICULO:

Verde

30 MIN. GRADE: 4.0

60 MIN. GRADE: 5.0

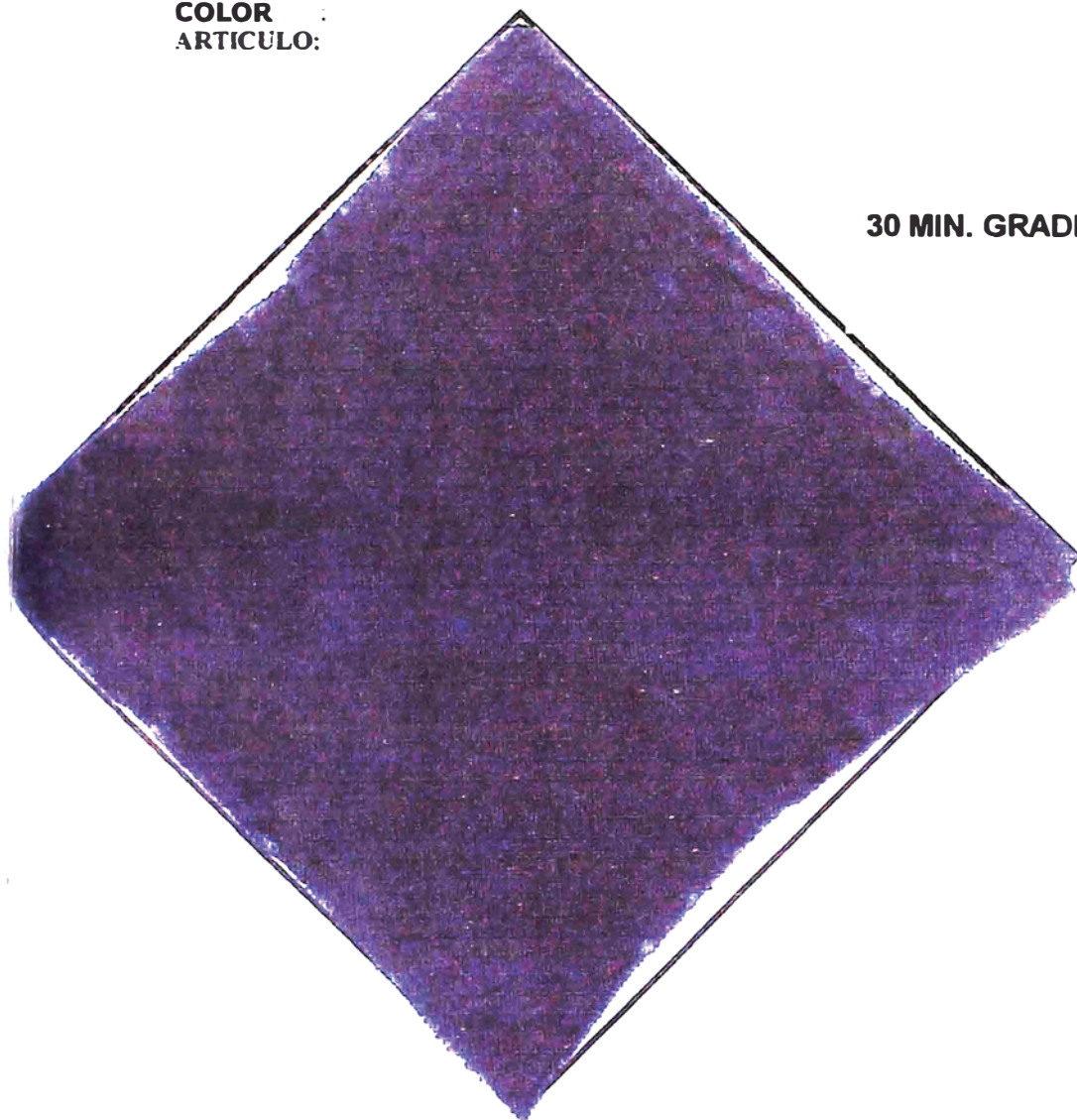
PILLING RESISTANCE

CLIENTE:

RANDOM ASTM 3512

ESTILO
OP
COLOR :
ARTÍCULO:

Morado



30 MIN. GRADE: 4-0

60 MIN. GRADE: 17-4

Tax ii x

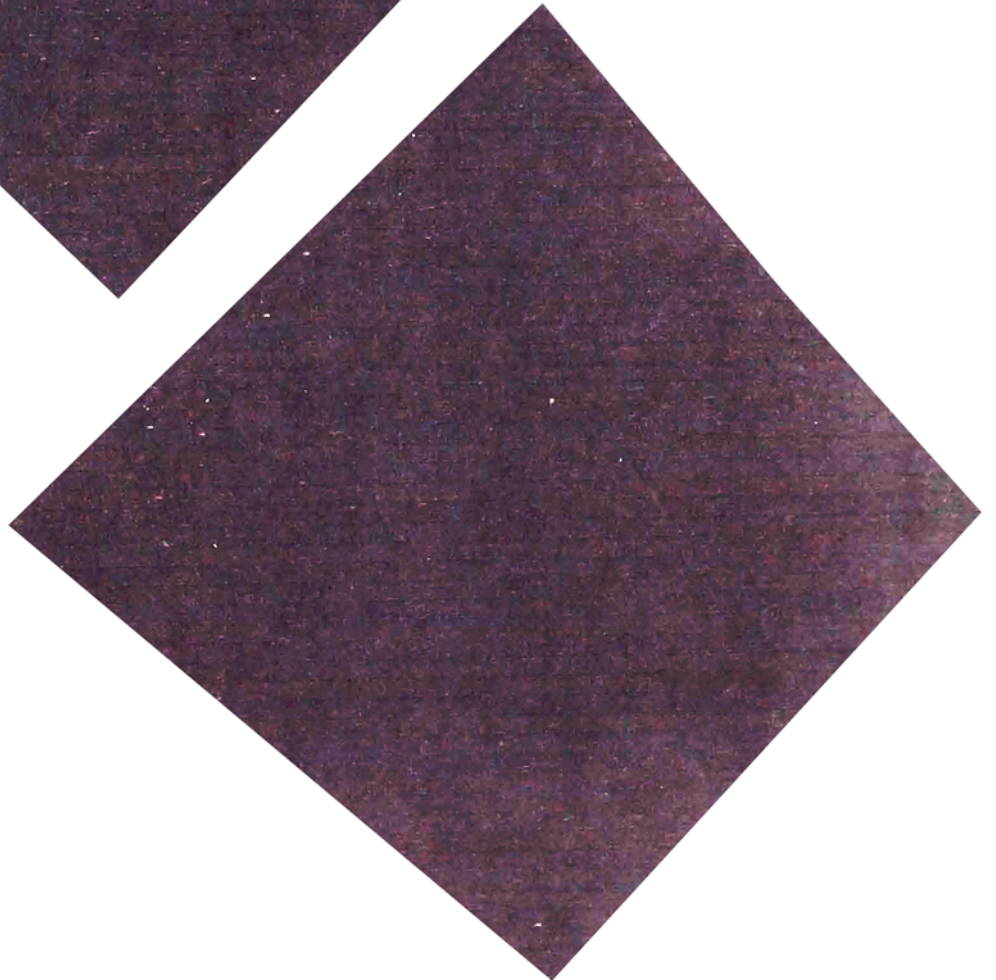
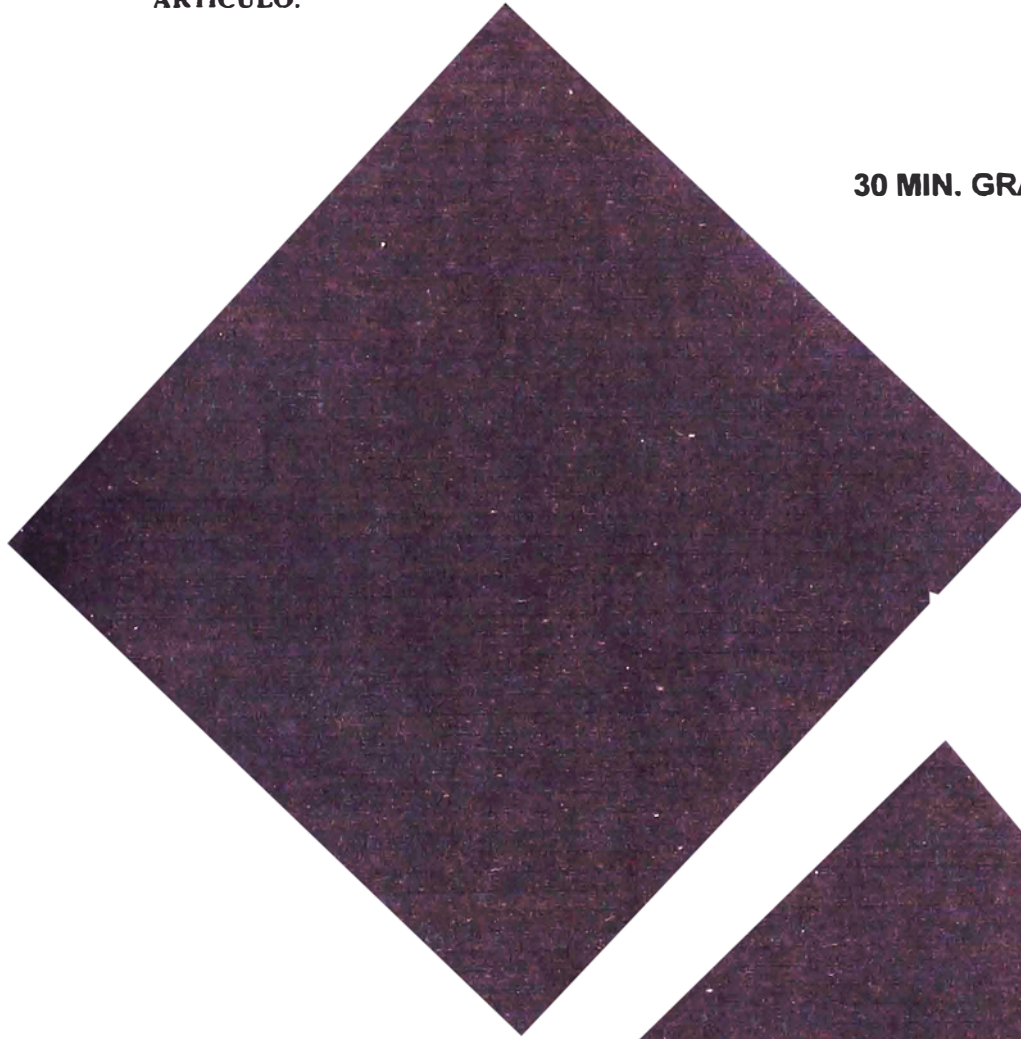
CLIENTE:

RANDOM ASTM 3512

ESTILO
OP
COLOR
ARTICULO:

Negro

30 MIN. GRADE: 4.0



60 MIN. GRADE: 3.5



Textimax

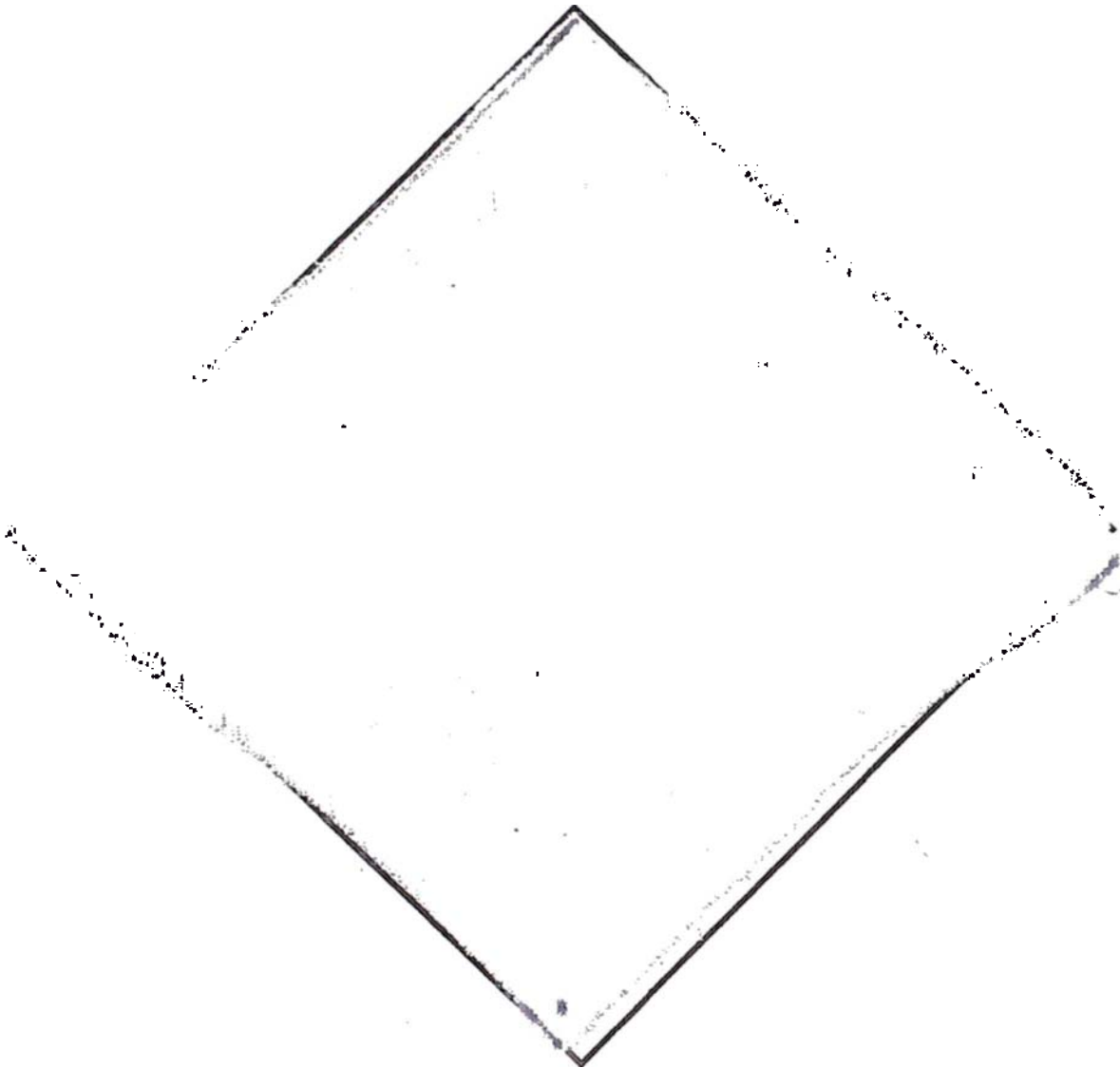
PILLING RESISTANCE

RANDOM ASTM 3512

Proceso Normal

Blanqueo + centipilling

30 MIN. GRADE: 4.0





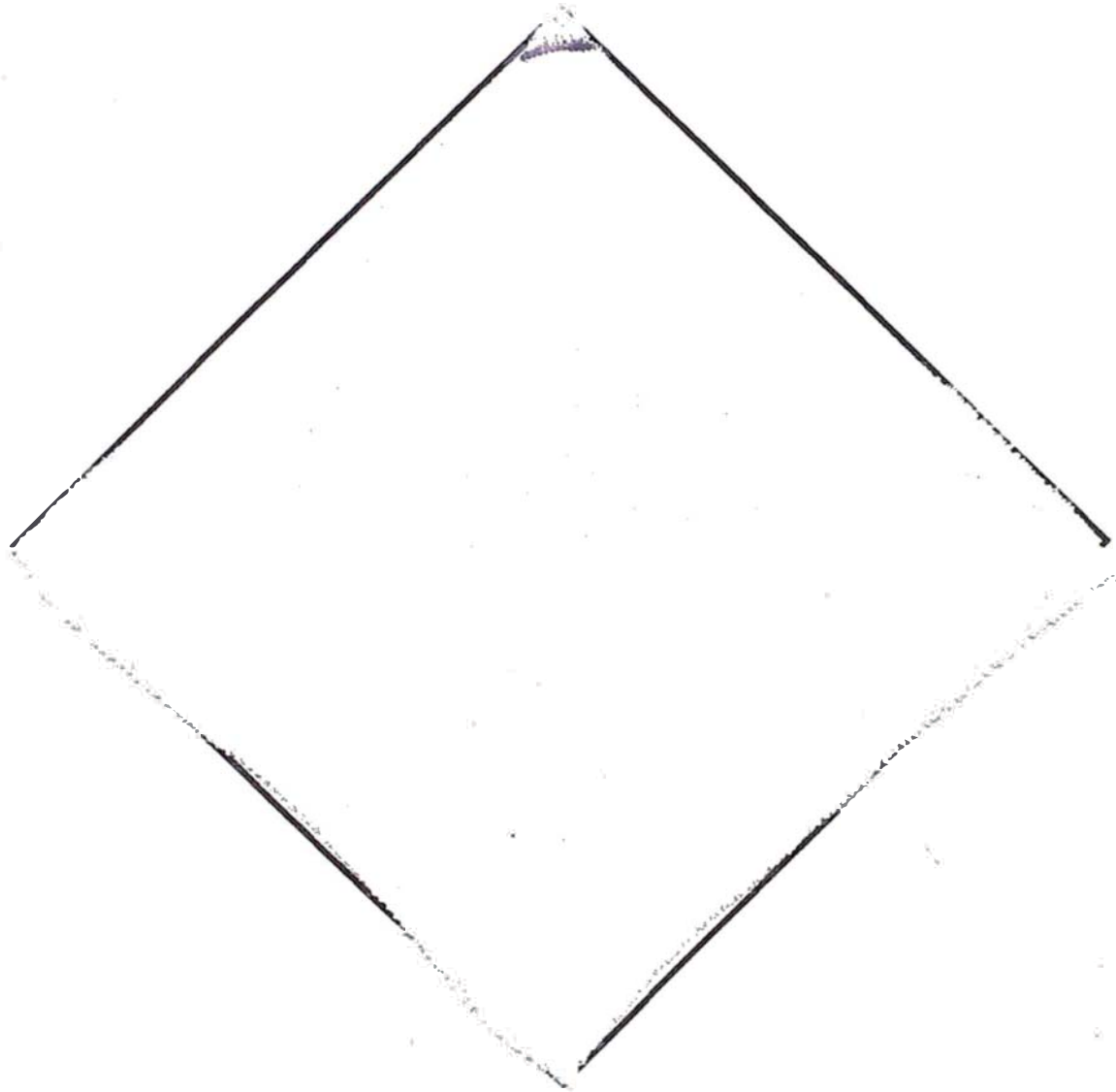
Textimax

PILLING RESISTANCE

RANDOM ASTM 3512

A pilling + Blanqueo

30 MIN. GRADE: 4-5





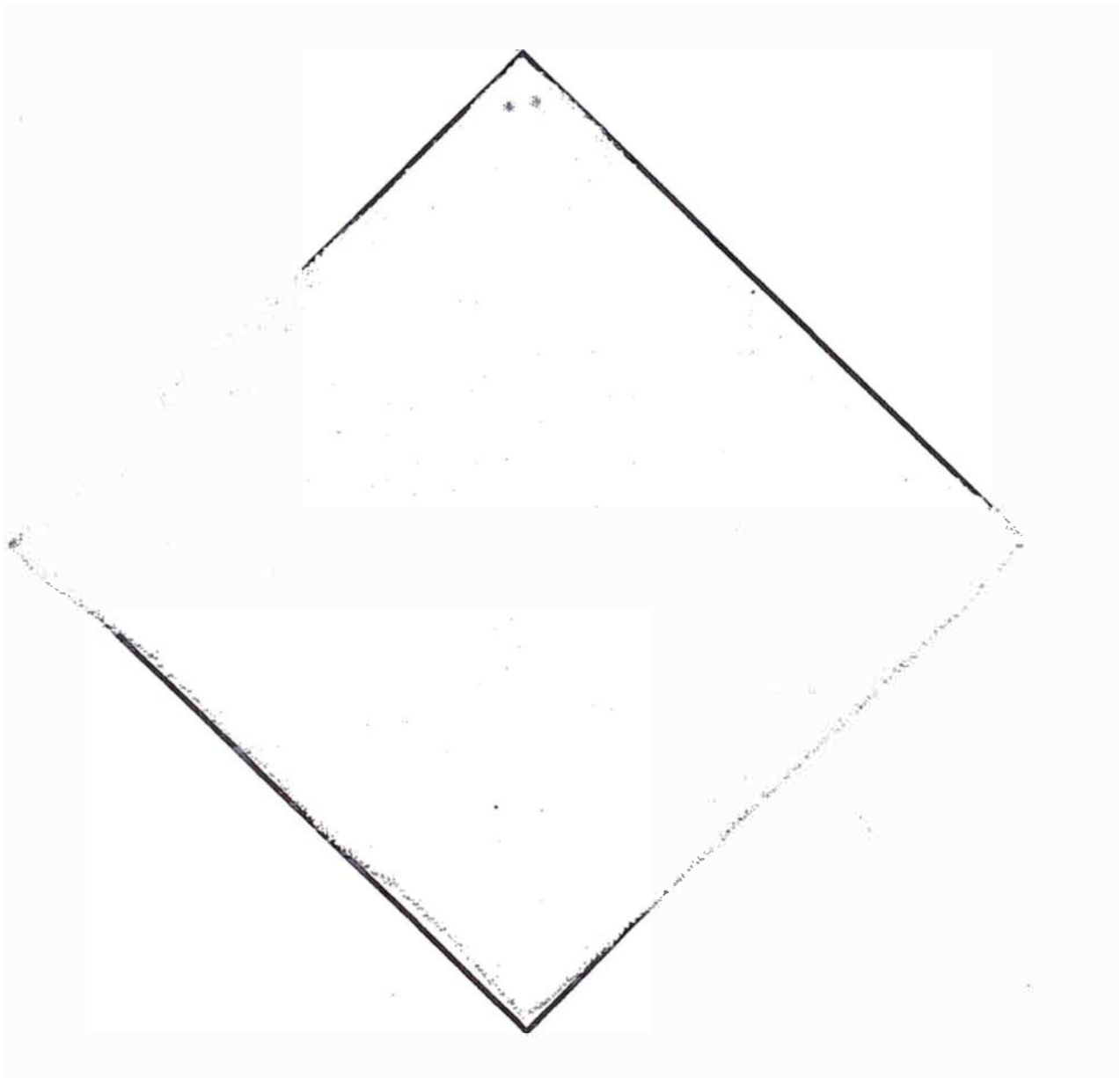
Textimax

PILLING RESISTANCE

RANDOM ASTM 3512

Blanqueo sin Antipilling.

30 MIN. GRADE: 3-4.0

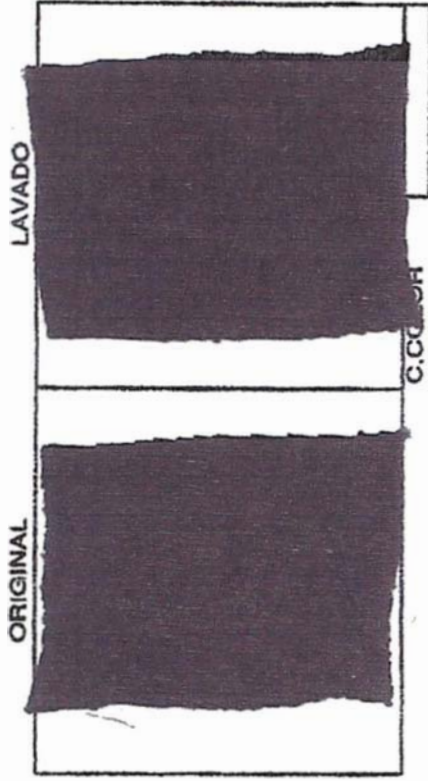




confecciones
TEXTIMAX S.A.

CLIENTE: Express
 COLOR: branco
 PARTIDA: blanqueo + antipliegue
 ARTICULO: Bib 1st 30/1.1er
 OP: 8954
 FECHA: _____

REPORTES DE SOLIDEZES



Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A

ASBESTO COTTON NYLON POLYESTER ACRILICO LANA

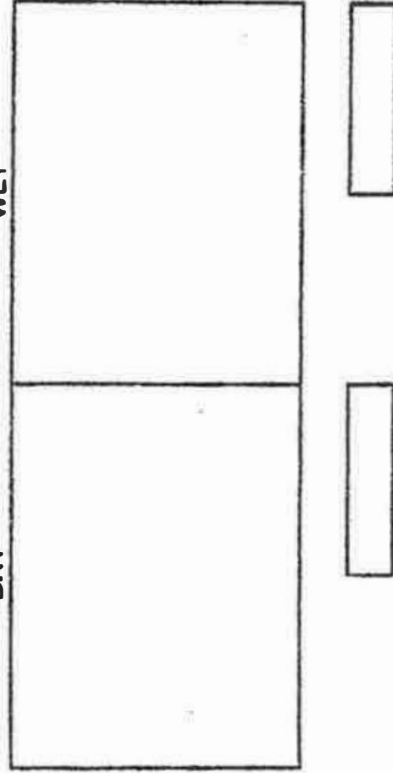
5 | 4.5 | 4 | 4 | 5 | 5

Solidez al frote

NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET

DRY

WET



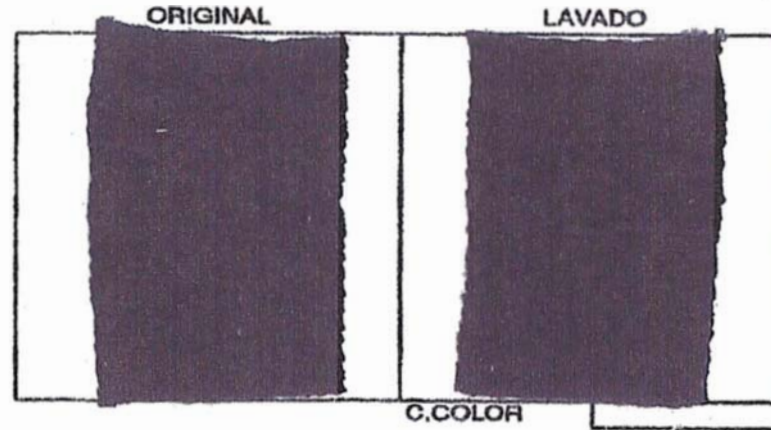


confecciones
TEXTIMAX S.A.

REPORTES DE SOLIDECES

CLIENTE:
COLOR:
PARTIDA:
ARTICULO:
OP:
FECHA:

Express
Branch
Anti pilling + Blanqueo
Rib 1x1 Solitan
8959



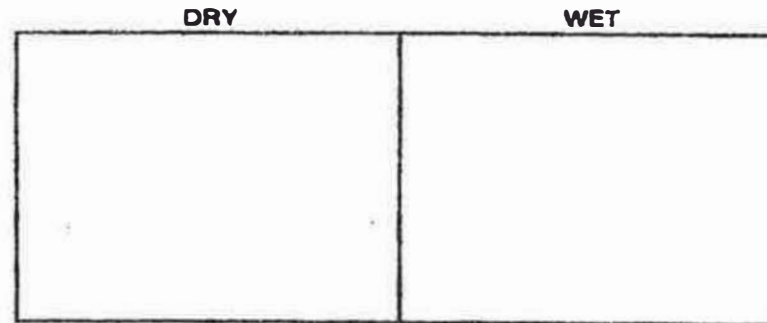
Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A

ACETATO COTTON NYLON POLYESTER ADRILICO LANA

S	4-5	5	S	S	S
---	-----	---	---	---	---

Solidez al frote

NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET



--

--



confecciones
TEXTIMAX S.A.

REPORTES DE SOLIDECES

CLIENTE:

Hugo Boss

COLOR:

Classic Navy

PARTIDA:

BO + antipilling

ARTICULO:

Rib 1x1 30/1 Tan

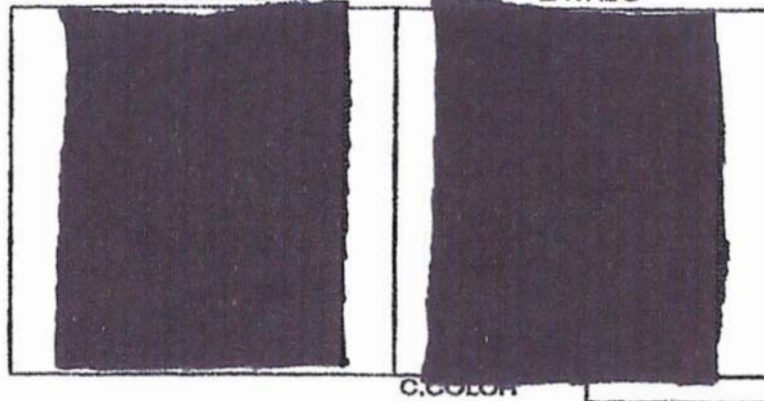
OP:

8890

FECHA:

ORIGINAL

LAVADO



C. COLOR

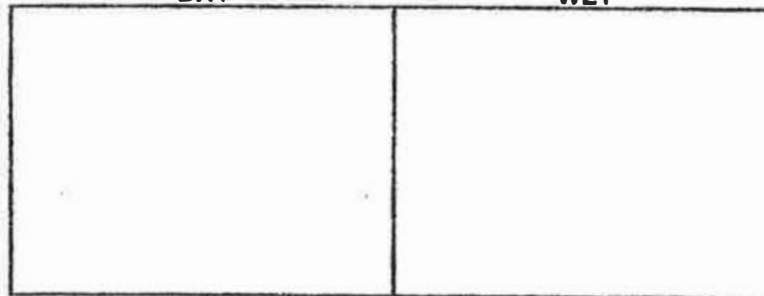
Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A

Solidez al frote

**NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET**

DRY

WET



ACETATO COTTON NYLON POLYESTER ACRILICO LANA

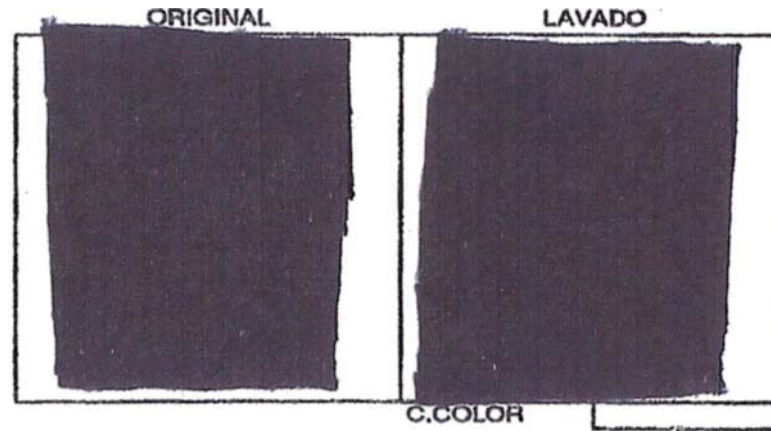
5 4 5 5 5 5



confecciones
TEXTIMAX S.A.

REPORTES DE SOLIDECES

CLIENTE:
 COLOR:
 PARTIDA:
 ARTICULO:
 OP:
 FECHA:



Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A

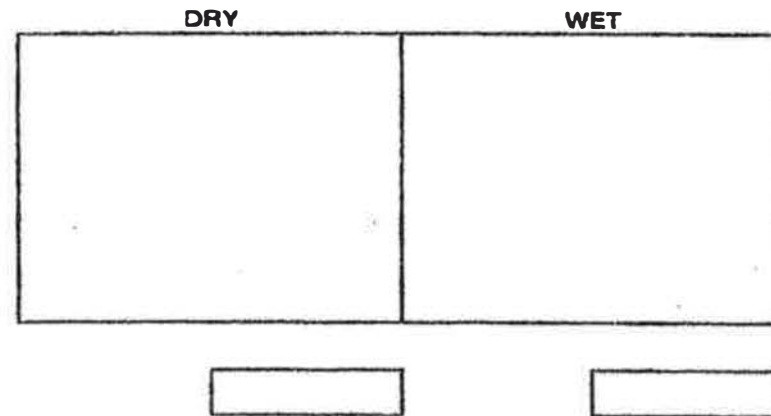


ACETATO COTTON NYLON POLYESTER ACRILICO LANA

5	4-5	5	5	5	5
---	-----	---	---	---	---

Solidez al frote

NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET

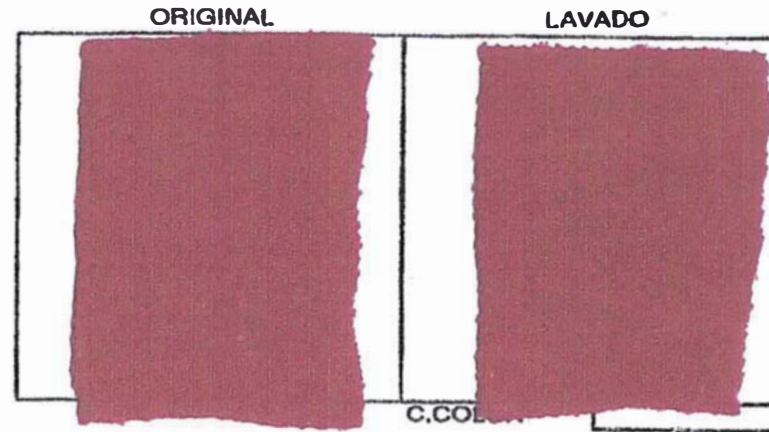




confecciones
TEXTIMAX S.A.

REPORTES DE SOLIDECEZ

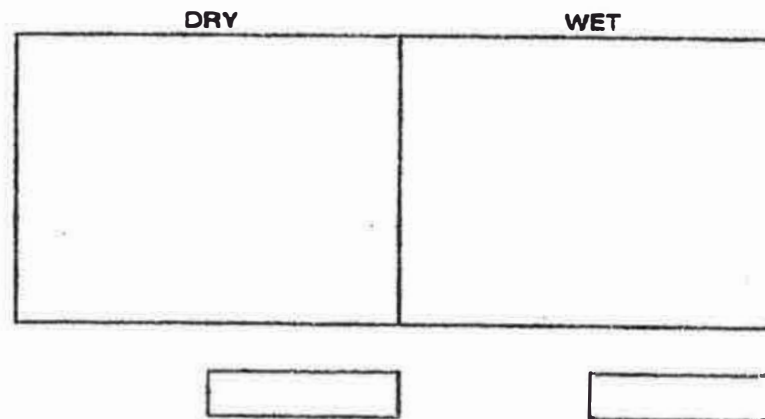
CLIENTE:
 COLOR:
 PARTIDA:
 ARTICULO:
 OP:
 FECHA:



Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A

Solidez al frote

**NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET**



ACETATO COTTON NYLON POLYESTER ACRILICO LANA

5	3-4	5	5	5	5
---	-----	---	---	---	---



confecciones
TEXTIMAX S.A.

REPORTES DE SOLIDECES

CLIENTE:

Chicos

COLOR:

Passional Red

PARTIDA:

Antipilling + Blanqueo

ARTICULO:

Ris L. 301 Jan

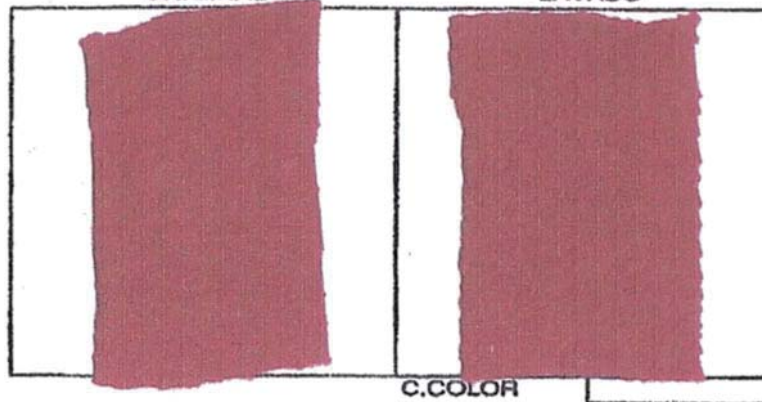
OP:

8862

FECHA:

ORIGINAL

LAVADO



Solidez al lavado NORMA AATCC 61-2A



ACETATO COTTON NYLON POLYESTER ACRILICO LANA

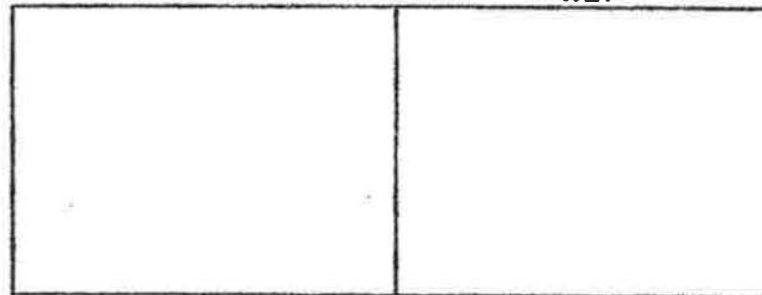
5	4	5	5	5	5
---	---	---	---	---	---

Solidez al frote

**NORMA AATCC-8
CROCKING DRY/WET**

DRY

WET



Anexo 7.4. Lecturas espectrofotométricas.

BRANCHH

Nombre de lote 1 de 1

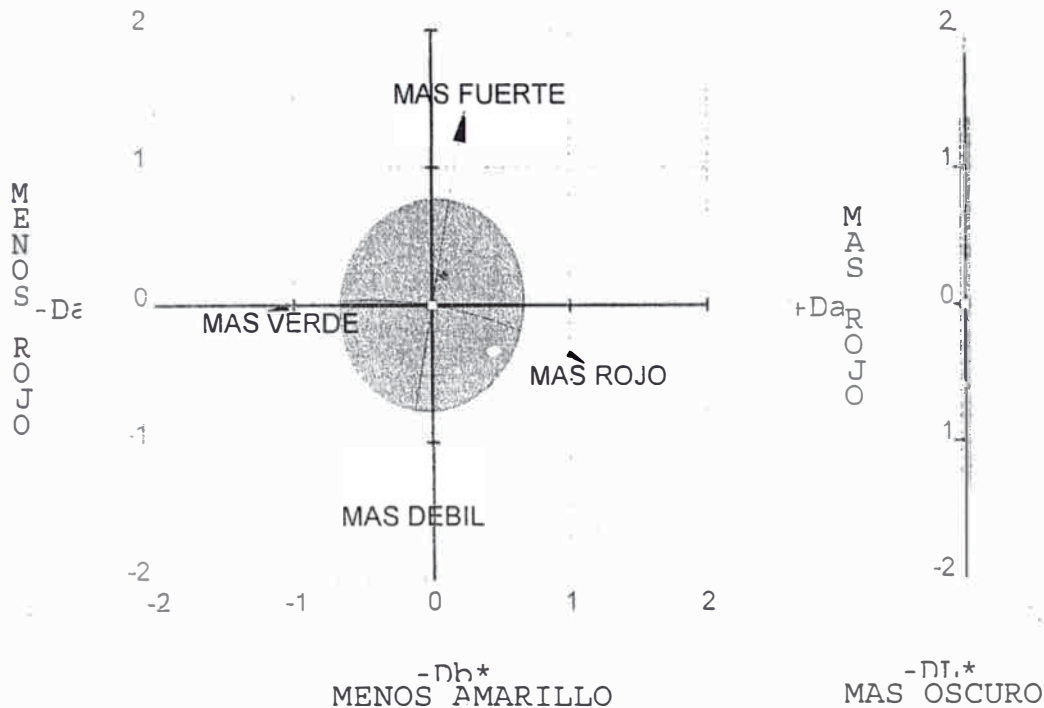
LO máx. est.: Integral %
LO máx. est.: Estado:

BQ PROPUESTO1

Fecha: 03-Apr-09 Hora: 14:13:15 El lote está : más oscuro
más saturado
más rojo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.60	0.09	0.21	0.23	-0.05	0.65
A 10 Deg	-0.60	0.14	0.24	0.27	0.08	0.66
D65 10 Deg	-0.62	0.14	0.19	0.23	-0.04	0.67

Fuerza: 105.71 % DE CMC = 0.52 **Pasa**
 MAS AMARILLO +Db* MAS CLARO +DL*



BRANCHH

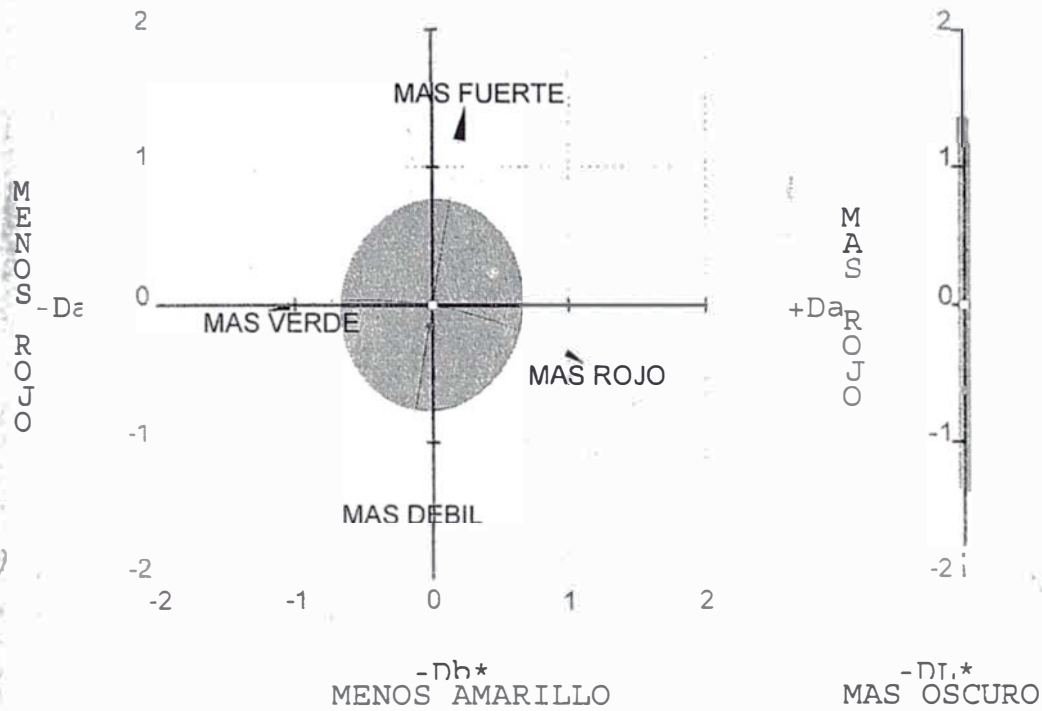
Nombre de lote 2 de 2 LO máx. est.: Integral %
 LO máx. est.: Estado:

BQ SIN ANTIPIILLING1

Fecha: 03-Apr-09 Hora: 14:15:19 El lote está : más oscuro
 menos saturado
 más rojo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.62	-0.02	-0.15	-0.15	0.00	0.64
A 10 Deg	-0.62	-0.02	-0.14	-0.11	-0.09	0.64
D65 10 Deg	-0.61	0.00	-0.13	-0.12	-0.06	0.63

Fuerza: 105.04 % DE CMC = 0.49 Pasa
 MAS AMARILLO +Db* MAS CLARO +DL*



NAVY

Nombre de lote 1 de 1

LO máx. est.: Integral %
 LO máx. est.: Estado:

BQ PROPUESTO1

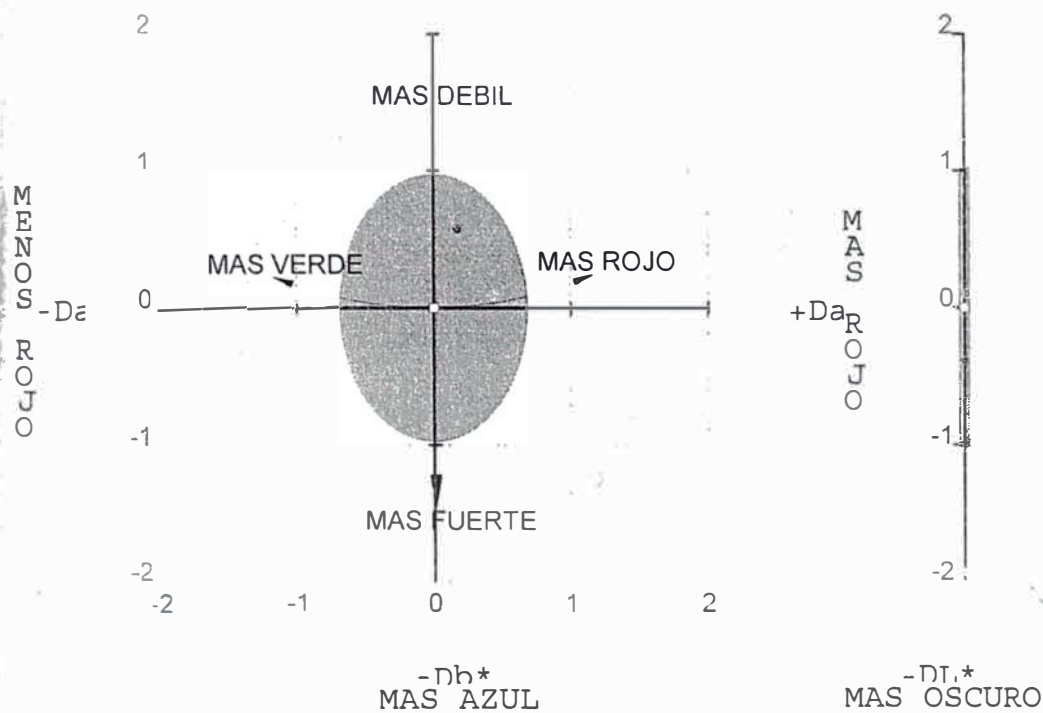
Fecha: 03-Apr-09

Hora: 14:19:41

El lote está : más oscuro
 menos saturado
 más rojo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.39	0.17	0.57	-0.56	0.18	0.71
A 10 Deg	-0.39	0.25	0.57	-0.49	0.38	0.73
D65 10 Deg	-0.45	0.21	0.47	-0.44	0.27	0.69

Fuerza: 104.55 % DE CMC = 0.70 **Pasa**
 MENOS AZUL +Db* MAS CLARO +DL*



NAVY

Nombre de lote 2 de 2

LO máx. est.:
LO máx. est.:

Integral %
Estado:

BQ SIN ANTIPILLING NAVY1

Fecha: 03-Apr-09

Hora: 14:22:13

El lote está : más oscuro
menos saturado
más rojo

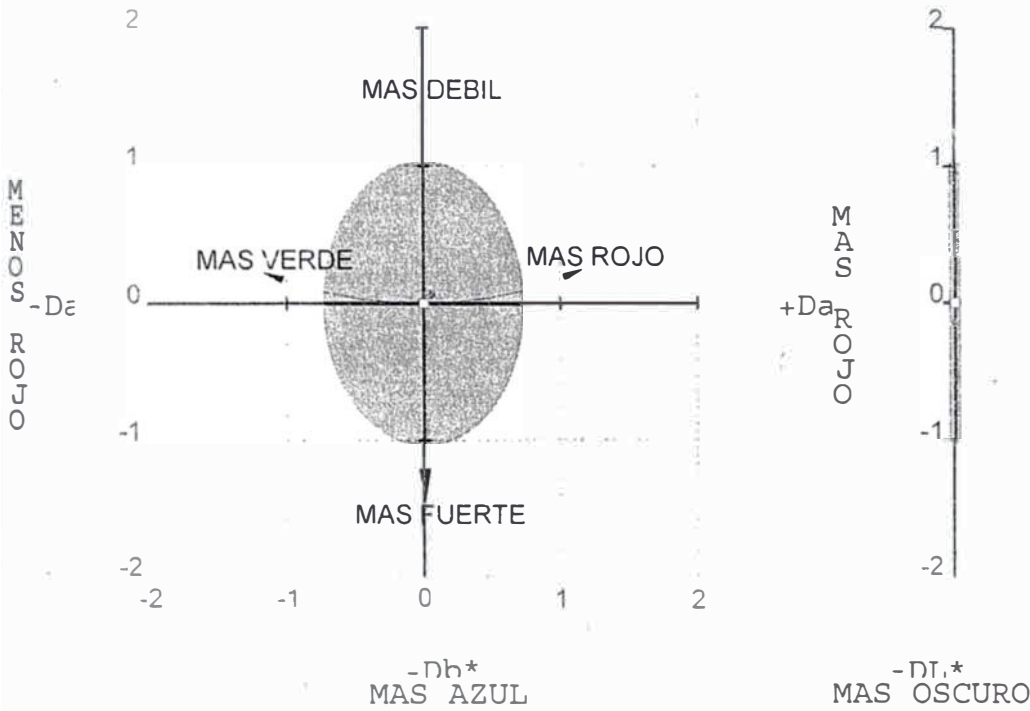
Illum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.14	0.05	0.06	-0.06	0.05	0.16
A 10 Deg	-0.13	0.11	0.09	-0.06	0.12	0.19
D65 10 Deg	-0.15	0.08	0.06	-0.05	0.09	0.18

Fuerza: 101.44 % DE CMC =

0.17 Pasa

MENOS AZUL
+Db*

MAS CLARO
+DL*



PASSIONATE

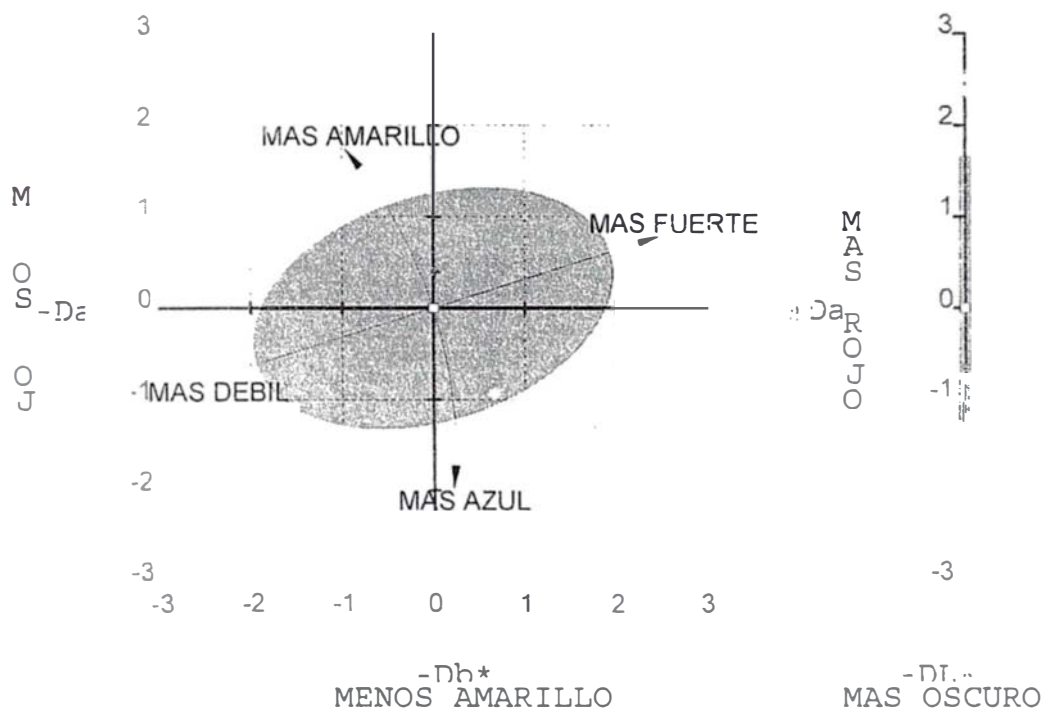
Nombre de lote 1 de 2 LO máx. est.: Integral %
 LO máx. est.: Estado:

BQ PROPUESTO1

Fecha: 03-Apr-09 Hora: 14:03:49 El lote está : más oscuro
 más saturado
 más amarillo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.65	0.01	0.40	0.14	0.38	0.76
A 10 Deg	-0.61	-0.05	0.47	0.18	0.44	0.77
D65 10 Deg	-0.63	0.00	0.44	0.12	0.42	0.76

Fuerza: 107.31 % DE CMC = 0.49 Pasa
 MAS AMARILLO MAS CLARO
 +Db* +DL*



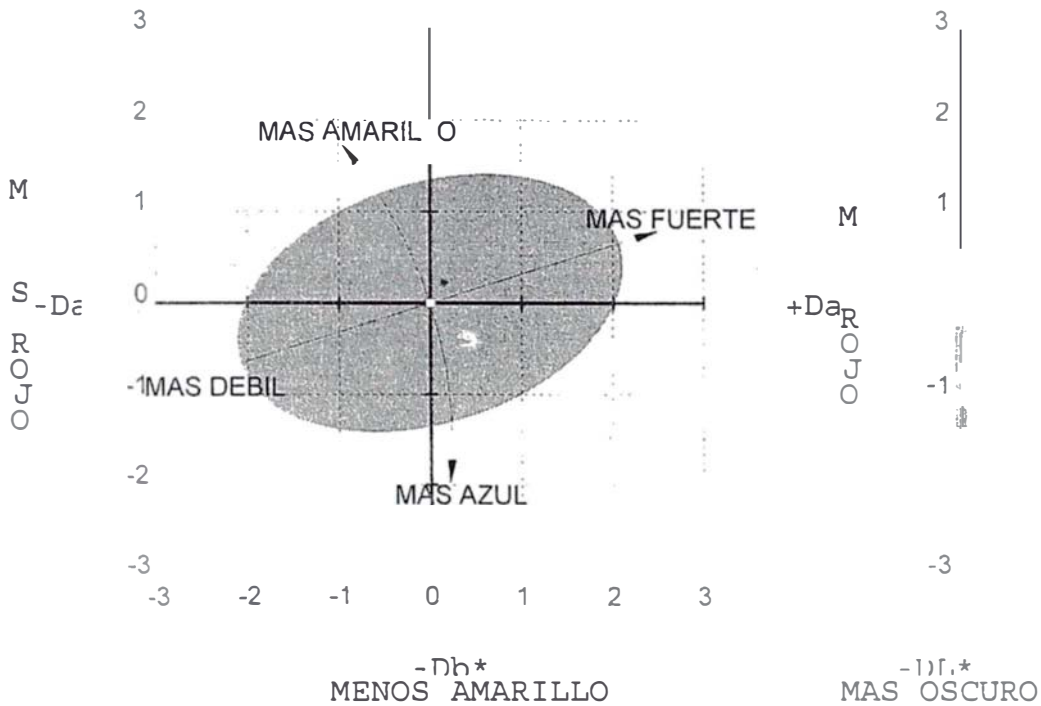
Nombre de lote 2 de 2
BQ SIN ANTIPIILLING1

LO máx. est.:
 LO máx. est.: Integral %
 Estado:

Fecha: 03-Apr-09 Hora: 14:05:47 El lote está : más oscuro
 más saturado
 más amarillo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.28	0.14	0.22	0.20	0.17	0.39
A 10 Deg	-0.25	0.09	0.31	0.23	0.23	0.41
D65 10 Deg	-0.28	0.16	0.24	0.22	0.18	0.40

Fuerza: 103.84 % DE CMC = 0.23 **Pasa**
 MAS AMARILLO +Db* MAS CLARO +DL*



que se está dando
ACK 1

1981 de 1981

Fecha de hoy: 27-Fen-09

LO máx. est.:
Integral %
LO máx. est.:
Estado:

Propuesto

1 de 3

05-09

Hora: 07:30:38

El lote está

más oscuro
menos saturado
más azul

Inte: Obs	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
17.0 Deg	-1.49	0.13	0.10	-0.10	0.04	1.50
19 Deg	-1.51	0.09	0.06	0.01	0.11	1.52
19.5 Deg	-1.53	0.18	0.02	-0.16	0.08	1.54

115.44 % DE CMC

MENOS AZUL
+Db*

1.38

MÁS AZUL
+DL*



más estándar
BLACK 1

1981 de 1981

Fecha de hoy: 27-Feb-09

Bo *Antipilling*

2 de 3

LO máx. est.:
LO máx. est.:

Integración:
Estad

.00

Hora: 07:31:15

El lote est:

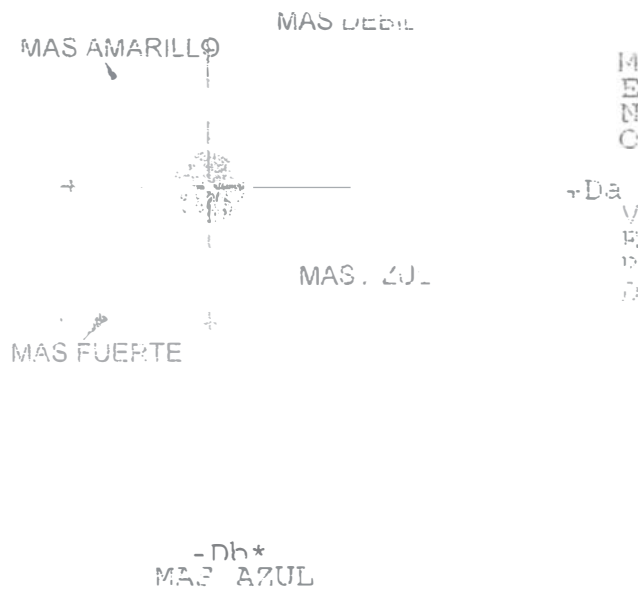
más saturado
más azul

Hurr /Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
402 10 Deg	-1.02	0.03	-0.08	0.04	0.07	1.03
410 10 Deg	-1.04	-0.04	-0.11	0.07	-0.09	1.05
D65 10 Deg	-1.04	0.03	-0.10	0.03	0.10	1.04

110.05 % DE CMC

0.94

MENOS AZUL
+Db*



mbre de estándar

392 de 1748

Fecha de hoy: 04-Jan-10

raway 1991

Nombre de lote

26 de 26

LO máx. est.:

Integral %

LO máx. est.:

Estado:

Metodo propuesto1

Fecha: 06-Dec-09

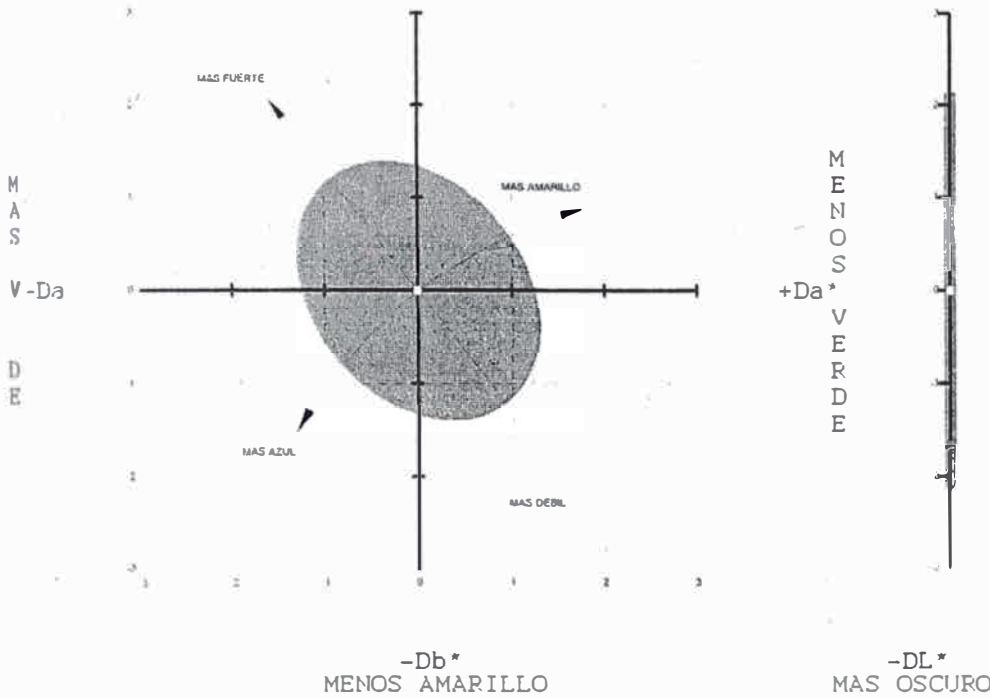
Hora: 05:17:37

El lote está : más oscuro
menos saturado
más amarillo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-1.66	0.80	-0.78	-1.11	-0.15	2.00
A 10 Deg	-1.59	0.99	-0.14	-0.84	-0.54	1.88
D65 10 Deg	-1.68	1.21	-0.58	-1.27	-0.42	2.15

Fuerza: 108.32 % DE CMC = 0.91 Pasa

MAS AMARILLO +Db* MAS CLARO +DL*



711044 OPAL BLUE JER 20/1 TAN

Nombre de lote 19 de 21

LO máx. est.: Integral %
 LO máx. est.: Estado:

2

Fecha: 06-Dec-09

Hora: 05:02:23

El lote está : más oscuro
 más saturado
 más azul

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.37	0.07	-0.29	0.11	0.27	0.47
A 10 Deg	-0.38	-0.04	-0.17	0.12	0.13	0.42
D65 10 Deg	-0.38	0.14	-0.23	-0.04	0.26	0.47

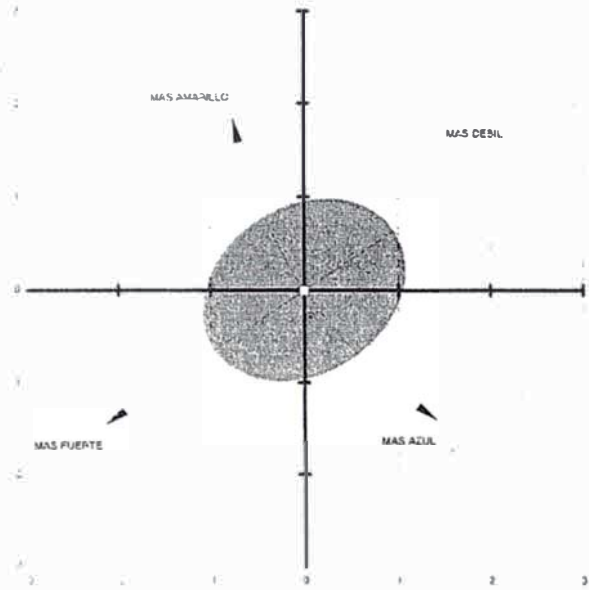
Fuerza: 105.03 % DE CMC =

0.34 Pasa

MENOS AZUL
 +Db*

MAS CLARO
 +DL*

M
A
S
V
E
R
D
E



M
E
N
O
S
+Da*
V
E
R
D
E



-Db*
 MAS AZUL

-DL*
 MAS OSCURO

311234 HELENE PIQUE PIMA

Nombre de lote 14 de 14

LO máx. est.: Integral %
 LO máx. est.: Estado:

Metodo propuesto1

Fecha: 06-Dec-09

Hora: 05:10:50

El lote está: más oscuro
 menos saturado
 más amarillo

Ilum./Obs.	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*
F02 10 Deg	-0.45	-0.40	0.45	-0.17	0.58	0.75
A 10 Deg	-0.47	-0.41	0.29	-0.25	0.43	0.69
D65 10 Deg	-0.44	-0.59	0.47	-0.44	0.62	0.87

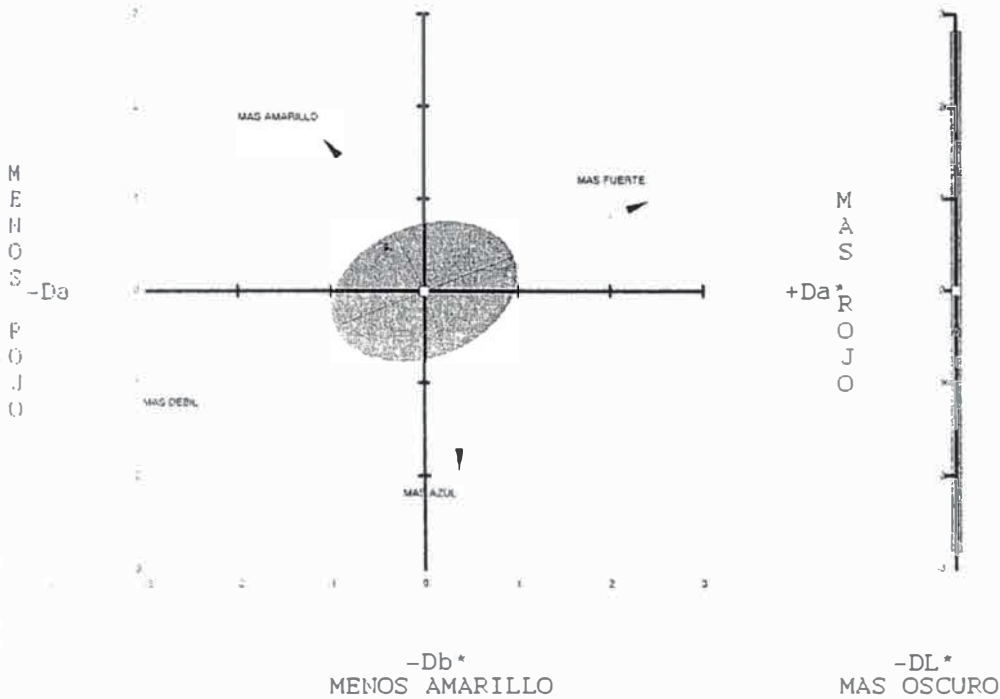
Fuerza: 109.81 % DE CMC =

0.84

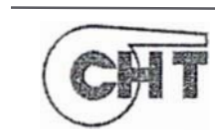
Pasa

MAS AMARILLO
 +Db*

MAS CLARO
 +DL*



Anexo 7.5. Fichas técnicas de productos químicos.



CHT R. BEITLICH GMBH

CHT-CATALASE BF

Carácter	Auxiliar enzimático para la destrucción de peróxido residual después del blanqueo
Estructura química	Catalasa
Aspecto	Líquido opalescente, amarillo-pardo
Carácter ionógeno	
Valor pH de una solución al 10 %	5,0 - 7,0
Peso específico a 20 °C	1,2
Estabilidades	Alcalis y ácidos perjudican la eficacia de CHT-CATALASE BF. El producto no tiene sensibilidad a las heladas.
Durabilidad	El producto mantiene toda su actividad enzimática durante 3 meses como mínimo, a una temperatura de almacenamiento de hasta 30 °C. Un tiempo de almacenamiento más largo encima de 30 °C es de evitar.

Propiedades

Debido a la sensibilidad parcialmente muy alta de colorantes reactivos hacia el peróxido, es necesario eliminar el peróxido residual del blanqueo previo mediante varios baños de enjuague fríos y calientes o mediante la adición de agentes para la destrucción del peróxido.

A través de CHT-CATALASE BF el peróxido residual es transformado catalíticamente en oxígeno inactivo y agua después del blanqueo.

La aplicación de CHT-CATALASE BF tiene las siguientes ventajas:

- consumo de agua mínimo
- ahorro de tiempo
- ninguna carga de las aguas residuales.

Técnica de aplicación

Instrucciones de dilución

CHT-CATALASE BF puede diluirse con agua fría en cualquier proporción.

Recomendación de aplicación

CHT-CATALASE BF es una enzima para la descomposición de H_2O_2 en oxígeno y agua. Como es el caso con todas las enzimas aplicadas en procesos de ennoblecimiento textiles, la catalasa requiere en principio ciertas condiciones determinadas para una eficacia óptima.

ámbito de pH eficaz: pH 4,0 - 9,0

temperatura de tratamiento: 20 – 60 °C

De esto normalmente resulta el siguiente curso de proceso:

blanqueo H_2O_2
↓
enjuague rebosadero
↓
baño nuevo
↓
0,2 - 0,5 g/l CHT-CATALASE BF
↓
10 minutos a 20 - 60 °C
↓
control del peróxido residual, p. ej. con palillos de prueba Merck
↓
tintura en el mismo baño

Datos respecto a la seguridad: consultar la hoja de seguridad.

Nos reservamos el derecho de modificar el producto y la hoja técnica.

Si desean más información y asistencia técnica, por favor pónganse en contacto con nuestro departamento de aplicación.

Nuestra asistencia técnica al cliente, que se realiza tanto por teléfono como personalmente, se efectúa a conciencia, incluso mediante pruebas en la práctica y en nuestros laboratorios. De todas maneras no asumimos compromiso alguno, ni siquiera en lo referente a posibles derechos de protección de terceros. Este servicio no exime al usuario de examinar él mismo nuestros productos en cuanto a su idoneidad para los procedimientos y fines deseados. Dado que la utilización, la aplicación y los tratamientos realizados con nuestros productos se llevan a cabo fuera de nuestras posibilidades de control, el usuario asume toda la responsabilidad.

CHA 09/01 - C H T, R. BEITLICH GMBH, Casilla Postal 12 80, D-72002 Tübingen, Bismarckstraße 102, D-72072 Tübingen, teléfono: 07071/154-0, Email: info@cht.com, Homepage: www.cht.com

® MEGAFINISH UL

para el tratamiento “anti-pilling”
de tejidos de algodón, celulosa regenerada y mezclas
y de prendas confeccionadas

COMPOSICION

mezcla de enzimas celulásicas

ESPECIFICACIONES

Aspecto	líquido pardo
Peso específico a 20°C	1.09 g/mL
Carga iónica	ausente
pH	4.8

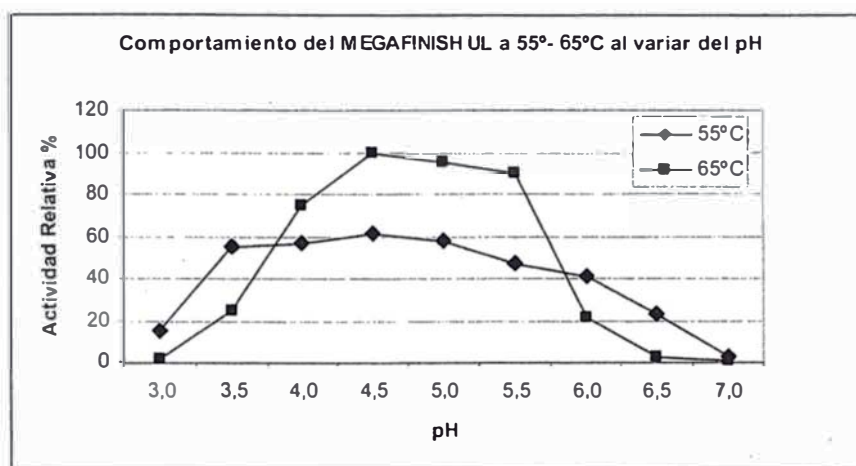
CARACTERISTICAS QUIMICO-FISICAS

Apariencia solución acuosa	límpida
Estabilidad al agua dura	óptima hasta 50° dH
Estabilidad a las variaciones de pH	óptima de pH 4.5 a pH 5.5
Poder espumante	prácticamente nulo
Compatibilidad	incompatible con biocidas, con productos cuaternarios de amonio y con tensioactivos alcalinos
Estabilidad al almacenaje	óptima en condiciones normales durante 3 meses. Evitar las heladas y temperaturas superiores a 35° C.

MEGAFI ISH UL es una mezcla seleccionada de enzimas celulásicas de alto rendimiento y de fácil empleo. Las celulasas contenidas en el MEGAFINISH UL degradan la celulosa por hidrólisis reduciendo las cadenas moleculares en cadenas más cortas.

MEGAFINISH UL confiere a los tejidos planos y de punto una apariencia más "limpia" y brillante, un tacto más agradable manteniendo al mismo tiempo buena hidrofiliidad.

MEGAFI ISH UL es menos sensible a las altas temperaturas respecto a otras celulasas ácidas comerciales, y puede operar entre 40 y 70 °C.



Trabajando con MEGAFINISH UL en overflow-jet o en barcas, se logran los siguientes resultados:

- ✓ eliminación del pilling
- ✓ se evita la adhesión del material, efecto no deseado en la línea de confecciones
- ✓ mejora el tacto
- ✓ la superficie de los tejidos resulta más limpia evidenciando su estructura
- ✓ mejora el brillo
- ✓ aumenta la flexibilidad por lo tanto se logra un tacto suave también con artículos open-end o mercerizados
- ✓ mejora la cosibilidad
- ✓ ninguna formación de pilosidad durante el uso de la prenda

Con MEGAFINISH UL tejidos de mala apariencia pueden adquirir puntos de calidad.

En el acabado de tejidos de algodón con MEGAFINISH UL es de mucha importancia la acción mecánica: esta permite lograr el efecto "biopolish" uniforme, sin veteados debidos a la acumulación de fibras degradadas difíciles de eliminar.

MEGAFINISH UL se utiliza en condiciones controladas de pH y de temperatura.

El empleo simultáneo de un antiqiebre (Isopal A39) es aconsejable tanto para tejidos livianos como para tejidos pesados, especialmente de viscosa, además **se sugieren pruebas experimentales para determinar la cantidad exacta de MEGAFINISH UL con el fin de evitar pérdida de resistencia del material.** Aconsejamos no utilizar antiqiebres a base de poliacrilamidas dado que pueden dar procesos de aglomeración y disminuir la acción enzimática.

MEGAFINISH UL no contiene tensoactivos y no produce espuma, se puede emplear en overflow-jet.

MEGAFINISH UL es completamente biodegradable.

CANTIDAD DE EMPLEO

Reportamos las condiciones ideales para overflow-jet con R.B. 1:10 :

pH:	4.5 - 5.0 (tolerancia 4.5 - 5.5)
Temperatura:	60°C
Duración:	15-90' (según el efecto deseado)
Velocidad:	150 - 250 m/min.
Do aje:	0.5 - 2.0% MEGAFINISH UL (se puede reducir en presencia de viscosa)
Antiarruga:	1 - 2 g/L Isopal A 39

Se recomienda ajustar el pH con ácido acético y acetato de sodio, con el material en movimiento por 5 - 10'; agregar MEGAFINISH UL y proceder con las condiciones mencionadas anteriormente **controlando que el pH se mantenga en los límites indicados.**

Desactivar la enzima enjuagando dos veces a 70 -80° C, luego con un enjuague frío o llevando el pH a 8 - 8.5 (con 0.5 g/L de carbonato de sodio) y enjuagando sucesivamente.

Anexo 7.6. Normas técnicas de solidez al lavado y pilling.

AATCC Método de prueba 61-1996

Estabilidad del color al lavado en casa y comercial: Pruebas aceleradas

Desarrollado en 1950 por el Comité AATCC RA60; revisado en 1952, 1954, 1957, 1960, 1961, 1970, 1972, 1986 (cambio de título), 1989, 1993, 1994, 1996; reconfirmado en 1956, 1962, 1965, 1968, 1969, 1975, 1980, 1985; revisado para publicación en 1973, 1974, 1975, 1976, 1981, 1983, 1984, 1991, 1995, 1998. Equivale parcialmente a ISO 105-C06.

1. Objetivo y alcance

1.1 Estas pruebas aceleradas de lavado sirven para evaluar la estabilidad de color a los lavados de aquellos textiles que deben resistir lavados frecuentes. La pérdida de color del tejido y los cambios en la superficie que genera la solución detergente y la acción abrasiva de cinco típicos lavados a mano, en casa o comerciales, con o sin cloro, se emulan aproximadamente por medio de una prueba de 45 minutos de duración (ver 9.2-9.6). Sin embargo, no siempre es posible repetir el efecto de descolorimiento producido por estos cinco típicos lavados a través de la prueba de 45 minutos. El descolorimiento es una función de la relación entre tejidos coloreados y sin teñir, el contenido de fibra de los tejidos en el acarreo por suspensión y otras condiciones en el empleo final que no siempre se pueden predecir.

2. Principio

2.1 Las muestras se prueban bajo condiciones adecuadas de temperatura, solución detergente, acción de decoloración y abrasiva, de modo que el cambio de color sea similar al que ocurre en cinco tipos de lavado a mano, en casa o comerciales. El cambio de color se logra en un tiempo breve muy conveniente. La acción abrasiva resulta de los efectos de rozamiento del tejido contra el recipiente, el bajo porcentaje de líquido y el impacto de las esferas de acero contra el tejido.

3. Terminología

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

3.2 lavado, s.—de materiales textiles, un proceso diseñado para eliminar suciedad y/o manchas por medio de un trata-

miento (lavado) con una solución detergente acuosa y que normalmente incluye el posterior enjuague, extracción de agua y secado.

4. Medidas de seguridad

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

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

4.2 Todos los productos químicos se deben manipular con cuidado.

4.3 El Detergente de referencia estándar WOB de AATCC, 1993 puede causar irritación. Se deben adoptar las medidas necesarias para evitar que el detergente entre en contacto con la piel y los ojos.

4.4 En las cercanías debe estar ubicada una ducha de seguridad para lavado de los ojos en casos de emergencia.

4.5 Se deben seguir las recomendaciones de seguridad del fabricante cuando se operan equipos de prueba de laboratorio.

5. Aparatos, reactivos y materiales

5.1 Máquina de lavar.

5.1.1 Una máquina de lavar para hacer girar recipientes cerrados en un baño de agua regulado termostáticamente a 40 ± 2 rpm (ver 12.1).

5.1.2 Recipientes de acero inoxidable Tipo 1 con cierre de palanca (ver 12.1) de 500 mL (1 pt), 7.5 x 12.5 cm (3.0 x 5.0 in.), para la Prueba N° 1A.

5.1.3 Recipientes de acero inoxidable Tipo 2 con cierre de palanca (ver 12.1) de 1200 mL, 9.0 x 20.0 cm (3.5 x 8.0 in.) para las Pruebas N° 2A, 3A, 4A y 5A.

5.1.4 Placas adaptadoras para sujetar los recipientes (ver 5.1.3) en

el eje de la máquina de lavar (ver 12.1).

5.1.5 Esferas de acero inoxidable, 0.6 cm (0.25") de diámetro (ver 12.1).

5.1.6 Empaquetaduras fluorocarbónicas con teflón (ver 7.4.2, 12.1 y 12.2).

5.1.7 Módulo de precalentamiento /almacenamiento (ver 7.4, 12.1 y 12.3).

5.2 Escalas para evaluar los resultados:

5.2.1 Escala de transferencia cromática de AATCC (ver 12.4).

5.2.2 Escala de grises para cambio de color (ver 12.4).

5.2.3 Escala de grises para coloración (ver 12.4).

5.3 Reactivos y materiales.

5.3.1 Tejidos de prueba de múltiples fibras N° 1 y FB (bandas de 0.8 cm [0.33"]), con bandas de acetato, algodón, nilón, seda, viscosa, rayón y lana. Tejidos de prueba de múltiples fibras N° 10 y FA (bandas de 0.8 cm [0.33"]) y N° 10A y AA (bandas de 1.5 cm [0.6"]), con bandas de acetato, algodón, nilón, poliéster, acrílico y lana (ver 12.5).

5.3.2 Tejido de prueba de algodón blanqueado, construcción de 32 x 32 hilos de urdimbre por cm (80 x 80 hilos de urdimbre por pulgada), 136 ± 10 g/m² (4.0 ± 0.3 oz/yd²), desaprestado, sin agente fluorescente de blanqueo (ver 12.5).

5.3.3 1993 Detergente de referencia estándar WOB de AATCC, 1993 (sin agente fluorescente de blanqueo y sin fosfato) (ver 10.5 y 12.6).

5.3.4 1993 Detergente de referencia estándar de AATCC, 1993 (con agente fluorescente de blanqueo) (ver 10.5 y 12.6).

5.3.5 Agua destilada o desmineralizada (ver 12.7).

5.3.6 Blanqueador de hipoclorito sódico (NaOCl) (ver 12.8).

5.3.7 Carbonato de sodio

5.3.8 Tela para prueba en frictómetro cortada en cuadrados de 5 cm (2") (ver 12.9).

5.3.9 Tarjetas blancas (montajes de muestras), con un mínimo coeficiente tricromático de y de 85%.

6. Muestras de prueba

6.1 Se requieren los siguientes tamaños de muestra para las distintas pruebas:

5.0 x 10.0 cm (2.0 x 4.0 in.) para la Prueba N° 1A,

5.0 x 15.0 cm (2.0 x 6.0 in.) para las Pruebas N° 2A, 3A, 4A y 5A.

6.2 Pruebe sólo una muestra en cada recipiente.

6.2.1 Pruebe una muestra por cada muestra de laboratorio. Para una

mayor precisión, puede ser aconsejable realiza réplicas.

6.3 Para determinar la decoloración en las Pruebas N° 1A y 2A, use tejido de múltiples fibras. Para determinar la decoloración en la Prueba N° 3A, use tejido de múltiples fibras o tejido de prueba de algodón blanqueado. En el caso de la Prueba N° 3A, el uso de un tejido de múltiples fibras es opcional, pero se descarta la decoloración de acetato, nilón, poliéster y acrílico, a menos que alguna de estas fibras esté presente en el tejido que se está examinando o se sabe que está en la prenda final. Para la Prueba 3A, se recomienda un tejido de múltiples fibras con cantos sellados por calor. En las Pruebas N° 4A y 5A no se determina la decoloración (ver 12.10 y 12.11).

6.4 Preparación de las muestras.

6.4.1 Preparación con tejido de múltiples fibras, con bandas de componentes individuales de 0.8 cm (0.33") de ancho o con tejido de prueba de algodón blanqueado. Prepare piezas con un cuadrado de 5.0 cm (2.0") de tejido de múltiples fibras o tejido de prueba de algodón blanqueado (según sea necesario) cocido, engrapado o unido de manera adecuada a lo largo de un canto de 5.0 cm (2.0") de la muestra de prueba y en contacto con el anverso del material. Si se usa tejido de múltiples fibras, únalo de manera tal que cada una de las seis bandas de fibra queden a lo largo del canto de 5.0 cm (2.0") de la muestra, con la lana en el lado derecho. Las bandas de fibra en el tejido de múltiples fibras estarán en sentido paralelo a la dirección longitudinal de la muestra de prueba.

6.4.2 Preparación con tejido de múltiples fibras, con bandas de componentes individuales de 1.5 cm (0.6") de ancho. Prepare piezas con un rectángulo de 5.0 x 10.0 cm (2.0 x 4.0 in.) de tejido de múltiples fibras cocido, engrapado o unido de manera adecuada, centrado a lo largo de un canto de 10.0 cm (4.0") o 15.0 cm (6.0") de la muestra de prueba y en contacto con el anverso del material. Únalo de manera tal que cada una de las seis bandas de fibra queden en sentido paralelo al ancho de la muestra. Una pieza de lana a la parte superior de la muestra, para evitar la pérdida de fibras.

6.4.3 Se recomienda que los tejidos de punto se cosan o engrapen en los cuatro cantos a piezas de tejido de prueba de algodón blanqueado de tamaño equivalente, para evitar cantos enrollados ayudar a obtener un resultado de prueba uniforme en toda la superficie. Una el tejido de múltiples fibras al anverso del tejido de punto.

6.4.4-Para muestras de tejido de pelo en que los pelos están en un

sentido de trama determinado, una el tejido de múltiples fibras en la parte superior de la muestra, con el sentido de la trama apuntando en dirección contraria a la parte superior de la muestra.

6.5 Cuando el textil que se probará es un hilado, las muestras se pueden probar con la Opción 1 o la Opción 2.

6.5.1 Opción 1. Teja el hilado en una máquina para muestras de tejidos de punto adecuado. Prepare las muestras y los tejidos de múltiples fibras de acuerdo a lo indicado en 6.1-6.4.3. Conserve una muestra de tejido de punto de cada muestra como un original sin lavar.

6.5.3 Prepare dos madejas de 110-m (120-yd) de cada hilado. Doble la madeja de modo que en los 5.0 cm (2") de ancho el hilado quede repartido de manera uniforme, con una longitud adecuada para el procedimiento que se usará. Conserve una madeja de cada muestra como un original sin lavar. Cosa o engrape cuadrados de tela para prueba en frictómetro (ver 12.9) o cuadrados de tejido de prueba de algodón blanqueado, de aproximadamente el mismo peso, doblados sobre cada extremo de la muestra de hilado en capas. Adhiera un tejido de múltiples fibras de acuerdo al punto 6.4.1 o 6.4.2.

7. Procedimiento

7.1 En la Tabla I se resumen las condiciones de las pruebas.

7.2 Ajuste la máquina de lavar para que mantenga la temperatura de baño deseada. Prepare el volumen de solución de lavar requerido. Precaliente esta solución hasta la temperatura indicada.

7.3 Realice la Prueba N° 1A en los recipientes de acero inoxidable con cierre de palanca de 7.5 x 12.5 cm (3.0 x 5.0 in.). Realice las pruebas 2A, 3A, 4A y 5A en recipientes de acero inoxidable con cierre de palanca de 9.0 x 20.0 cm (3.5 x 8.0 in.).

7.3.1 Para las Pruebas 1A, 2A y 3A, agregue la cantidad de solución de detergente indicada en la Tabla I al recipiente.

7.3.2 Para la Prueba N° 4A, prepare una solución de cloro utilizable de 1500 ppm. Para 1L, determine de la siguiente forma la cantidad de solución blanqueadora concentrada de hipoclorito sódico (ver 12.8) a diluir:

159.4% NaOCl = g por añadir

Pese la cantidad correcta de blanqueador en un matraz volumétrico y diluya hasta completar 1 L. Agregue a cada recipiente 5 mL de solución de cloro utilizable de 1500 ppm y 45 mL de solución detergente, lo que hace un volumen total de 50mL.

7.3.3 Para la Prueba N° 5A, determine de la siguiente forma la cantidad de solución blanqueadora concentrada de hipoclorito sódico (ver 12.8) a diluir:

4.54% NaOCl = g por añadir

Pese la cantidad correcta de blanqueador en una probeta graduada y agregue solución detergente hasta completar un volumen total de 150 mL. Prepare esta solución en forma separada para cada recipiente.

7.3.4 Para todas las pruebas, agregue a cada recipiente el número indicado de esferas de acero inoxidable.

7.4 En las dos opciones para precalentar los recipientes a la temperatura de prueba se usa la máquina de lavar o la unidad precalentadora/de almacenamiento. Si los recipientes van a ser precalentados en la máquina de lavar, vaya al punto 7.4.2.

7.4.1 Ubique los recipientes en el módulo precalentador a la temperatura de prueba indicada. Deben permanecer en el módulo por lo menos durante 2 min. En cada recipiente, introduzca una muestra de prueba bien arrugada.

7.4.2 Engrape las cubiertas en los recipientes. Se puede intercalar una empaquetadura fluorocarbónica con teflón (ver 5.1.6) entre la empaquetadura de neopren y la parte superior de cada recipiente, para evitar que la solución de lavado se contamine con neopren. Sujete los recipientes con cierre de palanca de 7.5 x 12.5 cm (3.0 x 5.0 in.) en forma vertical y los recipientes con cierre de palanca de 9.0 x 20.0 cm (3.5 x 8.0 in.) en forma horizontal en los adaptadores sobre el rotor de la máquina de lavar, de manera tal que cuando los recipientes giren, las cubiertas golpeen primero el agua. Ponga un número igual de recipientes en cada lado del eje. Para recipientes precalentados en el módulo, va a al punto 7.7.

7.5 Eche a andar rotor y hágallo funcionar durante al menos 2 min para precalentar los recipientes.

7.6 Detenga el rotor y con una fila de recipientes en posición de pie, suelte la cubierta de un recipiente, introduzca una muestra de prueba bien arrugada en la solución y vuelva a colocar la cubierta en su lugar, pero no la engrape. Repita esta operación hasta que termine de cargar todos los recipientes en la fila. Luego engrape las cubiertas en el mismo orden en que se cargaron los recipientes (demore el engrapado de las cubiertas, para permitir la igualación de la presión). Repita esta operación hasta terminar de cargar todas las filas de recipientes.

7.7 Eche a andar la máquina de lavar y hágallo funcionar a 40 ± 2 rpm durante 45 min.

7.8 Los procedimientos de enjuague, extracción y secado son iguales para todas las pruebas. Detenga la máquina, saque los recipientes y vacíe su contenido en vasos para análisis, manteniendo cada muestra de prueba en un vaso separado. Enjuague

cada muestra de prueba tres veces en vasos para análisis, en agua destilada o desmineralizada a $40 \pm 3C$ ($105 \pm 5F$) por períodos de 1 min, agitando y es-trujando ocasionalmente con la mano. Para eliminar el exceso de agua, centrifugue, seque con papel secante o pase las muestras de prueba a través de rodillos escurridores. Seque las muestras en una estufa con circulación de aire en que la temperatura no exceda los $71C$ ($160F$) o séquelas, dentro de una bolsa de malla de nilón, en una secadora de tambor automática en ciclo normal que tenga una temperatura de aspiración de $60-71C$ ($140-160F$) o deje secar al aire.

7.9 Deje que las muestras se acondicionen a una humedad relativa de $65 \pm 2\%$ y $21 \pm 1C$ ($70 \pm 2F$) durante 1 hora antes de evaluarlas.

7.10 Prepare muestras de tejidos probados y tejidos adyacentes para su evaluación, cortando las hebras deshilachadas y cepillando levemente para eliminar cualquier fibra y hebra suelta de las superficies de los tejidos. Cepille las muestras de tejido de pelo en la dirección requerida, para restablecerlas en forma tan parecida como sea posible al ángulo de la trama que tienen las muestras no tratadas. Las muestras se deben alisar o aplanar si están arrugadas y desordenadas debido al lavado y/o secado. Las muestras se pueden montar sobre tarjetas para facilitar la identificación y manipulación durante su evaluación. Para consistencia en el material de respaldo, use tarjetas de montaje blanca con un valor tricromático Y de al menos 85%. El material de montaje no debe ser visible en el área que será observada y no debe interferir con la clasificación, según se especifica en el punto 5.1 de los Procedimientos de Evaluación 1 y 2 para la Escala de grises para cambio de color y Escala de grises para coloración o evaluación instrumental del color de acuerdo con el Procedimiento de evaluación 7 de AATCC, Evaluación instrumental del cambio de color de una muestra de prueba.

7.10.1 Antes de compararlas con el original sin lavar, las muestras de madejas de hilado se deben peinar y cepillar para una mejor alineación de la hebras. Es posible que las muestras originales también necesiten un peinado y cepillado, adicional para que su aspecto sea más uniforme.

Evaluación

8.1 Evaluación del cambio de color.

8.1.1 Evalúe el cambio de color de las muestras de prueba de la forma que se indica en el Procedimiento de evaluación 1 usando la Escala de grises para cambio de color. Para una mayor precisión y exactitud, las muestras

deben ser clasificadas por más de un clasificador.

Clase 5—cambio insignificante o ningún cambio, como se indica en el Paso 5 en la Escala de grises.

Clase 4.5—cambio de color equivalente al Paso 4.5 de la Escala de grises.

Clase 4—cambio de color equivalente al Paso 4 de la Escala de grises.

Clase 3.5—cambio de color equivalente al Paso 3.5 de la Escala de grises.

Clase 3—cambio de color equivalente al Paso 3 de la Escala de grises.

Clase 2.5—cambio de color equivalente al Paso 2.5 de la Escala de grises.

Clase 2—cambio de color equivalente al Paso 2 de la Escala de grises.

Clase 1.5—cambio de color equivalente al Paso 1.5 de la Escala de grises.

Clase 1—cambio de color equivalente al Paso 1 de la Escala de grises.

8.1.2 El cambio de color se puede determinar cuantitativamente midiendo la diferencia de color entre la muestra sin lavar y una muestra de prueba, usando un colorímetro o espectrofotómetro idóneo con el software adecuado (ver Procedimiento de evaluación 7 de AATCC, Evaluación instrumental del cambio de color de una muestra de prueba).

8.2 Evaluación de la coloración.

8.2.1 Evalúe la coloración (ver 12.10) como se indica en el Procedimiento de evaluación 2 usando la Escala de grises para coloración o como se indica en el Procedimiento de evaluación 3 usando la Escala de transferencia cromática. Se debe indicar la escala usada al reportar los resultados de las pruebas.

Clase 5—transferencia de color insignificante o ninguna transferencia.

Clase 4.5—transferencia de color equivalente al Paso 4-5 de la Escala de grises para coloración.

Clase 4—transferencia de color equivalente al Paso 4 de la Escala de grises para coloración, o la Fila 4 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 3-5—transferencia de color equivalente al Paso 3-4 de la Escala de grises para coloración.

Clase 3—transferencia de color equivalente al Paso 3 de la Escala de grises para coloración o la Fila 3 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 2.5—transferencia de color equivalente al Paso 2-3 de la Escala de grises para coloración.

Clase 2—transferencia de color equivalente al Paso 2 de la Escala de grises para coloración o la Fila 2 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 1.5—transferencia de color equivalente al Paso 1-2 de la Escala de grises para coloración.

Clase 1—transferencia de color equivalente al Paso 1 de la Escala de grises para coloración o la Fila 1 de la Escala de transferencia cromática.

8.2.2 El color transferido al tejido de múltiples fibras o al cuadrado del tejido de prueba de algodón blanqueado del punto 6.4.1 se puede determinar cuantitativamente midiendo la diferencia de color entre un trozo del material original y el material coloreado. Los tejidos de múltiples fibras N° 10A o FAA tienen bandas de un ancho suficiente para estar dentro del diámetro de abertura de muchos colorímetros y espectrofotómetros (ver Procedimiento de evaluación 6, Medición instrumental del color, y el punto 12.14).

9. Interpretación de los resultados

9.1 Los resultados de estas pruebas buscan emular los efectos del cambio de color (ver 1.1) de cinco lavados corrientes en casa o comerciales. e trata de pruebas aceleradas y para obtener el nivel de aceleración requerido, algunas de las condiciones como la temperatura fueron exageradas deliberadamente. Estas pruebas se han mantenido mayormente inalteradas durante muchos años, mientras que los detergentes, las lavadoras y las secadoras, los procedimientos de lavado y los tejidos han cambiado (ver el artículo "Estandarización de las condiciones de prueba del lavado casero," en este MANUAL TÉCNICO). En consecuencia, es recomendable interpretar los resultados de las pruebas con cierta cautela.

9.2 Prueba N° 1A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color de textiles que en teoría deben resistir frecuentes lavados a mano a baja temperatura. La muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco cuidadosos lavados típicos a mano a una temperatura de $40 \pm 3C$ ($105 \pm 5F$).

9.3 Prueba N° 2A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al "lavar" vado de textiles que en teoría deben resistir frecuentes lavados a máquina a baja temperatura, tanto en casa como en lavanderías comerciales. Las muestras sometidas a esta prueba debe mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a $38 \pm 3C$ ($100 \pm 5F$) o por cinco lavados a máquina en casa a un nivel de temperatura media o caliente a $38 \pm 3C$ ($100 \pm 5F$).

9.4 Prueba N° 3A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles considerados lavables bajo condiciones intensas.

Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a $49 \pm 3C$ ($120 \pm 5F$) o por cinco lavados a máquina en casa a $60 \pm 3C$ ($140 \pm 5F$), en ambos casos sin cloro.

9.5 Prueba N° 4A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles lavados cuando hay cloro utilizable. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a $71 \pm 3C$ ($160 \pm 5F$) con 1.9 L (2.0 cuartos de galón) de 1% de cloro utilizable por cada 45.4 kg (100.0 libras) de carga (fórmula de lavado de ropa blanca) o por cinco lavados a máquina en casa a $63 \pm 3C$ ($145 \pm 5F$), con 3.74 g por L (0.50 onzas/gal) de cloro utilizable al 5% por cada 3.6 kg (8.0 libras) de carga.

9.6 Prueba N° 5A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles que se pueden lavar con cloro utilizable. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados a máquina en casa a $49 \pm 3C$ ($120 \pm 5F$) con 200 ± 1 ppm de cloro utilizable.

10. Reporte

10.1 Reporte el número de la prueba.

10.2 Reporte el número de clase determinado para el cambio de color en 8.1 y los números de clase de coloración para las fibras evaluadas en el tejido de múltiples fibras y/o tejido de prueba de algodón blanqueado determinados en 8.2.

10.3 Indique la escala (Escala de grises para coloración o Escala de transferencia cromática de AATCC) que se usó para evaluar la coloración (ver 12.12).

10.4 Reporte el tejido de múltiples fibras usado y si se usó el tejido de prueba de algodón blanqueado para evitar que se enrolle el tejido de punto.

10.5 Reporte el detergente usado con los resultados de cambio de color y coloración (ver 12.6).

10.6 Reporte la máquina de lavar que se usó.

11. Precisión y sesgo

11.1 Se han desarrollado informes de precisión y sesgo para las Pruebas N° 2A y 5A. Aunque se ha realizado un trabajo de correlación, no se han elaborado informes de precisión y sesgo para las Pruebas N° 1A, 3A y 4A.

11.1.1 Debido a cambios en los detergentes usados en este método, es posible que estos informes de precisión y sesgo no sean aplicables a los datos o información obtenidos con los detergentes disponibles actualmente.

11.2 Prueba N° 2A.

11.2.1 *Resumen.* En mayo de 195 se realizó una prueba entre laboratorios para determinar la precisión de la Prueba N° 2A. Una parte de la prueba fue para determinar si el tejido de múltiples fibras N° 10A más ancho de 1.5cm (0.6") se podía sustituir por el tejido N° 10 de 0.80 cm (0.33") de ancho. La prueba completa consistió en la evaluación realizada por seis laboratorios, donde un operador evaluó 10 materiales en duplicado usando la Prueba N° 2A.

11.2.2 *Cambio del color.* Tres clasificadores de seis laboratorios evaluaron en forma independiente nueve materiales en duplicado usando la Escala de grises para cambio de color. Los componentes de la varianza, como desviaciones estándar de las clases de estabilidad del color (promedios de las varianzas para tejidos de múltiples fibras N° 10 y N° 10A) se calcularon de la siguiente manera:

Operador individual	
Componente	0.29
Dentro de un laboratorio	
Componente	0.29
Entre laboratorios	
Componente	0.29

11.2.3 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza reportados en el punto 11.2.2, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la Tabla II.

11.2.4 *Coloración.* Tres clasificadores clasificaron en forma independiente las seis fibras del tejido de múltiples fibras (N° 10 y N° 10A) para 10 materiales en seis laboratorios usando la Escala de grises para coloración. De las 60 combinaciones de fibra/tejido posibles, sólo se podían usar 51. Los componentes de la varianza fueron promediados para los tejidos de múltiples fibras N° 10 y N° 10A y aparecen a continuación como desviaciones estándar de las clasificaciones de coloración:

Operador individual	
Componente	0.27
Dentro de un laboratorio	
Componente	0.34
Entre laboratorios	
Componente	0.25

11.2.5 *Diferencias críticas.* Diferencias críticas. Para los componentes de la varianza reportados en el punto 11.2.4, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidades de 95% si la diferencia es igual o mayor que las

diferencias críticas que se muestran en la Tabla III.

11.2.6 *Sesgo.* Las pruebas que comparan cinco lavados en casa a 40C (105F) con una Prueba N° 2A en Launder-Ometer indican que no hay sesgo entre los dos métodos con relación a los niveles de estabilidad del color y coloración evaluados.

11.3 Prueba N° 5A, Blanqueador de cloro.

11.3.1 *Resumen.* En 1984 se realizó una prueba entre laboratorios para establecer la precisión de la Prueba N° 5A para determinar el efecto del blanqueador de cloro en la estabilidad del color de los tejidos. Todas las muestras fueron lavadas por un operador en una Launder-Ometer. En la Prueba N° 5, el cambio de color fue determinado tanto visualmente como por medio de instrumentos. En el reporte Third Interlaboratory Study of Proposed Launder-Ometer Test for Colorfastness of Fabrics to Chlorine and Non-Chlorine Bleaches (Tercer estudio entre laboratorios de la prueba de Launder-Ometer propuesta para evaluar la estabilidad del color de tejidos a blanqueadores con y sin cloro), 21 de octubre de 1985, por J. W. Whitworth, Milliken Research Corp., Spartanburg, C., se pueden encontrar detalles acerca de los análisis estadísticos de los datos.

11.3.2 *Evaluación visual.* En cada uno de los cinco laboratorios se probaron cuatro materiales. Tres clasificadores evaluaron visualmente el cambio de color de las cuatro muestras. Los componentes de la varianza como desviaciones estándar de las clases de estabilidad del color se calcularon de la siguiente forma:

Operador individual	
Componente	0.38
Dentro de un laboratorio	
Componente	0.28
Entre laboratorios	
Componente	0.27

11.3.3 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza en 11.3.2, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes en el nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la IV.

11.3.4 *Evaluación instrumental.* El cambio de color como diferencia total de color (CTELAB) se midió en un espectrofotómetro o colorímetro usando aberturas cuyo tamaño oscila entre 1.3 y 5.1 cm (0.5-2.0 in.) en diámetro, observador del patrón de luz $D_{15}/10^\circ$ u observador del patrón de luz $C/2^\circ$. Se probaron seis materiales en cada uno de los seis laboratorios. Un operador en cada laboratorio probó cuatro muestras de cada tejido. Los componentes de la

varianza para ΔE^* expresados como coeficientes de variación se calcularon de la siguiente manera:

Operador individual	
Componente	6.8%
Entre laboratorios	
Componente	11.2%

11.3.5 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza reportados en 11.3.4, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la Tabla V.

11.3.6 *Sesgo.* Las pruebas que comparan cinco lavados en casa a 49C (120F) con una Prueba K" 5 A en Launder-Ometer, indican que no hay sesgo entre los dos métodos con relación a los niveles de estabilidad del color evaluados (ver 12.13).

12. Notas

12.1 Una máquina de lavar, la Launder-Ometer (una marca registrada de Atlas Electric Devices), está disponible con accesorios en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/ 327-4520; fax: 773/327-5787.

12.2 Tellón es una marca registrada de DuPont Co. Wilmington DE 19898.

12.3 La unidad precalentadora/de almacenamiento puede ser una unidad adyacente a la máquina de lavar o un módulo separado con su calentador eléctrico individual y su termostato para controlar las temperaturas del baño de María para calentar los contenedores y soluciones antes de cargar la máquina de lavar.

12.4 Disponible en AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: rders@aatcc.org.

12.5 Los tejidos de múltiples fibras N° 1, N° 10 y N° 10A están disponibles en Testfabrics Inc., P.O. Box 26,415 Delaware St., W. Pitts-ton PA 18643; tel.: 717/603-0432; fax: 717/ 603-0433. Los tejidos de múltiples fibras FA, FB y FAA están disponibles en Textile Innovators Corp., P.O. Box 8, Windsor NC 27983; tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704. El tejido de prueba de algodón blanqueado en construcción de 32 x 32 de urdimbre por cm (80 x 80 hilos de urdimbre por pulgada), $136 \pm 10 \text{ g/m}^2$ ($4.0 \pm 0.3 \text{ oz/ d}^2$) y sin agente fluorescente de blanqueo está disponible en ambos proveedores.

12.6 El Detergente de referencia estándar WOB (sin agente fluorescente de blanqueo) de AATCC, 1993, una formulación compacta, es el detergente Ambos detergentes están disponibles en AATCC, P.O. Box 12215. Research Triangle Park C 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-937.

12.7 Use agua destilada o desmineralizada de no más de 15 ppm

de dureza para disolver el detergente y para las soluciones de prueba.

12.8 Use un blanqueador de hipoclorito sódico adquirido dentro de los últimos seis meses para la solución concentrada.

12.8.1 Para confirmar la actividad de la solución de hipoclorito concentrada, pese 2.00 g de hipoclorito sódico líquido en una probeta Erlenmeyer y dilúyalo con 50 mL de agua desmineralizada. Agregue 10 mL de ácido sulfúrico al 10% y 10 mL de yoduro de potasio al 10%. Titule con 0.1 de tiosulfato de sodio hasta que quede incoloro.

Cálculo:

% de hipoclorito sódico =

$$\frac{(Ml \ Na, S, O, \ 10.1N)(0.03722)}{(2.00 \ g \ NaOCl)}$$

El factor 0.03722 se deriva multiplicando el peso molecular del NaOCl (74.45 g/mol) por 0.001 (conversión mL a L) y dividiendo luego por 2 (moles de tiosulfato por hipoclorito).

12.8.2 El poder oxidante del hipoclorito sódico se expresa habitualmente en términos de cloro utilizable, la cantidad equivalente de cloro diatómico presente. Una solución de NaOCl al 5.25% contiene 50,000 ppm de cloro utilizable.

12.9 La tela para prueba en frictómetro, algodón peinado de 32 x 33 hilos de urdimbre por cm (80 x 84 hilos de urdimbre por pulgada) desaprestado, blanqueado (sin blanqueador fluorescente ni material de acabado presente) está disponible en los siguientes proveedores: Testfabrics Inc., P.O. Box 26, 415 Delaware St, W. Pitts-ton PA 18643; tel: 717/ 603-0432; fax: 717/603-0433; Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave^ Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/ 327-5787; y Textile Innovators Corp., P.O. Box 8, WadsorNC 27983; tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704.

12.10 i para las Pruebas N° 4A y 5A se necesitan evaluaciones de coloración, se pueden llevar a cabo usando las correspondientes Pruebas N* 2A o 3A, las que no usan blanqueador. La Prueba N° 2A es la alternativa sin blanqueador para la Prueba N" 5 A y la Prueba N* 3A es la alternativa sin blanqueador para la Prueba ° 4A,

12.11 i se usa tejido de múltiples fibras en conjunto con las pruebas 4A o 5A, la lana puede absorber el cloro dejando muy poco para la acción blanqueadora. La lana se puede sacar del tejido de múltiples fibras antes de las pruebas para eliminar este efecto.

12.12 Para evaluaciones muy críticas y en casos de arbitraje, las clases se deben basar en la Escala geométrica de grises para coloración.

12.13 Para información adicional sobre de sesgo entre la Prueba N° 5 A y cinco lavados caseros, vea la Fig. 1 en Interlaboratory tudy of Proposed Launder-Ometer Test for Cotorfest-tress of Fabrics to Chlorine and Noo-Chlorine Bleaches, Reporte al Comité AATCC RA60, Estabilidad del color a los métodos de prueba de lavado, noviembre de 1984, New York NY, por L. B. Farmer y J. W. Whitworth de Milliken Research Corp., Spartanburg SC, y J- G. Tew, Centro Técnico de AATCC, Research Trisngk PatkNC.

12.14 El Procedimiento de evaluación de AATCC entrega un método para calcular las clases de la Escala de Grises a, partir de los datos de medición del color.

Tabla I : Condiciones de la prueba

Prueba	Temperatura		Volumen total de solución	Porcentaje de detergente del volumen total	Cloro utilizable del volumen total	Nº de bolas de acero	Tiempo
	C	F					
1A	40	105	200ml	0.37%	none	10	45 min
2A	49	120	150	0.15	none	50	45
3A	71	160	50	0.15	none	100	45
4A	71	160	50	0.15	0.02%	100	45
5A	49	120	150	0.15	0.027	50	45

En la sección 9 se indican los objetivos de cada método de prueba.

Tabla II: Diferencias críticas, clases, para la condición observada

de observaciones	Precisión del operador individual	Precisión dentro de un laboratorio	Precisión entre laboratorios
1	0.8	1.12	1.37
3	0.46	0.92	1.21
5	0.36	0.87	1.18

Tabla III: Diferencias críticas, clases, para la condición observada

Nº de observaciones	Precisión del operador individual	Precisión dentro de un laboratorio	Precisión entre laboratorios
1	0.75	1.20	1.39
3	0.43	1.03	1.25
5	0.33	1.00	1.22

Tabla IV: Diferencias críticas, clases, para la condición observada

Nº de observaciones	Precisión del operador individual	Precisión dentro de un laboratorio	Precisión entre laboratorios
1	1.03	1.29	1.49
3	0.59	0.98	1.23
5	0.46	0.91	1.17

Tabla V: Diferencias críticas, clases, para la condición observada

Nº de observaciones	Precisión del operador individual	Precisión entre laboratorios
1	18.7	36.2
3	10.8	32.8
5	8.4	32.1

Tabla II, III, IV : Las diferencias críticas fueron calculadas usando $t = 1.950$ lo que se basa en grados infinitos de libertad.

Tabla V : Las diferencias críticas fueron calculadas usando $t = 1.950$ lo que se basa en grados infinitos de libertad. Para convertir los valores de las diferencias críticas en unidades de medición, multiplique las diferencias críticas por el promedio de los dos conjuntos específicos de datos que se están comparando y luego divida por 100.

Standard Test Method for Pilling Resistance and Other Related Surface Changes of Textile Fabrics: Random Tumble Pilling Tester¹

This standard is issued under the fixed designation D 3512; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the resistance to the formation of pills and other related surface changes on textile fabrics using the random tumble pilling tester. The procedure is generally applicable to all types of woven and knitted apparel fabrics.

Note 1—For other test methods for the pilling resistance of textiles, refer to Test Methods D 3511, D 3514, and D 4970.

1.2 Some fabrics that have been treated with a silicone resin may not be satisfactorily tested by this procedure because the silicone resin may transfer onto the cork liners in the test chamber and cause erroneous results.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as the standard. Within the text, the inch-pound units are to be regarded as the standard. Within the text, the inch-pound units are shown in parentheses. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 123 Terminology Relating to Textiles²

D 1776 Practice for Conditioning and Testing Textiles²

D 3511 Test Method for Pilling Resistance and Other Related Surface Changes of Textile Fabrics: Brush Pilling Tester³

D 3514 Test Method for Pilling Resistance and Other Related Surface Changes of Textile Fabrics: Elastomeric Pad³

D 4970 Test Method for Pilling Resistance and Other Re-

lated Surface Changes of Textile Fabrics (Martindale Pressure Tester Method)¹

F 104 Classification System for Nonmetallic Gasket Materials⁴

2.2 ASTM Adjuncts:

12-435120-00 Set of 5 Photographic Standards for Random Tumble Pilling Test⁵

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *fuzz*, *n*—untangled fiber ends that protrude from the surface of a yarn or fabric.

3.1.2 *pilling resistance*, *n*—resistance to the formation of pills on the surface of a textile fabric.

3.1.3 *pills*, *n*—bunches or balls of tangled fibers which are held to the surface of a fabric by one or more fibers.

3.1.4 For definitions of other textile terms used in this test method, refer to Terminology D 123.

4. Summary of Test Method

4.1 Pilling and other changes in surface appearance, such as fuzzing, that occur in normal wear are simulated on a laboratory testing machine. Pills are caused to form on fabric by a random rubbing action produced by tumbling specimens in a cylindrical test chamber lined with a mildly abrasive material. To form pills with appearance and structure that resemble those produced in actual wear, small amounts of short-length gray cotton fiber are added to each test chamber with the specimens. The degree of fabric pilling is evaluated by comparison of the tested specimens with visual standards that may be actual fabrics, or photographs of fabrics, showing a range of pilling resistance. The observed resistance to pilling is reported using an arbitrary rating scale.

5. Significance and Use

5.1 *Acceptance Testing*—This test method of fabrics for resistance to pilling is not recommended for acceptance testing. If it is used for acceptance testing, it should be used with caution because the between-laboratory precision is poor. In some cases the purchaser and the supplier may have to test a

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.60 on Fabric Test Methods, Specific.

Current edition approved April 10, 1999. Published June 1999. Originally published as D 3512 - 76. Discontinued November 1995 and reinstated as D 3512 - 96.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 07.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 07.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.02.

⁵ Available from American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380. Request ADJD3512.

ial shipment of one or more specific materials by the table test method, even though the test method is not needed for acceptance testing.

If there are differences of practical significance reported test results for two laboratories (or more), tentative tests should be performed to determine if there is a real bias between them, using competent statistical methods. As a minimum, the test samples should be used that are as homogeneous as possible, drawn from the material from which the disparate test results were obtained, and randomly selected in equal numbers to each laboratory for testing. Other methods with established test values may be used for this purpose. The test results from the two laboratories should be compared using a statistical test for unpaired data, at a probability chosen prior to the testing series. If a bias is found, the cause must be found and corrected, or future test results must be adjusted in consideration of the known bias.

Pilling of textile fabrics is a very complex property and it is affected by many factors which may include type of fiber, blends, fiber dimensions, yarn and fabric construction, finishing treatments and refurbishing method. Before refurbishing may be advisable. The pilling behavior of a specific fabric in actual wear varies more with conditions of use and individual wearers than in laboratory tests. Fabric specimens subjected to controlled laboratory wear experience should be borne in mind when adopting a test method for any series of standards.

Pills vary appreciably in size and appearance and depend on the presence of lint and degree of color contrast. Factors are not evaluated when pilling is rated solely on the number of pills. The development of pills may be accompanied by other surface phenomena such as loss of cover, color change, or the development of fuzz. Since the overall acceptability of a specific fabric is dependent on both the character of the pills and the other factors affecting surface appearance, it is suggested that fabrics tested in the laboratory be evaluated subjectively with regard to their acceptability and not solely on the number of pills developed. A series of visual standards, based on graduated degrees of surface change of the type being tested, may be set up to provide a basis for comparative ratings. The visual standards are most advantageous when the laboratory test specimens correlate closely in appearance with worn fabrics and show a similar ratio of pills to fuzz.

Counting the pills and weighing their number with respect to weight and contrast, as a combined measure of pilling, is not recommended because of the excessive time for counting, sizing, and calculating. The degree of fabric pilling is evaluated by comparing test specimens with visual standards, which may be photographs or photographs of fabrics, showing a range of pilling resistance. The observed resistance to pilling is reported on an arbitrary scale ranging from 5 (no pilling) to 1 (very pilling).

The degree of fabric pilling is evaluated by comparing test specimens with visual standards, which may be photographs or photographs of fabrics, showing a range of pilling resistance. The observed resistance to pilling is reported on an arbitrary scale ranging from 5 (no pilling) to 1 (very pilling).

This test method is applicable to a wide variety of woven and knitted fabrics that vary in pilling propensity as a function of variations in fiber, yarn and fabric structure, and

6. Apparatus and Materials

6.1 Random Tumble Pilling Tester⁶ (Fig. 1):

6.1.1 *Cork Cylinder Liners*,⁷ about 146 mm (5.75 in.) wide by 452 mm (17.81 in) long cut from 1.5-mm (.063-in.) thick flat sheets of Type P211-7A material conforming to Classification System F104, Appendix X2. The original surface of the liner, produced by slicing the material, should be used without any further treatment such as sanding. Store liners in original packaging in a cool, dry place.

6.1.2 *Air Injection Device* to give 14-21 kPa (2-3 psi) air pressure in each test chamber, either included in new testers or a modification⁸ to older testers.

6.2 *Adhesive*⁹, white all-purpose, for sealing edges of specimens (see 7.1).

⁶ The Random Tumble Pilling Tester and accessories as manufactured by the Atlas Electric Devices Co., 4114 Ravenswood Ave., Chicago, IL 60613, has been found satisfactory.

⁷ Cork Liners available from Atlas Electric Devices Co., 4114 Ravenswood Ave., Chicago, IL 60613 and Atlantic Gasket Corp., 3908 Frankford Ave., Philadelphia, PA 19124.

⁸ Air Injection Modification Kit for older models is available from Atlas Electric Devices Co., 4114 Ravenswood Ave., Chicago, IL 60613.

⁹ Elmer's Glue-All is an example of acceptable adhesive.

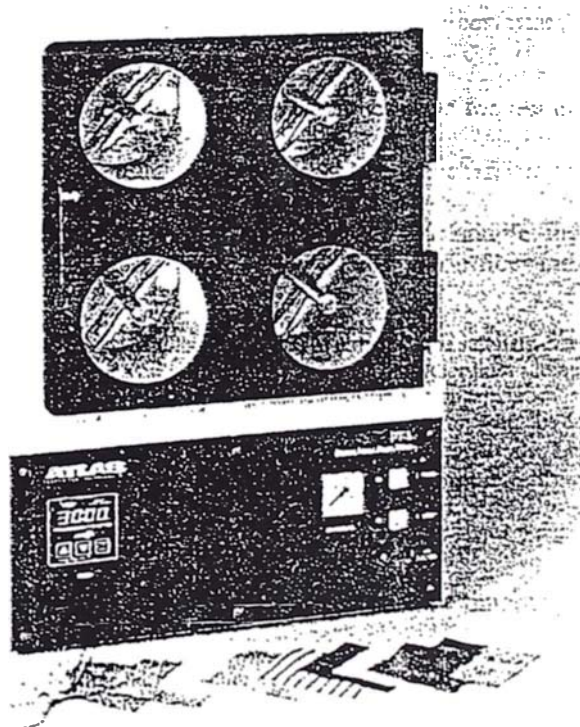


FIG. 1 Random Tumble Pilling Tester

6.3 *Plastic Bottle*, with dispensing spout and cap, for use with diluted adhesive.

6.4 *Vacuum Cleaner*, home canister type, to clean specimens after testing.

6.5 *Cotton Sliver*,¹⁰ 5300 tex (75 grain), fine cotton, Egyptian Karnak, or equivalent, for improving visibility of pills on specimens.

6.5 *Apparatus for Fabric Evaluation*,¹¹ (Fig. 2)—Facilities for illumination (cool white fluorescent tube with correlated color temperature of 4100 to 4500 K) and simultaneous viewing of test specimen and fabric or photograph rating standards.

6.7 *Standard In-House Pilling Test Fabric*, having an established pilling resistance rating for checking machine performance. No universal standard fabric is available. Each test facility must decide on an appropriate fabric.

6.8 *Rating Standards*:

¹⁰ Cotton dyed to a gray shade before carding using 0.25 % Pontamine Fast Black B (based on weight of cotton) or equivalent, at 82°C (180°F) for 50 min, used and oven-dried is available from Atlas Electric Devices Co., 4114 Ravenwood Ave., Chicago, IL 60613.

¹¹ Available from Standard Scientific Supply Co., 601 West Market St., Bethlehem, PA 18018-5208.

6.8.1 *Fabric*—A series of tested specimens of a specific fabric type which shows degree of pilling or other distortion, or both, for each type of fabric to be tested. Store the fabric rating standards and handle them under conditions that will preserve their original form and appearance.

6.8.2 *Photographic*—A set of five photographs, 105-mm square (4.13 in.), numbered 1 to 5 illustrating varying degrees of pilling from "very severe pilling" to "no pilling" such as Adjunct D 3512⁵. The photos should have a dull matte finish and be of the same size as the tested specimen.

6.9 *Facilities for Laundering Samples*—If needed.

6.10 *Facilities for Dry Cleaning Samples*—If needed.

7. Hazardous Materials

7.1 Adhesives used in this test method may be hazardous. Refer to the manufacturer's material safety data sheets for information on use, handling, storage, and disposal of these products.

8. Sampling

8.1 *Lot Sample*—As a lot sample for acceptance testing, take at random the number of rolls, bolts, or pieces of fabric directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider the

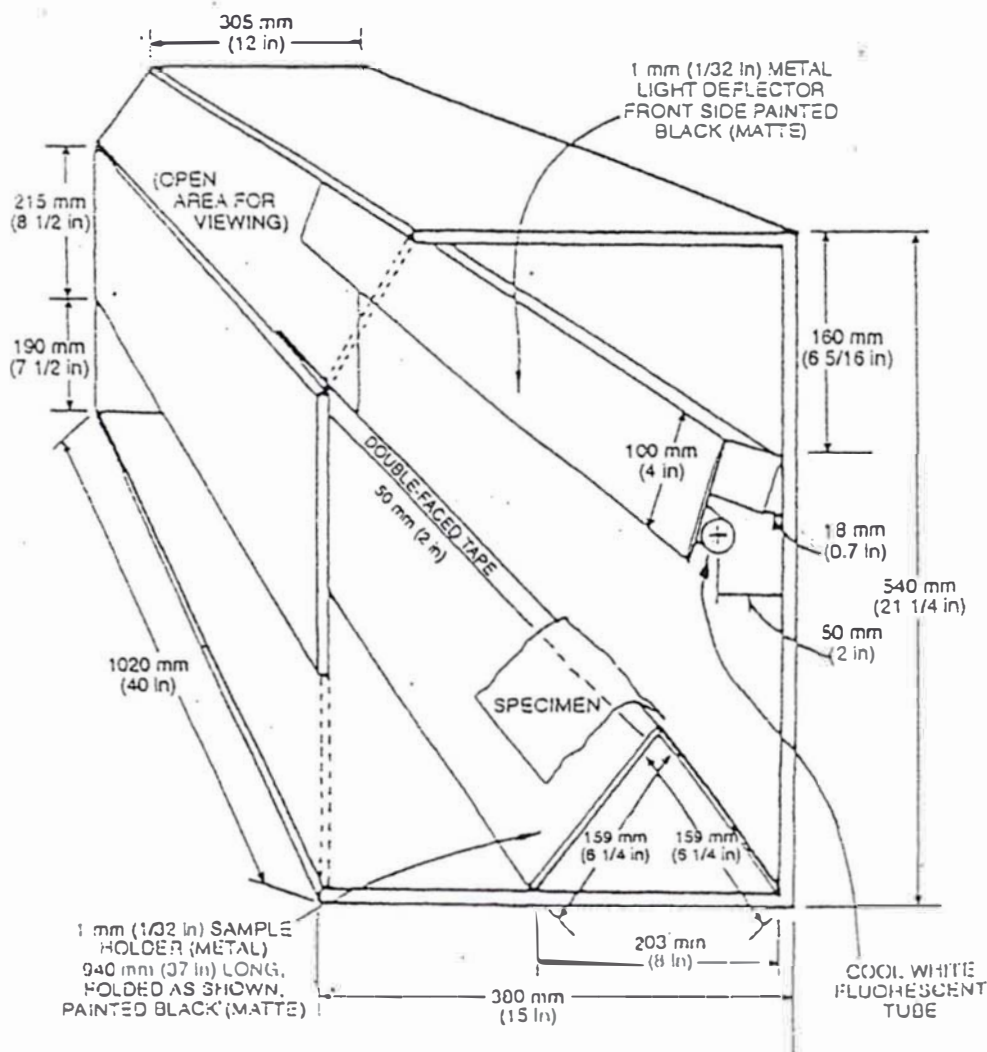


FIG. 2 Apparatus for Fabric Evaluation

lots, or pieces of fabric to be the primary sampling units. In the absence of such an agreement, take the number of fabric specimens specified in Table 1.

In the absence of an adequate specification or other agreement between the manufacturer and the supplier requires taking into account the variability of lots, bolts, or pieces of fabric and among specimens from a swatch from a roll, bolt, or piece, or between cartons of garments and specimens within a carton. ~~10. Provide a sampling plan with the following parameters: 1. producer's risk, consumer's risk, acceptable quality level, and alpha level.~~

Laboratory Sample:

For acceptance testing, take a laboratory sample from the lot sample that is full width and 1 m (1 yd) in one direction.

For acceptance testing of garments, take one garment from each carton (see Note 2).

Specimens: Selection, Number, and Preparation

Specimens may be washed or dry cleaned before cutting specimens, using conditions appropriate for the fabric or conditions agreed upon by all interested parties.

Cut specimens in squares 105 mm (4.13 in.) on the bias at an approximate 0.78 rad (45°) angle to the warp (wale) and (course) directions.

Take three specimens from each laboratory unit. Take specimens evenly spaced across the width of the laboratory unit from three different panels in a garment. Specimens should be staggered in such a manner that no two specimens have the same yarns. Avoid areas with wrinkles and other defects. Avoid getting oil, water, grease, etc. on the specimens during handling. Unless otherwise specified, do not cut specimens nearer the selvage than one tenth the width of the

Mark replicate specimens in one corner on the face of the specimen with the appropriate number 1, 2, or 3.

If loosely woven specimens fray when applying identification markings, cut the specimens with sides parallel to the warp and filling and ravel the sides no more than 5 mm (0.2 in.) from the side, leaving the fringe.

Seal the edges of all specimens to a width not exceeding 13 mm (0.5 in.) on the face of the fabric with adhesive. Hang the specimens on racks until dry, and in any case for at least 2 h.

3—Full-strength adhesive or any dilution down to 1 part adhesive to 1 part water may be used (see 7.1). Pressing the adhesive into the fabric face may be accomplished using the dispensing nozzle in a figure-eight configuration. The rounded end of a glass stirring rod works well, but caution should be used to prevent breakage and possible injury from the glass.

Operation of Apparatus

Fit a cork liner snugly around the inside of a cleaned chamber with an unused cork surface facing the rotor

TABLE 1 Number of Units in the Lot Sample

Number of Rolls, Bolts, or Pieces in Lot, Inclusive	Number of Rolls, Bolts, or Pieces in Lot, Sample
1 to 3	all
4 to 24	4
25 to 50	5
Over 50	10% to a maximum of 10

blades. The side against the chamber may or may not have been used. To eliminate any tendency for the liner to rotate, tape the outside edge of the liner to the chamber wall at the butt joint with a short piece of 25-mm (1-in.) wide masking tape.

10.1.1 Discard cork liners that have been used for 1 h on each surface.

10.2 After every hour of machine running time, remove the liner and clean the impeller by wiping with a cloth wetted in a solution of detergent and water. Allow the chamber to dry before the next use.

10.3 Check the operation of the pilling tester with one or more standard in-house fabrics of known pilling resistance as follows:

10.3.1 If the equipment is in constant use, check the tester at least once a week; if testing is done infrequently, check the equipment each time it is used. Check, also, when test results appear questionable, or following a change in test equipment such as the use of a new shipment of cork liners.

10.3.2 Surface friction of new cork liners can be checked by any convenient means, such as placing a smooth weight on the cork situated on an inclined plane and timing the slide of the weight when the plane is lifted sufficiently to initiate movement of the weight. Always use the same weight and plane angle. After each test, clean the bottom of the weight by wiping with a cloth wetted in a solution of detergent and water. Wipe dry. Compare data from each shipment to avert problems.

11. Conditioning

11.1 Bring the test specimens and cork liners to moisture equilibrium for testing in the standard atmosphere for testing textiles as directed in Practice D 1776 or, if applicable, in the specified atmosphere in which the testing is to be performed.

12. Procedure

12.1 Make all tests in the standard atmosphere for testing textiles.

12.2 Make individual test runs in a specific chamber on replicate specimens only.

12.2.1 Place three specimens, all from the same sample, and about 25 mg of 5-mm (0.2-in.) gray-colored cotton fiber into the test chamber.

Note 4—If there is not sufficient material to provide three standard-size specimens, run with the available number of specimens rather than adding a specimen from another fabric, since there may be a strong interaction between fabrics which will create misleading results. Tests run with one or two specimens, while not strictly comparable with standard tests, are considered more indicative than tests that include more than one fabric type.

Note 5—One 5-mm long section of 5300-tex (75-grain) sliver weighs approximately 25 mg.

12.3 Place the cover on the chamber, and set the timer for a running time of 30 min.

Note 6—Depending on the nature of the material under test, running times of other than 30 min may be more appropriate for evaluating the pilling tendencies of fabrics; for example, 10-min intervals up to 30 min may be more indicative for certain knit or soft-woven fabrics.

12.4 Turn the motor switch to "ON," push the "START" button, and start the airflow.

Note 7—The use of air injection with all fabrics, woven or knitted, has

been found to significantly reduce the likelihood that a specimen will wedge around the impeller or against the wall of the chamber.

12.5 In the course of the run, check each test chamber at frequent intervals. If a specimen wedges around the impeller without tumbling or lies inert on the bottom or side of the chamber, shut off the air, stop the machine, remove the face plate, and free the specimen. Record on the data sheet any hang-ups or other abnormal behavior of the specimens.

12.6 When a specimen wedges around the impeller during a run, stop the test, and clean the impeller blade as directed in 10.2.

12.7 After each time run (see Note 6), remove each specimen and clean off the excess cotton fiber that is not actually entangled in pills using the vacuum cleaner. Firmly grasp the specimen by a corner and allow the vacuum suction to draw the specimen inside. Repeat, holding an adjacent corner. Vacuum all specimens in this manner. Vacuum-clean the test chamber. Clean around the shaft of the impeller using a sharp instrument, such as a pick needle, to remove trapped detritus.

12.8 Evaluate the specimens subjectively as directed in Section 13.

12.9 Repeat 12.3-12.8 for each additional run time for a total of x min (see Note 6). Add another 25 mg (see Note 5) of 5-mil (0.2-in.) gray-dyed cotton fiber into the chamber for each additional run time.

12.10 Testing fabrics with silicone or other fugitive finishes may contaminate the cork liner and consequently alter pilling results (see 1.2). To cope with this problem in the laboratory, make a subsequent test using the used liner surface (on which the silicone-treated fabric was tested) with a standard in-house fabric of known pilling history. If the liner being checked has been contaminated, the pilling level on the standard rating fabric will be different than historical results obtained when testing as in 10.3. Both results should be reported. Similar effects may be produced by other "fugitive" finishes, check the liner after tests on materials with "unknown" finishes.

13. Evaluation

13.1 Place each specimen on the double-faced tape in the viewing cabinet (see Fig. 2).

13.1.1 Using suitable rating standards (6.7), and the apparatus for fabric evaluation (Fig. 2), subjectively rate the face (as indicated by the markings and after the respective tumbling times) of each specimen, looking down on the specimens at approximately 0.78 rad (45°), and using the rating standard (6.8) and the following scale (see Note 8). When the appearance of a test specimen falls between that of two rating standards, assign the half value, for example, 3.5 or 2.5.

- 5—no pilling
- 4—slight pilling
- 3—moderate pilling
- 2—severe pilling
- 1—very severe pilling

Note 8—The ASTM Adjunct 12-435120-00, the apparatus (Fig. 2) for viewing the specimens, and a minimum of two graders for rating specimens shall be used in referee situations.

13.1.2 Average the ratings for the three specimens from each laboratory sampling unit and the average for the lot.

13.2 Check the pilled specimens for nonuniformity of pilling. If the pills are concentrated in any one strip in either fabric direction, or in any one portion of a specimen, report this condition. Strips indicate that different yarns may have been used in making the fabric being tested.

13.3 Check the pilled specimens for evidence of irregular tumbling. If any of the specimens show a high concentration of pills in a general line not parallel to either fabric direction, assume a specimen is wedged around the impeller (see Note 7) for one or more periods during the test. Discard these and repeat the test with new specimens.

13.4 Evaluate the fabric for other surface effects such as fuzzing. It is advisable to have a separate set of in-house fabric rating standards for each surface effect to be rated.

14. Report

14.1 State that the specimens were tested as directed in Test Method D 3512. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

14.2 Report the following information for the laboratory sampling unit and for the lot as applicable to a material specification or contract order.

14.2.1 Ratings of each individual specimen, the average rating of the three specimens from each laboratory sampling unit, and the average for the lot.

14.2.2 If the fabric was washed before testing, laundering conditions used.

14.2.3 If the fabric was dry-cleaned before testing, conditions used.

14.2.4 Running times, and

14.2.5 Type of viewing apparatus and rating standard used.

15. Precision and Bias

15.1 *Precision*—Interlaboratory Test Data¹²—An interlaboratory test was conducted in 1970 with 14 laboratories testing 12 different fabrics using the Random Tumble Pilling Test procedure. The test results showed that those fabrics with average ratings less than or equal to 2.0, or greater than equal to 4.0, had high interlaboratory agreement and the fabrics with average ratings between 2.0 and 4.0 had low interlaboratory agreement.

15.2 *Bias*—The procedure of this test method produces test value that can be defined only in terms of a test method. There is no independent, referee method by which bias may be determined. This test method has no known bias.

16. Keywords

16.1 fabric; fuzz; pills

¹² Precision and bias data may be found in ASTM Research Report D13-1020 filed at ASTM Headquarters.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-232-9535 (phone), 610-232-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).