



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Informe final semestre de industria

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE TINTURA DE
LOS TEJIDOS COMPUESTOS POR VISCOSA Y ELASTANO DE LA
EMPRESA TINCOL S.A.S.**

Jose Luis Restrepo Arango



Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Universidad de Antioquia

**Medellín
Abril 2019**

Tabla de contenido	
Resumen	2
Introducción	2
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	4
Marco teórico	4
Fibra textil.....	4
Fibra compuesta de viscosa y elastano	4
Tratamientos previos al teñido de viscosa/elastano.....	5
Auxiliares de tintura de viscosa/elastano	6
Curva de tintura para viscosa/elastano.....	7
Acabados textiles.....	7
Colorantes reactivos.....	7
Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)	8
Espacio de color.....	9
Metodología	10
Análisis de curva de tintura para viscosa/elastano	14
Resultados y análisis	14
Identificación de los factores que inciden en el proceso de tintura de viscosa/elastano	14
Análisis de la curva de tintura de viscosa/elastano.....	16
Análisis de la influencia de la tricromía en la aparición del fallo mareo para el color vino	18
Análisis de la influencia de la dosificación de álcali en la manifestación de mareo en la tintura de viscosa/elastano color vino	21
Conclusiones	22
Referencias bibliográficas	22
Anexos	24
Anexo A	24
Anexo B.....	25

Resumen

Durante un periodo de seis meses se llevó a cabo el acompañamiento en planta en la Tintorería Industrial Colombiana, TINCOL. S.A.S. a fin de formular un plan de mejora en el proceso de tintura de la tela compuesta por las fibras viscosa y elastano. Se observó que entre octubre del 2017 y octubre del 2018 se presentó un 10,3% de reprocesos de viscoaelastano, mientras que el índice de la empresa en todas las fibras fue de un 6,4%, indicando así un número altamente representativo de lotes reprocesados que contribuyeron a que la empresa estuviera por encima de la meta planteada con un máximo de un 5%. Hallándose el tono desviado y los mareos como prioritarios a intervenir después de aplicar un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) en el área de tintorería y acabados, obteniéndose un número de prioridad de riesgo (NPR) de 512 en ambos casos. Como medida, se asignaron responsables y se proyectó una fecha límite de ejecución para recalcular índices y verificar si el NPR disminuía después de las acciones correctivas. En los últimos meses se observó que el fallo de mareo se presentó principalmente en los tonos Vino, dado esto, se plantearon dos hipótesis, se realizaron experimentos para evaluar su efecto sobre el fallo mareo. Como primera hipótesis se analizaron tricromías de dos proveedores diferentes, obteniendo fallo en ambas, inclusive en una de ellas se dio un gasto de colorante tres veces mayor que el utilizado actualmente; como segunda hipótesis se estudió el comportamiento del pH en el baño de tintura a medida que se adicionaba el álcali en la etapa de agotamiento del color, obteniendo un aumento agresivo en el pH, se realizaron experimentos y se encontró una manera de dosificar el álcali para garantizar que los cambios de pH no fueran perjudiciales para el teñido de la tela, previnieran los mareos y se consumiera una menor cantidad de producto. Fue realizado un análisis de curva de tintura de la tela y se hizo un aporte que permitió reducir tiempo de calentamiento en el proceso de preblanqueo de la tela en 3 min aproximadamente. Finalmente, se capacitó a supervisores y tintoreros, indicando los puntos críticos del proceso, la manera adecuada de realizarlos y de introducir los productos, garantizando un tono reproducible que cumpla con las especificaciones solicitadas por cada cliente.

Introducción

Tincol S.A.S es una tintorería industrial dedicada a la realización de acabados de productos textiles, fundada el 17 de marzo de 1977 y ubicada en el municipio de La estrella en el Departamento de Antioquia. Esta empresa viene presentando problemas de alargamientos en los tiempos de tintura para ciertas referencias de tejidos que se componen de viscosa y elastano. Tales alargamientos, se presentan debido a varios factores que abarcan desde el factor humano, la configuración de los equipos, hasta la formulación de recetas de tintura. Si la fórmula para la tintura de un lote

específico no es la apropiada, la tela estará fuera de especificación, siendo necesario un posterior tratamiento, con un incremento en los costos del proceso y una disminución en la rentabilidad de la empresa. En el último año de las 180 toneladas que se han reprocesado en TINCOL S.A.S., el 9.76% corresponden a reprocesos de la tintura de las fibras compuestas de Viscosa elastano. Este elevado porcentaje de reproceso es debido, a que este tipo de fibra es extremadamente sensible a los cambios de energía térmica durante la etapa de tintura, siendo este, un factor crítico para lograr un teñido óptimo en cuanto a solidez, tono y rendimiento. Estos problemas afectan actualmente la capacidad de producción de la planta, cuya capacidad instalada es de 13000 kilogramos al día, con un aprovechamiento del 76%. La capacidad ociosa del 24 %, trae consigo problemas de sobrecosto en la formulación, que no se pueden trasladar al precio de venta del servicio de tintura, lo cual conlleva a que la empresa sea menos rentable y menos competitiva. También, se tiene un alto impacto ambiental, debido al mayor consumo de recursos naturales, como agua y carbón. En el caso del consumo de agua, en la compañía se gastan aproximadamente 51L de agua por cada kg de tela teñido y por cada reproceso de viscosa/elastano se puede hasta duplicar la cantidad de agua necesaria para recuperar un lote de tejido. A futuro esta problemática podría causar la disminución de las rentas e inversión en la empresa, pérdida de relaciones comerciales con los clientes, así como la pérdida de la certificación ambiental con la cual se cuenta actualmente.

En base a esta problemática, este trabajo busca generar un plan de mejoras al proceso de tintura que ataque a los factores que causan tanto el alargamiento de los tiempos del proceso de tintura como los reprocesos de Viscosa /elastano. Para evaluar el proceso se usará un método de mejora de control de calidad enfocado en métodos de fallos, el cual es de gran utilidad para identificar causas que determinan errores en los procesos de producción generando así una herramienta de gran utilidad para intervenir inconvenientes en cualquier ámbito del proceso de la planta.

Objetivos

Objetivo general:

- Desarrollar un plan de mejora para el proceso de tintura para el tejido compuesto por viscosa y elastano.

Objetivos específicos:

- Identificar los factores que inciden en el reproceso de la tintura de viscosa/elastano.
- Analizar las curvas de tintura de viscosa/elastano.
- Proponer un plan de mejora al proceso de tintura viscosa/elastano.

Marco Teórico

Fibra textil

Las fibras son estructuras unidimensionales, largas y delgadas con baja relación sección transversal/longitud, teniendo como objetivo principal la creación de los tejidos, ya que es este el elemento fundamental de los textiles; y es a partir de ella que se elaboran los hilos, con los cuales se fabrican los tejidos y con ellos las telas. Para que una fibra tenga utilidad como textil debe de ser flexible, elástica y resistente.

Las fibras textiles se clasifican según su procedencia en: naturales, artificiales y sintéticas. Las naturales se encuentran en estado natural y requieren una ligera adecuación para su utilización como material textil, y pueden ser de origen vegetal como el lino y el algodón, animal como la seda y la lana o mineral como el asbesto o amianto. Las fibras sintéticas son aquellas que no existen en la naturaleza, pero se construye manufacturando la materia prima proveniente de polímeros sintéticos, como por ejemplo el poliéster, elastano y la poliamida. Por último, las fibras artificiales se construyen a partir de polímeros, pero de origen natural como por ejemplo la viscosa, triacetato y acetato [1], [2].

Fibra compuesta de viscosa y Elastano

La fibra viscosa, también conocida como rayón viscosa, se obtiene a partir de la pulpa de celulosa proveniente de árboles como abetos, eucaliptos, hayas y bambús y del línter del algodón, por el proceso del bisulfito, en el cual la celulosa reacciona con sosa caustica y luego con bisulfuro de carbono para formar una solución de xantato de celulosa sódico, como se puede observar en la Figura 1. La masa altamente viscosa se somete a un proceso de extracción para su posterior solidificación en un baño de ácido sulfúrico para dar viscosa [1], [3].

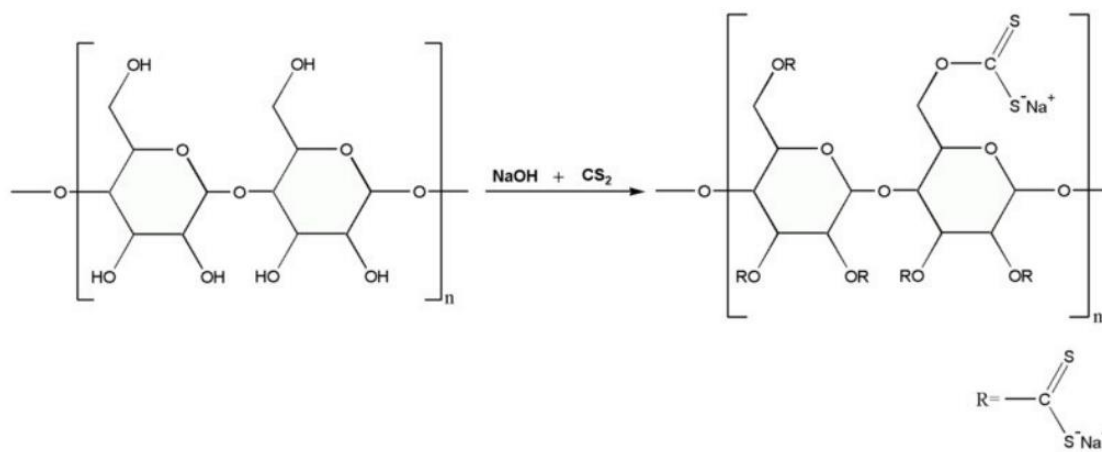


Figura 1. Método de bisulfito para producción de fibra viscosa [3].

La fibra viscosa les otorga a las prendas un gran brillo, tiene baja tenacidad y elevado alargamiento a la rotura por tracción, su resistencia a la abrasión es baja, resiste a la luz solar, salvo en exposiciones muy prolongadas y no es atacada por las polillas, pero sí por los mohos. Debido a su baja resiliencia, tiende a formar arrugas, pero se recupera por planchado, aunque temperaturas superiores a los 175°C le hacen perder su resistencia.

La fibra viscosa es difícil encontrarla como único componente en un textil, su uso se ve potenciado cuando se usa como matriz que soporta otra fibra más resistente por lo general sintética, como es el caso de la fibra compuesta de viscosa y elastano.

Lycra® es el nombre del elastano también conocido como spandex. Es una fibra manufacturada sintética. Es un poliuretano segmentado a base de un éter polibutilénico que actúa como un resorte entre los grupos funcionales de poliuretano. Es más resistente y duradero que el caucho, posee un poder de retención tres veces mayor (disminuye las arrugas) y pesa un 30% menos. El elastano se utiliza conjuntamente con otras fibras para fabricar tejidos para prendas de ropa interior, medias, ropa femenina, trajes deportivos y trajes de baño. Se necesita poca cantidad (desde un 2%) de elastano para mejorar la retención de un tejido y debido a esto hay diversos porcentajes de elastano en los tejidos conformados por esta [1].

Tratamientos previos al teñido de viscosa/elastano

Son todas las operaciones previas a las que se somete el sustrato (tela) para acondicionarlo y generar unos mejores resultados en los procesos de tintura, estampado y/o acabado.

Uno de los pretratamientos es el prefijado el cual consiste en un paso del sustrato por la rama en donde se le suministra temperatura a la fibra por medio de un flujo de aire caliente para liberarlas de tensiones generadas en el proceso de fabricación, llevando la tela a un equilibrio que evitará encogimientos después del termo fijado final. Por lo general, este procedimiento es un prerequisite para prevenir encogimiento del tejido después del proceso de tintura y acabado de viscosa/elastano.

Otro pretratamiento es el preblanqueo el cual tiene como función principal eliminar impurezas que contiene el tejido, eliminar motas propias de las fibras celulósicas y obtener un grado de blanco, para preparar al teñido. Los agentes blanqueadores más utilizados son el peróxido de hidrogeno y el hipoclorito de sodio. En ambos casos se requiere de la adición de un álcali como soda caustica en el baño de blanqueo para proporcionar un ambiente alcalino, favoreciendo la aparición del ion blanqueador, que para el caso del peróxido de hidrogeno es el ion perhidroxilo y en el caso del hipoclorito de sodio es el ion hipoclorito. El peróxido de hidrogeno es preferible desde el punto de vista ambiental debido a su menor impacto y fácil descontaminación de efluentes [4].

Auxiliares de tintura de viscosa/elastano

Para que el proceso de tintura se lleve a cabo de manera adecuada es necesario agregar en la máquina de tintura una serie de ingredientes que ayudan a que el proceso se complete satisfactoriamente. Primero tenemos los colorantes, que se dosifican de acuerdo a una formula desarrollada en laboratorio, que depende de la cantidad y composición de la tela a teñir y de la química del colorante. El agente secuestrante se encarga de atrapar metales como hierro, calcio y magnesio del agua al cual tiene acceso la tintorería o presentes en las fibras. El lubricante, cumple la función antiarrugas y disminución de fricción por la interacción entre fibra-fibra y fibra-maquina. La sal textil y álcali ayudan a montar el color a la fibra y subir el pH del baño de tintura respectivamente, facilitando así la reacción entre la celulosa y el colorante. Los humectantes, ayudan a disminuir la tensión superficial del baño de tintura para que se dé un mejor contacto entre el sustrato y el colorante. Posterior al proceso de tintura con colorantes reactivos hay un porcentaje de color que no reacciona con la fibra, sino que se hidroliza en el agua que absorbe la fibra. Para eliminar este color hidrolizado se somete la tela a un proceso de jabonado para garantizar una buena solidez al lavado.

Curva de tintura para viscosa/elastano

Es la secuencia de procesos a los que se somete la tela dentro de la máquina de tintura con el fin de dar el color requerido por el cliente. Esta secuencia se suele representar en una gráfica de temperatura en función del tiempo, en ella se representan las introducciones de auxiliares, color, y chequeos necesarios para la continuación de la secuencia como es el caso de medición de pH o concentración de sal en el baño de tintura.

Acabados textiles

Son todos los procesos posteriores al de teñido que se llevan a cabo sobre el sustrato con el fin de dar condiciones especiales a este, como por ejemplo tacto, ancho, peso, y que pueden lograrse con acciones mecánicas y térmicas, y con ayuda de auxiliares como suavizantes, siliconas, polietilenos y poliuretanos, los cuales cumplen la función de dar tacto, peso y ancho a la tela, y lubricar las fibras para permitir que las agujas en los procesos de confección posteriores no rompan las fibras, sino que se abran paso a través de estas. Estos acabados se llevan a cabo en equipos conocidos como rama y foulard, pero también se pueden realizar cepillados y otros procesos adicionales [4].

Colorantes reactivos

Son compuestos que reaccionan con la celulosa formando un enlace covalente entre la fibra celulósica y el colorante. Están formados por una parte cromófora la cual es la encargada de dar color y una parte auxócroma la cual es responsable del tipo y velocidad de reacción entre la fibra celulósica y el colorante [4]. Al generar un enlace covalente con la fibra, presentan una muy buena solidez y permite que la molécula de colorante sea de menor tamaño que otro tipo de colorantes.

Los colorantes reactivos se dividen en dos grandes grupos, los que forman ésteres de celulosa y los que forman éteres de celulosa al reaccionar con los grupos hidroxilos de la celulosa. El primero está conformado por los colorantes reactivos con anillos heterocíclicos, cuyo mecanismo de reacción es el de sustitución nucleofílica, y el segundo está conformado por los colorantes vinilsulfónicos y acrilamídicos, que reaccionan a través de un mecanismo de adición nucleofílica al doble enlace $C=C$, que son capaces de formar estos colorantes en medio alcalino [5].

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

El método del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso, a partir de un análisis de la frecuencia con la que ocurre, y el efecto que provocan en el producto final. Las fallas se jerarquizan, y para las que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso se recomiendan acciones que permitan intervenir en dichos eventos.

Un AMEF exitoso necesita que se identifiquen todas las posibles fallas que pueden presentarse en el proceso, por ejemplo, manchas, tallones, mal olor, encogimiento, etc. Para cada una de estas posibles fallas se analizan todos los posibles efectos que las mismas pueden causar, bien sea en el producto final o en el proceso, por ejemplo, mala apariencia, producto fuera de especificaciones y mal tacto. El paso a seguir es que, a cada posible efecto de cada falla, se asigna una calificación de severidad (S) de 1 a 10, siendo uno el menos grave, caso en el cual el cliente final no se verá afectado, pero el operario tendrá inconvenientes para llevar a cabo el proceso, se asignará una puntuación de 10 cuando el efecto sea peligroso para el operario, el producto final se vea afectado, y se opere de manera insegura o se incumplan regulaciones gubernamentales.

Luego de calificar la severidad de cada modo potencial de fallas se listan todas y cada una de las posibles causas o mecanismos de falla siendo estas las maneras como pueden ocurrir las fallas. Cada causa se debe listar y debe ser lo más completa posible. Las causas pueden ser, por ejemplo: materia prima mal especificada, velocidad de operación incorrecta, exceso de reactivos, maquinas sucias, etc. Para cada una de las causas se les ponderará la ocurrencia que tienen (O), entendiendo esta como la frecuencia ocurre el mecanismo de falla. Para esta ponderación es de gran utilidad contar con datos estadísticos bien sea del mismo proceso o de uno similar; la calificación también será de 1 a 10 como en el caso de la severidad del modo de falla, siendo 1, una posibilidad remota de que ocurra una causa y 10 una muy alta posibilidad de que se ocurra una causa.

El paso a seguir consiste en listar los mecanismos actuales de control con los que cuenta el proceso para prevenir o detectar las causas o mecanismos de falla, o detectar la ocurrencia de un modo de falla y a cada mecanismo de control de cada causa asignar una calificación de detección (D) la cual cuantifica en una escala de 1 a 10 la probabilidad de que el mecanismo de control identifique una causa o el modo de falla una vez hayan ocurrido, pero sin tener en cuenta la probabilidad de que ocurra la causa o la falla, ya

que se asume que ya ocurrió y se está es evaluando la efectividad del mecanismo de detección, siendo 1 muy probable la detección.

Finalmente, se calcula el (NPR), dicho calculo consiste en multiplicar la severidad (S) por la posibilidad de ocurrencia de las causas (O) y este producto multiplicarlo por la probabilidad de detección (D), entonces: $NPR=S*O*D$. El NPR tiene un rango de 1 a 1000, y una vez calculado el NPR para cada efecto-causa-control, se define cual será el umbral de NPR que vuelve un fallo prioridad. Para lo NPR que excedan el NPR critico se recomiendan acciones que busquen disminuir la vulnerabilidad del proceso, se le asignan responsables para la ejecución de las acciones recomendadas y se pone una fecha límite para que se lleven a cabo. Una vez se hayan ejecutado las acciones recomendadas es preciso recalcular el NPR para las fallas atacadas como método de retroalimentación y verificación de la disminución de la vulnerabilidad del proceso [6].

Espacio de color

Método mediante el cual se expresa el color a partir de una lista codificada, con el fin de comunicar y expresarlo objetivamente. La Commission Internatonale de l'Éclairage (CIE), ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L^*C^*h , y CIE $L^*a^*b^*$.

El espacio de color $L^*a^*b^*$, también llamado CIELAB, es uno de los espacios de color más conocido y usado, ya que, correlaciona los valores numéricos de color con la percepción visual humana. Se usa para evaluar los atributos del color, identificando inconsistencias, y expresándolas a otros en términos numéricos.

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo.

L*=luminosidad

a*= coordenadas rojo/verde (**+a** indica rojo, **-a** indica verde)

b* = coordenadas amarillo/azul (**+b** indica amarillo, **-b** indica azul)

Los instrumentos de medición de color; espectrofotómetros y colorímetros determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^*

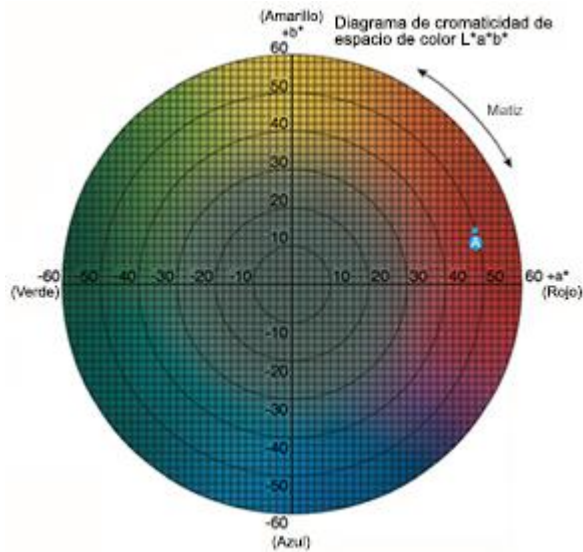


Figura 2. Diagrama de cromaticidad de espacio de color $L^*a^*b^*$.

La diferencia de color entre dos objetos se define como la comparación numérica de una muestra con el estándar, esta indica las diferencias en coordenadas absolutas de color, conocida como delta (Δ). Estas pueden ser positivas o negativas. La diferencia total (ΔE^*) siempre debe ser positiva [7].

- ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro).
- Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde).
- Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más verde).
- ΔE^* = diferencia total de color.

Metodología

Se realizó un levantamiento de los datos del año anterior de las devoluciones y reprocesos que se tuvieron en la empresa para la tela compuesta por viscosa y elastano, usando el software de gestión de la empresa. Con los resultados de este levantamiento de datos se calculó el porcentaje de reprocesos de la tela y se comparó con el índice total de la empresa en el mismo periodo de tiempo. De manera similar se comparó el porcentaje de devoluciones de viscosa/elastano con el índice global de la planta.

Con este levantamiento de datos se generó información esencial para la construcción del AMEF, ya que, se obtuvieron los fallos ocurridos en un año, y su ocurrencia, pero no fue suficiente con estos datos para construir el AMEF, debido a que se necesitaba saber la ocurrencia de las causas de los fallos y al no contar con esta información se recurrió a realizar una serie de encuestas con los operarios de la empresa para indagar los fallos más frecuentes a la hora de teñir y dar acabado a la tela, las causas que ocasionan dichos problemas y los mecanismos de control con los que cuenta la empresa para detectar las causas o los fallos.

Se construyó el cuestionario y se realizó la encuesta a la población objetivo, la cual está conformada por todo el personal que está directamente involucrado en los procesos de preparación, tintura y acabado de la tela: plegadores, tintoreros, operarios de rama, supervisores, operarios del área de calidad, jefe de calidad, operarios de laboratorio encargados de hacer desarrollos de tonos nuevos, jefe de laboratorio, jefe de planta e ingenieros del área de producción. Para el trabajo de campo de encuestar a los operarios se hizo uso de una grabadora de audio para facilitar la digitalización y evitar la pérdida de información.

Una limitación que se presentó para realizar la encuesta fue la rotación de turnos de la empresa, por lo que fue preciso esperar hasta un cambio de turno (los cuales se hacen cada fin de mes) para poder culminar el levantamiento de datos y proceder a procesar estos. El formato de la encuesta realizada se muestra en el Anexo A.

Luego de recopilar toda la información necesaria para construir el AMEF con los fallos encontrados en las causas de reprocesos y devoluciones y con las causas proporcionadas por la encuesta, se procedió a construir el AMEF iniciando por asignar valores cuantitativos a cada índice según la literatura. A continuación, en las Tablas 1 a 3 se muestra una adaptación de las Tablas 14.1 a 14.3 del libro Control de Calidad y Seis Sigma de Gutierrez Pulido y De la Vara Salazar, las cuales se usaron para asignar puntuaciones a los tres indicadores del AMEF, Severidad, Ocurrencia y Detección respectivamente.

Tabla 1. Criterios de calificación de severidad de Fallas.[6]

Efecto	Criterio: Severidad del efecto del modo de falla sobre el producto percibido por el cliente	Puntuación
Incumplimiento de los requerimiento de seguridad o reglamentarios	Impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulación gubernamentales sin previo aviso	10
Incumplimiento de los requerimiento de seguridad o reglamentarios	Impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulación gubernamentales con previo aviso	9
Perdida o degradación de la función primaria	Perdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto)	8
Perdida o degradación de la función primaria	Degradación de la función primaria (Producto operable, pero hay reducción de desempeño)	7

Perdida o degradación de la función secundaria	Perdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables)	6
Perdida o degradación de la función secundaria	Degradación de la función secundaria (producto operable, pero hay reducción de las funciones de confort o comodidad)	5
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la más del 75% de los clientes	4
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por más del 50% de los clientes	3
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%)	2
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente	1

Tabla 2. Criterios de calificación de Ocurrencia de causas.[6]

Posibilidad de falla	Criterio: Ocurrencia de las causas [kg defectuosos/kg producidos]	Puntuación
Muy alta	≥ 0.1	10
Alta	5×10^{-2}	9
Alta	2×10^{-2}	8
Alta	1×10^{-2}	7
Moderada	2×10^{-3}	6
Moderada	5×10^{-4}	5
Moderada	1×10^{-4}	4
Baja	1×10^{-5}	3
Baja	$\leq 1 \times 10^{-6}$	2
Muy baja	Las fallas son evitadas por control preventivo	1

Tabla 3. Criterios de calificación de Mecanismos de detección.[6]

Posibilidad de detección	Criterio: Posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación
Casi imposible	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado	10
Muy remota	Ni el modo de falla ni la causa son fácilmente detectados	9

Remota	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído	8
Muy baja	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operario a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos	7
Baja	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (Solidez, jabonado)	6
Moderada	El modo de falla o la causa se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de medición continua, o mediante controles automáticos que notifican al operador (Luz, sonido, entre otros)	5
Moderadamente alta	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos	4
Alta	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos	3
Muy alta	Se detecta la causa de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos	2
Casi segura	Se tiene un diseño de proceso a prueba de errores. Se previenen las causas de las fallas	1

Como se puede observar en la Tabla 2, el criterio para asignar el rubro de ocurrencia se adjudica respecto a las causas, pero inicialmente se cuenta e con la ocurrencia por fallas, se utilizó la información generada por la encuesta, y se dividió de manera ponderada por las causas que la población objetivo de la encuesta consideró que generan las fallas.

Se definió un umbral de 500 para el NPR y se identificaron dos fallas prioritarias que excedieron este umbral, luego se propusieron acciones para disminuir el índice de prioridad de dichas fallas.

Durante el seguimiento en planta se pudo identificar que la falla Mareo se venía presentando principalmente en tonos vino, por lo que se realizó un estudio de la curva de tintura y se postularon dos hipótesis: la primera hipótesis que se analizó fue la influencia de la tricromía utilizada en el mareo de la tela, esto significó realizar tres lotes en planta, cada uno con formulación de colorante de diferente casa proveedora. En la segunda hipótesis se analizó la influencia de la forma como se dosifica el álcali al baño de tintura para el agotamiento del color.

Para comparar los diferentes tipos de tricromía se realizaron tres lotes en planta con dichas formulaciones de color de diferente proveedor, se hizo seguimiento del proceso verificando parámetros importantes en los diferentes puntos de control establecidos en la curva de tintura.

En el caso del análisis del efecto de la forma de dosificar el álcali en el proceso de tintura, se realizó seguimiento durante dos meses a todos los lotes teñidos en el tono vino y se registró el comportamiento del pH. Se comparó dicho comportamiento con el de otros tonos que no presentan fallas de mareo y se hicieron ensayos proponiendo una manera diferente de introducir el álcali para que el pH se comporte de manera similar a los lotes que no presentan el problema. Se hizo una propuesta inicial en la que se redujo la cantidad utilizada de producto, pero a la hora de probarla fue necesario reajustar dicha cantidad para así lograr alcanzar el objetivo deseado.

Análisis de la curva de tintura de viscosa/elastano

En el caso de la curva de tintura se estudió el comportamiento de los lotes después de teñidos con el fin de encontrar desviaciones de la curva teórica que pudieran causar tiempos perdidos o fallas en el proceso y que fuera posible corregir desde la programación de la curva o desde el departamento de mantenimiento, o para realizar mejoras enfocadas a proporcionar un mayor cuidado a la tela en el proceso de teñido.

También se pudo observar que, aunque la curva de tintura tiene establecido que la tela se cargue a la maquina solo cuando el baño se encuentre 60°C debido a que la fibra presenta un mayor índice de absorción y una reducción en su elasticidad a temperaturas inferiores, algunos operarios no tenían conocimiento de este comportamiento de la tela y ejecutaban de manera errónea la curva, causando quiebres, enredos y tallones. Debido a esta desinformación se realizaron capacitaciones a los operarios con el fin de unificar conceptos y generar conciencia de los puntos críticos del proceso de tintura.

Resultados y análisis

Identificación de los factores que inciden en el proceso de la tintura de viscosa/elastano

Producto del levantamiento de datos en el software de gestión de producción de la empresa, se encontraron las principales causas de reprocesos y devoluciones que se muestran en las figuras 2 y 3, respectivamente.

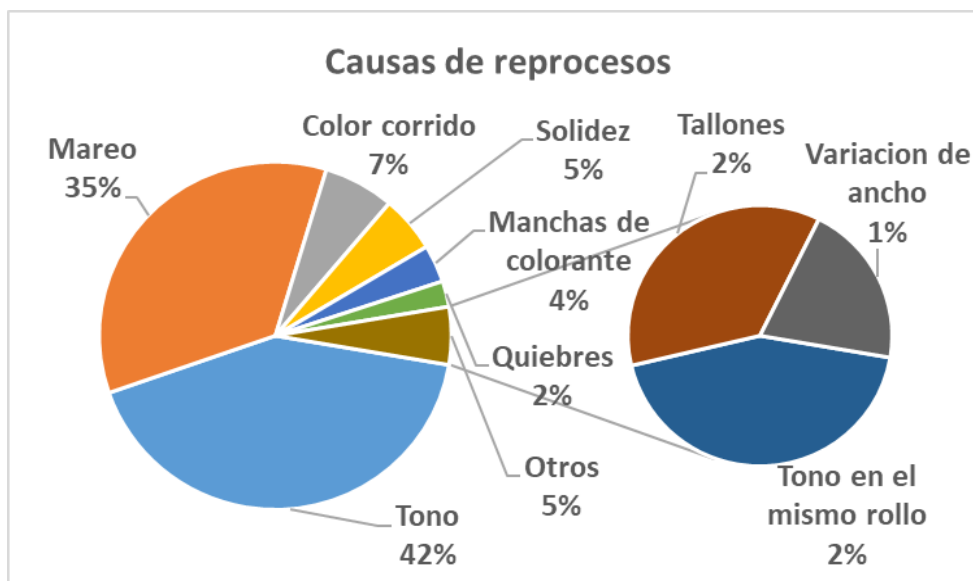


Figura 3 Distribución de causas de reprocesos de viscosa-elastano.

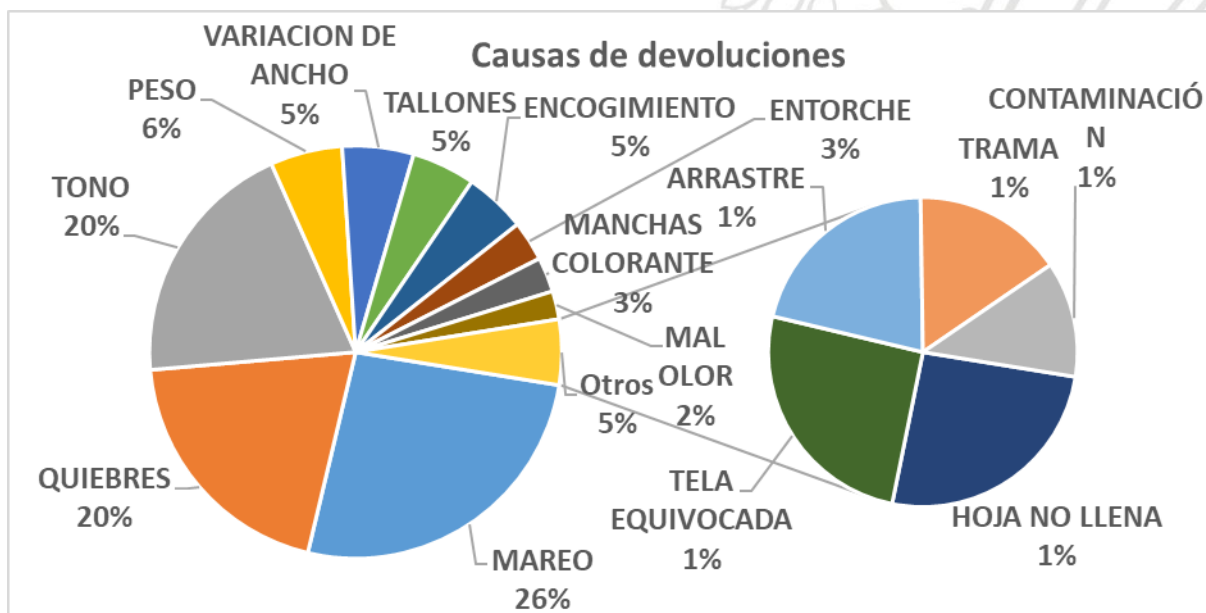


Figura 4 Distribución de causas de devoluciones de viscosa-elastano.

Con los resultados de este levantamiento de datos se calculó el porcentaje de reprocesos de la tela, el cual fue de un 10.26% y se comparó con el índice total de la empresa en el mismo periodo de tiempo el cual es del 6.4%. De manera similar se calculó el porcentaje de devoluciones obteniendo un 5% mientras que dicho índice, teniendo en cuenta todos los tipos de telas es de 8%.

Por medio de la encuesta realizada a 40 personas se pudo encontrar la distribución de fallas que se muestra en la Figura 5:

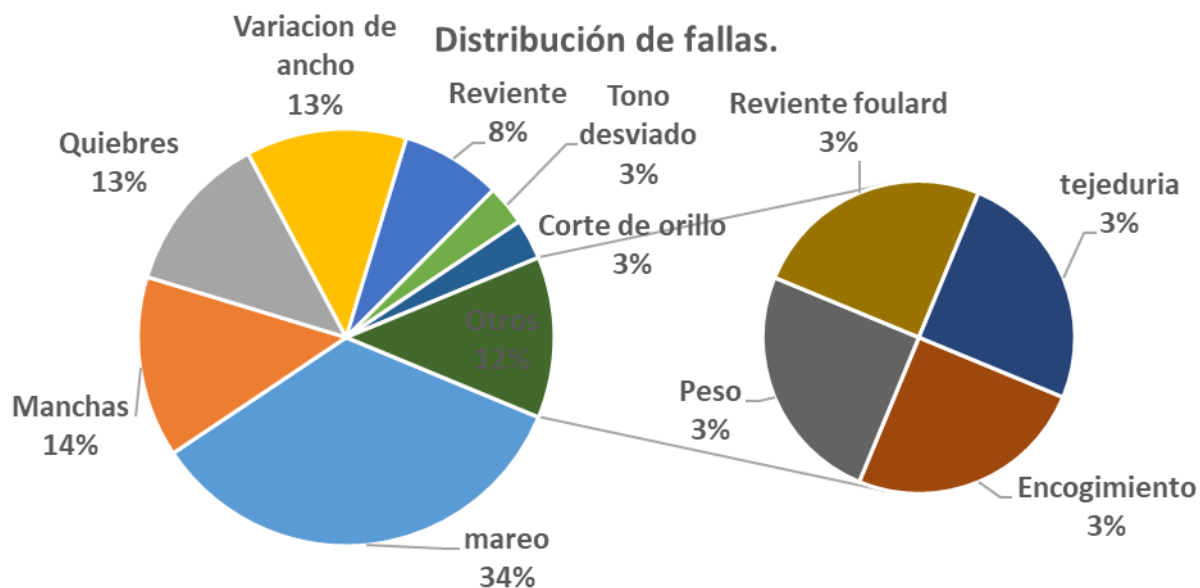


Figura 5 Distribución de fallas encontradas por medio de la encuesta

En la *Figura 5* se puede observar que, con todos los métodos usados para el levantamiento de datos, la falla Mareao mostro predominio sobre las demás fallas encontradas.

Los datos se trataron estadísticamente calculando la frecuencia relativa de las causas de cada falla, luego se multiplicó esta por la ocurrencia de su respectiva falla, obteniendo así el criterio para adjudicar el rubro de ocurrencia por causas.

Análisis de la curva de tintura de viscosa/elastano

Actualmente se cuenta con una curva de tintura robusta para teñido de colorantes reactivos en frío con migración, la cual se compone de tres subprocesos principales: un proceso de preblanqueo, proceso de teñido y un proceso de jabonado. En la *Figura 6* se muestra dicha curva de tintura.

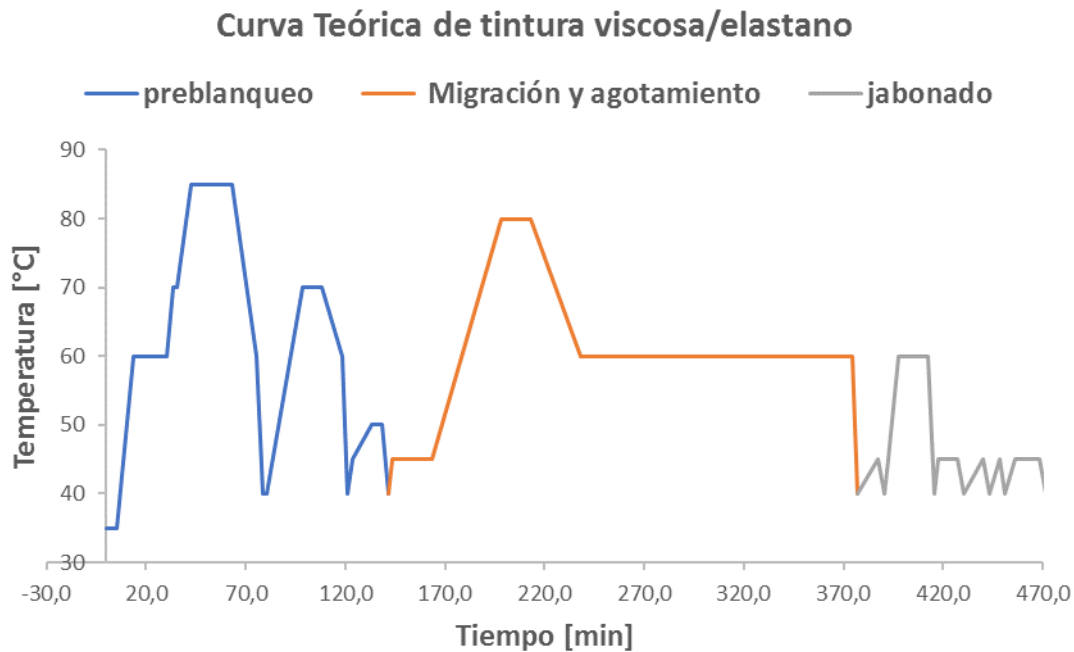


Figura 6 Curva de tintura teórica.

Con el análisis de las curvas de tintura ejecutadas se pudo evidenciar que en el proceso de preblanqueo se calentaba la maquina hasta 70°C, a esta temperatura se empezaba a introducir el peróxido de hidrogeno, el cual se dosifica automáticamente en el proceso de calentamiento, pero en el momento en que se iniciaba la introducción del peróxido de hidrogeno se observó en todos los casos que la temperatura empezaba a caer gradualmente hasta un rango entre 62 y 65°C aproximadamente. Una vez finalizada la introducción de peróxido, la temperatura debe continuar ascendiendo hasta 85°C, por lo que esa caída de temperatura en la etapa de introducción ocasiona un aumento en tiempo de calentamiento de hasta 4 minutos.

Se propuso la modificación de la programación de la curva de tintura para corregir el problema descrito, la cual consiste en ejecutar una función existente llamada isoterma, de manera paralela a la introducción del peróxido de hidrogeno. Dicha función se ejecuta en segundo plano, mantiene la temperatura en un valor deseado, en este caso 70°C y finaliza automáticamente al ocurrir el cambio de paso entre la introducción y el calentamiento hasta 85°C.

Se realizaron ensayos implementando esta modificación y se obtuvieron resultados satisfactorios por lo que se realizó el cambio en la curva de tintura e incluso se implementó en otros tipos de fibras a las que se les realiza el proceso de preblanqueo.

Análisis de la influencia de la tricromía en la aparición del fallo mareo para el color Vino

Para el análisis de la influencia de la tricromía en la aparición del fallo mareo para el color Vino, se realizaron mediciones en un espectrofotómetro para los tres ensayos realizados. En la *Tabla 4* se muestran los resultados de las lecturas en el sistema CIE-LAB de medida de color.

Tabla 4 medidas CIELAB para ensayos [7].

Muestra	a*	b*	L*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	ΔE^*	Criterio
Estándar	23,48	-0,38	23,63	0,00	0,00	0,00	0,00	
TA	25,23	-1,43	24,43	1,75	-1,05	0,80	2,19	Falla
TB	26,24	-2,41	26,90	2,76	-2,03	3,27	4,74	Falla
TC	27,57	-2,21	28,89	4,09	-1,83	5,26	6,91	Falla

Como se puede observar en la *Tabla 4*, con los 3 ensayos se obtuvieron medidas de Δa^* y ΔL^* positivos, lo que implica que se obtuvo un color más rojo y con más brillo que la muestra estándar; y un Δb^* negativo, y por lo tanto muestras más azules que la muestra estándar.

También se puede observar que se obtuvo un ΔE^* superior a la unidad en los tres ensayos, por lo que todos estos fallan en cuanto a reproducibilidad de tono solicitado por el cliente. Pero la tricromía que menos desviación presenta respecto a la muestra estándar es la tricromía TA, la cual corresponde a la utilizada actualmente para desarrollar este tono en la empresa.

En las *Figuras 7 y 8* se muestra la ubicación de las medidas en el espectro CIELAB.

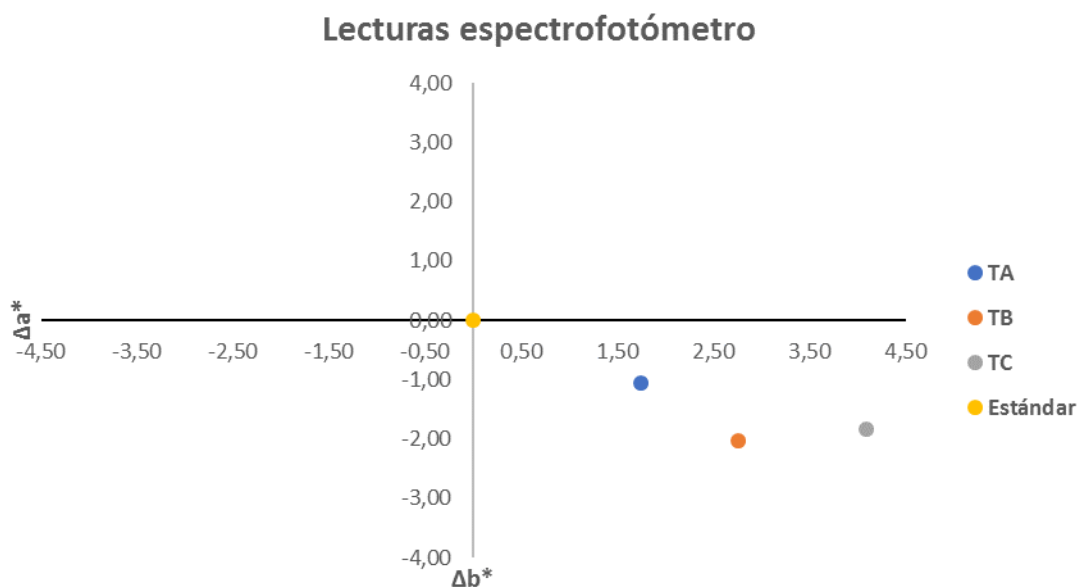


Figura 7 Coordenadas de color sistema CIELAB [7].

Lecturas espectrofotómetro luminosidad

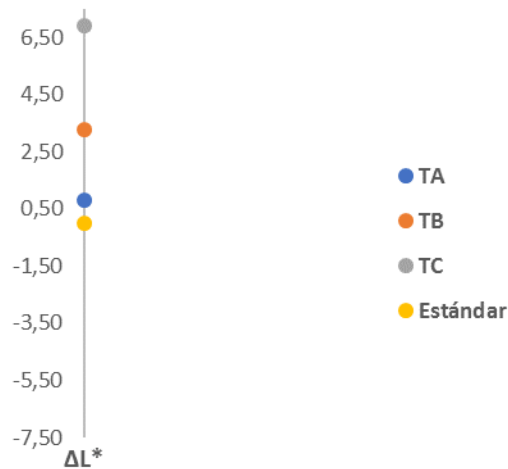


Figura 8 Coordenadas CIELAB luminosidad. [7]

Se puede confirmar en las figuras 7 y 8 que la tricromía que menos desviación presenta respecto a la muestra estándar tanto en coordenadas de color como en luminosidad.

A continuación, en la tabla 5 se muestran la concentración total de colorante que se utilizaron con cada tricromía.

Tabla 5 Concentración total de colorante usadas en cada tricromía.





Tricromía	Concentración de colorante [g color/g tela]
TA	2,01
TB	3,97
TC	1,81

Como se puede observar en la Tabla 5, la tricromía B consume dos veces la cantidad de colorante que se necesita con la tricromía A, y considerando que con dicha tricromía también se presentó la falla de mareo y no se alcanzó el color deseado, entonces no se justifica realizar el cambio de tricromía para teñir el tono Vino.

Respecto a la tricromía C, aunque se necesita un 10% menos de colorante que con la tricromía actual, esta presenta la mayor desviación respecto a la muestra estándar y además también presentó el fallo de mareo, por lo que no es una buena opción reemplazar la tricromía actual por esta.

A continuación, en la *Tabla 6* se muestra el color obtenido con los ensayos y la muestra estándar.

Tabla 6 Registro fotográfico de tricromías analizadas.

Tricromía	Muestra
Estándar	
TA	
TB	
TC	

En la *Tabla 6* se puede observar que la tricromía actual es la que mejor reproducibilidad mostró, acercándose más al tono deseado.



Análisis de la influencia de dosificación de álcali en la manifestación de mareo en la tintura de viscosa-elastano color Vino.

La etapa de adición del álcali consiste en incrementar gradualmente el pH del baño de tintura desde 6 hasta 11 aproximadamente, con el fin de proporcionar el ambiente adecuado para que se lleve a cabo la reacción covalente entre el colorante y la celulosa que conforma la viscosa. Dicho incremento debe hacerse paulatinamente, ya que, la tintura de la tela se da en un punto de la máquina (hidrovario) que se encuentra ubicado en la parte superior de esta, donde se pone en contacto el baño de tintura con la tela que está circulando por este punto; mientras que el resto de tela se encuentra reposando en el fondo de la máquina. Es por esto que si se realiza una introducción de álcali que cause un incremento drástico en el pH, la totalidad de la carga de tela no alcanzará a pasar a través del hidrovario causando así zonas con color más intenso de manera aleatoria, lo que se conoce como mareo. Después de numerosos ensayos, se implementó una forma de dosificar el álcali en este tipo de tinturas, con 4 tandas en las cuales se aumenta gradualmente la cantidad de base que adiciona al baño de tintura. En la *figura 9* se muestra el comportamiento que presenta normalmente este proceso, junto con la forma de dosificación mencionada, el comportamiento que tiene el tono Vino y la forma en la que se dosifica la cantidad total de álcali.

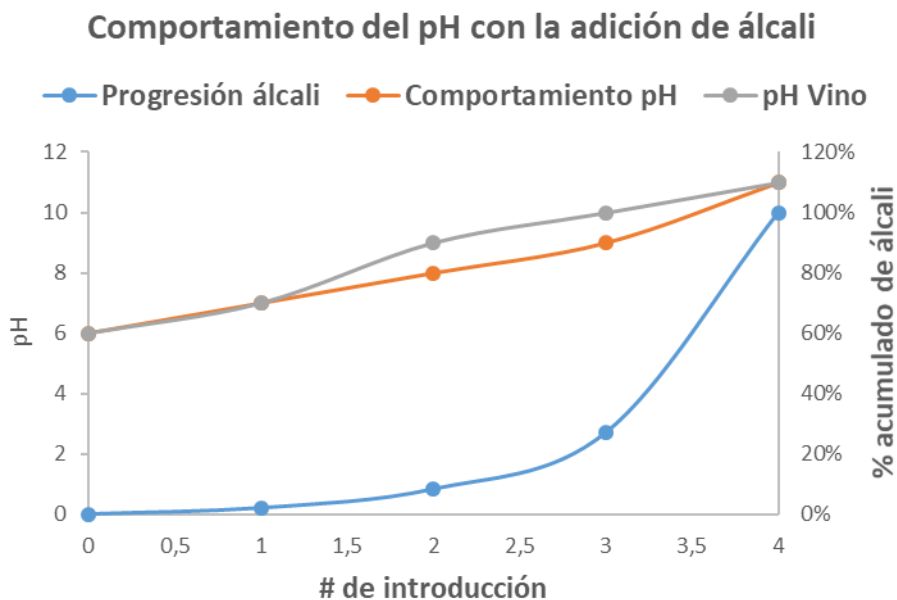


Figura 9 Comportamiento pH con la dosificación de álcali

En esta figura el porcentaje acumulado de álcali es el porcentaje de la totalidad de producto que se adicionan en cada introducción. Se puede observar que con el tono Vino

En la figura 9 se puede observar que con el tono vino se observó un incremento de dos puntos del pH con la segunda introducción, mientras que en el resto de los colores es de solo una unidad. Esta etapa (pH entre 7 y 9) es el punto más crítico según la literatura, debido a que es en este rango en el que mayor cantidad de color reacciona con la fibra.

Dado el incremento anormal de pH que se observó en repetidas ocasiones en la segunda introducción, se decidió disminuir la cantidad de álcali que se agregaba en este paso sin modificar las demás. Esta modificación generó, además de una disminución de la cantidad usada de álcali del 4.17%, un comportamiento adecuado y la desaparición del fallo de marea en tres ensayos realizados.

En la tabla 7 se muestra los datos obtenidos de pH y el porcentaje acumulado de álcali utilizado en cada introducción.

Tabla 7 Experimentos modificación cantidad de álcali.

Número de introducción	% de álcali acumulado	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
0	0	5,89	6,1	5,68	5,89
1	2%	6,75	6,92	6,68	6,78
2	4%	7,5	7,8	7,6	7,63
3	24%	9,3	9,2	9,4	9,30
4	100%	10,47	10,64	10,6	10,57

A continuación, se muestra el comportamiento del pH promedio de los experimentos realizados en la Figura 10.

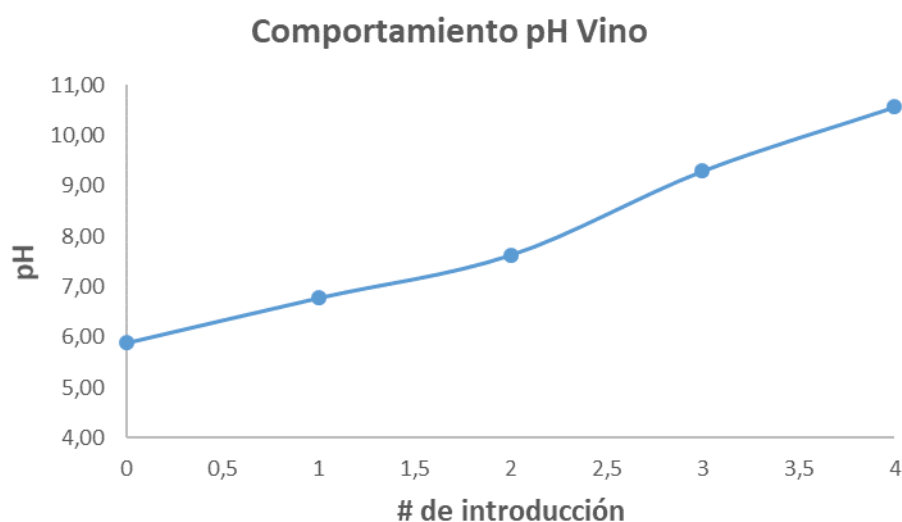


Figura 10 Comportamiento pH promedio experimentos.

Como se puede observar en la Figura 10 el comportamiento del pH en la segunda introducción y a lo largo de todas las introducciones es suave y no hay cambios abruptos.

Conclusiones

- Se implementó de manera satisfactoria el análisis de modo y efecto de fallas por medio del cual se encontraron las etapas críticas del proceso de tintura de la tela viscosa/elastano.
- Se realizó el seguimiento en planta durante tres meses, prestando especial atención a los puntos críticos que se encontraron con el AMEF y producto de ello se logró disminuir el índice de reprocesos de la tela de un 10,3% a un 8,8%.
- Se implementó una modificación a la curva de tintura que evita la caída de temperatura hasta de 8°C durante el proceso de preblanqueo de la fibra. Esto no solamente se implementó en la tela viscosa/elastano sino en otras que requieren procesos de preblanqueo como el algodón y sus combinaciones con otras fibras.
- Se encontró una forma de dosificar el álcali para evitar que se presentaran mareos en el color vino y se redujo la cantidad de dicho producto en un 4,17%.
- Se capacitó al personal para unificar conceptos y generar conciencia de factores críticos en el proceso de tintura de la tela.

Referencias Bibliográficas

- [1] F. E. Lockuán Lavado, II. *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD. Fibras textiles*, 1ra ed. 2013.
- [2] M. J. S. Ordoñez and M. Á. S. Maza, *Iniciación en materiales, productos y procesos textiles. TCPF0309*, 1ra ed. IC Editorial, 2013.
- [3] S. J. Eichhorn, J. W. . Hearle, J. M, and T. Kikutani, *Handbook of Textile Fibre Structure, Volume 2: Fundamentals and manufactured polymer fibres (Woodhead Publishing in Textiles, vol. 136, no. 1. CRC Press, 2009.*
- [4] F. E. Lockuán Lavado, V. *La industria textil y su control de calidad. Tintorería*, 1st ed. 2012.
- [5] J. Cegarra Sánchez, *Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles*. Barcelona, 1981.
- [6] H. Gutierrez Pulido and R. De la Vara Salazar, *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y SEIS SIGMA*, 3rd ed. 2013.
- [7] Konica Minolta Sensing, "Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B*." [Online]. Available: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>. [Accessed: 07-Apr-2019].

Anexos

Anexo A: Formato encuesta

Este cuestionario hace parte de una investigación, la cual se realiza en TINCOL S.A.S como requerimiento de grado para obtener el título de Ingeniero Químico. La información que proporciona este cuestionario solo será utilizada con fines académicos y de forma confidencial, no divulgaremos ninguna información sobre usted, o proporcionada por usted durante la investigación; cuando los resultados de la investigación se discutan o se publiquen, no se incluirá información que pueda revelar su identidad. Su decisión de participar o no en este proyecto no afectará sus relaciones actuales o futuras con TINCOL SAS.

Si usted decide participar, usted está libre retirarse en cualquier momento sin tener ninguna consecuencia.

Nombre Completo: _____ Fecha: _____
Cargo: _____ Área: _____
Funciones del cargo:

Desde su punto de vista y teniendo en cuenta la experiencia que tiene desempeñando la función que actualmente realiza responda el siguiente cuestionario sobre los procesos que se llevan a cabo específicamente sobre la tela viscosa/Elastano (Lycra)

1. ¿Cuáles son los principales fallos o problemas que se presentan con la tela?

1.1 _____
1.2 _____
1.3 _____

2. ¿Cuáles son las principales causas que ocasionan los fallos?

2.1 _____
2.2 _____
2.3 _____

3. ¿Con qué mecanismos de detección cuenta actualmente TINCOL para detectar las causas de los fallos?

3.1 _____
3.2 _____
3.3 _____

Número de proyecto: 001. Proceso: Tintura y acabados.

Producto afectado: Viscosa/elastano.

Responsabilidad: Jose Restrepo.

Líder del proyecto: Jefe de planta.

Preparado por: Jose Restrepo

Fecha clave:30/12/2019.

Fecha AMEF anterior: No aplica

FUNCION DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTOS DE LA FALLA POTENCIAL	SEVER	CRIT	CAUSA/ MECANISMO DE FALLA POTENCIAL	OCURR	CONTROLES ACTULES DEL PROCESO PARA DETECCION	CONTROLES ACTULES DEL PROCESO PREVENTIVOS	DETEC	N. P. R.	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPOSABILIDAD Y FECHA PROMETIDA	RESULTADOS ACCIONES TOMADAS	SEVER	OCURR	DETECC	N. P. R.				
Proceso de tintura con colorantes reactivos. Requerimientos: sustrato agua auxiliares de	Mareo	Zonas decoloradas en la tela (parches menos intensos)	8		Revientes	8	alarma automática de las maquinas de tintura		8	512	Implementar un proceso de control de calidad de materia prima de la tela	Jefe de calidad 12/2019									
							Inspección visual en la etapa de plegado		8	512	Implementar un proceso de control de calidad de materia prima de la tela	Jefe de calidad 12/2019									
							Inspección visual en la etapa de prefijado		8	512	Implementar un proceso de control de calidad de materia prima de la tela	Jefe de calidad 12/2019									
							Inspección visual del operario		8	512	Implementar un proceso de control de calidad de materia prima de la tela	Jefe de calidad 12/2019									
					Dosificación incorrecta del álcali	6	Seguimiento periódico de curvas de tintura históricos		4	192											
							Mantenimiento preventivo de maquinas de tintura		2	96											
							Control de pH		5	240											



tintura colorantes reactivos					Inspección visual		8	384															
				Selección de tricromía	5	Actualización de desarrollos en laboratorio		8	320														
						Desarrollo de tonos en laboratorio		3	120														
				Enredo	6	Inspección visual		8	384														
						Capacitación de operarios		4	192														
				Liso inadecuado	5		Capacitación de operarios		4	160													
				Paro de maquina	5	Alarma sonora		8	320														
						Inspección visual		8	320														
				Dosificación incorrecta de color	6	Seguimiento periódico de curvas de tintura históricos		4	192														
						Mantenimiento preventivo de maquinas de tintura		2	96														
Inspección visual		8	384																				
Proceso de prefijado y acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	variación de ancho	ancho fuera de especificaciones	8	exceso de alimentación en rama	5		Normas de acabado por referencia	5	200														
				Paro rama	5	Inspección visual		8	320														
				Prefijado deficiente	5		Normas de prefijado por referencia	5	200														
				Revierte en los campos de rama	4	Inspección visual		8	256														
				apertura deficiente	4	Inspección visual		8	256														
				Tejeduría diferente	5		Ctrl de calidad de materia prima	10	400														

				Temperatura campos	5		Normas de acabado por referencia	5	200								
						Inspección visual		8	320								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Efecto tiza	Sombra blanca que aparece con el contacto. Es reversible	4	exceso de suavizante	1		Normas de acabado por referencia	5	20								
				enjuague deficiente	1	Seguimiento de curvas de tintura		4	16								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de	Engole	Dificultad para los confeccionista por orillos no lisos	6	exceso de goma	4	inspección visual		8	192								
				Exceso de alimentación	4		Normas de acabado por referencia	5	120								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de	Embolsamiento	Dificultad para los confeccionistas por centro inflado	6	exceso de goma	4	inspección visual		8	192								
				Exceso de alimentación	4		Normas de acabado por referencia	5	120								
Procesos de tintura y acabado Requerimientos: Sustrato agua Auxiliares de	Entorche	La tela se enrolla en los orillos y en las partes donde se le realizan cortes	6	carga rápida a maquina	5		Capacitación de operarios	4	120								
				Tensión en rama	5	Inspección visual		8	240								
							Normas de acabado por referencia	5	150								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Arrastres	Tela contaminada por suciedad	8	Manejo inadecuado	5		Lavado periódico de maquinas, bongos y carros	2	80								
								8	384								
							Inspección visual en la etapa de plegado	8	384								
				revientes	6												

Proceso de tintura con colorantes reactivos. Requerimientos: sustrato agua auxiliares de tintura colorantes reactivos	Manchas de color	Contaminación de manchas de otros colorantes diferentes al teñido en la tela	8			Inspección visual en la etapa de prefijado	8	384										
						Inspección visual del operario	8	384										
				enredos	6	Inspección visual	8	384										
						Capacitación de operarios	4	192										
				Dosificación incorrecta de álcali	5	Seguimiento periódico de curvas de tintura históricos	4	160										
						Mantenimiento preventivo de maquinas de tintura	2	80										
						Control de pH	5	200										
						Inspección visual	8	320										
				Dosificación incorrecta de color	4	Seguimiento periódico de curvas de tintura históricos	4	128										
						Mantenimiento preventivo de maquinas de tintura	2	64										
Inspección visual	8	256																
Espuma	4	Inspección visual	8	256														
Liso muy alto	5		Capacitación de operarios	4	160													
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Peso	Tela con menos masa que las condiciones requeridas por el cliente	8	Condiciones en rama	5		Normas de acabado por referencia	5	200									
				Tejeduría diferente	5		Ctrl de calidad de materia prima	10	400									

Procesos de prefijado, centrifugado, tintura y acabado Requerimientos: Sustrato agua Auxiliares de tintura Colorantes reactivos	Quiebres	"Arrugas" en la tela	7		Choque térmico	6	Seguimiento periódico de curvas de tintura históricos		4	168												
					Prefijado deficiente	6			5	210												
							Inspección visual		8	336												
					Falta de segundo pase por rama	5			5	175												
					Centrifugado prolongado	5			5	175												
Proceso de tintura con colorantes reactivos. Requerimientos: sustrato	Tallones	Zonas con huellas de esfuerzos mecánicos sobre la tela	8		Enredo	6	Inspección visual		8	384												
							Capacitación de operarios		4	192												
					hidrovario con poca avertura	6	Supervisión de procesos		8	384												
Proceso de tintura con colorantes reactivos. Requerimientos: sustrato agua auxiliares de tintura colorantes reactivos	Tono desviado	Tono diferente al solicitado por el cliente	8		introduccion inadecuada de productos	8	Seguimiento periodico de curvas de tintura historicos		4	256												
							Mantenimiento preventivo de maquinas de tintura		2	128												
							Inspección visual		8	512	Seguimiento a la introduccion de producto e identificar errores	Jefe de planta 30/06/2019										
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Tono en el mismo rollo	Diferntes tonalidades de color en el mismo rollo de tela	8		paro de rama	5	alarma rama		8	320												

Proceso de tintura con colorantes reactivos.	Solidez	Pérdida de color por lavado doméstico	6	enjuagues deficientes	6	Pruebas de solidez		7	252								
						Registro de curvas de tintura		4	144								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Goma gruesa		4	mala preparación goma	4	inspección visual		8	128								
Proceso de tintura con colorantes reactivos. Requerimientos: sustrato	Color corrido		8	jabonado deficiente	6	inspección visual		8	384								
						Registro de curvas de tintura		4	192								
						Supervisión de procesos		8	320								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Trama torcida		4	Acabado deficiente	5	Normas de acabado por referencia		5	100								
Proceso de acabado Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Orillo mal cortado		4	Cortador de orillo obsoleto	5	inspección visual		8	160								
Secado y Acabado textil Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Contaminación		8	Bongos y carros destapados o sucios	4	Lavado periódico de máquinas, bongos y carros		2	64								

Despacho de tela Requerimientos: Tela teñida y terminada	Tela equivocada		4	Despacho	5	Inspección visual		8	160											
Acabado textil Requerimientos: Sustrato teñido auxiliares de acabado	Encogimiento		7	prefijado deficiente	5		Normas de prefijado por referencia	5	175											
						Inspección visual		8	280											
				Tension en rama	5	Inspección visual		8	280											
							Normas de acabado por referencia	5	175											
Procesos de tintura y secado Requerimientos: Sustrato agua	Mal olor	Olor desagradable en la tela	6	Demora en secado	5	Supervisión de procesos		8	240											
				Auxiliares de tintura en mal estado	5	Detección en el puesto de trabajo		8	240											



