UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL

“Optimización del proceso de tintura artesanal de botones de tagua con colorantes directos”

AUTOR: Ayala Sánchez Belén Alexandra

DIRECTOR: MSc. Omar Vinicio Godoy Collahuazo

Ibarra – Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad del Norte para que sea publicado en el repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004898951		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ayala Sánchez Belén Alexandra		
DIRECCIÓN:	Otavalo, Cdla. Imbaya, sector Universidad de Otavalo		
EMAIL:	baayalas@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-	TELF.MÓVIL	0960033109

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Optimización del proceso de tintura artesanal de botones de tagua con colorantes directos.
AUTOR (ES):	Ayala Sánchez Belén Alexandra
FECHA: AAAAMMDD	5 mayo del 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/ PROGRAMA:	■ GRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de junio de 2025

EL AUTOR:

Belén Alexandra Ayala Sánchez

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 26 días del mes de junio de 2025

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Director

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "Optimización del proceso de tintura artesanal de botones de tagua con colorantes directos" elaborado por Ayala Sánchez Belén Alexandra, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.

Director

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

Asesor

MSc. Willam Ricardo Esparza

C.C: 1001589017

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a la memoria de mi padre Luis Alfredo Ayala Ayala quien, a pesar de ya no estar a mi lado, estoy segura de que estuviese orgulloso de verme lograr ser ingeniera.

¡Siempre será mi gran admiración y modelo para seguir!

Con mucho amor, Alexandra.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me acompañaron en este camino, en especial a mi madre Mónica Patricia Sánchez, que me ha demostrado todo su amor y apoyo incondicional durante este largo proceso, a mi segunda madre Adriana Sánchez, quien ha estado siempre presente con sus consejos, amor incondicional y dedicación por verme llegar al éxito. Quiero agradecer infinitamente a mis hermanas que han sido uno de los pilares fundamentales para poder llegar a ser quien soy, a mi pareja, Omar Santiago N., quien con su amor y paciencia ha sido mi apoyo incondicional durante este proceso y en especial a todos mis amigos. Gracias infinitas a mi tutor Omar Godoy quien, con sus conocimientos, amistad, cariño y dedicación, me acompañó en la elaboración de esta investigación. Finalmente, mi gratitud a todos los docentes que me han compartido una infinidad de conocimiento. ¡Gracias totales Carrera de Textiles!

Ayala Sánchez Belén Alexandra

RESUMEN

Este estudio, persigue el fin de obtener un proceso optimizado y estandarizado para teñir artesanalmente botones de tagua con colorantes directos Everdirect mediante el proceso de agotamiento, implementando curvas de tintura y recetas de laboratorio que permitan obtener muestras tinturadas con un desempeño eficiente en términos de solidez sobre un espécimen tipo testigo de acrílico 100% adaptado a la norma ISO 150 F06. En este proceso se tomaron en cuenta factores clave como: pH neutro o ligeramente alcalino, temperatura de 90°C, concentración de colorantes y auxiliares según especificaciones de la casa comercial Everlight. Con estos antecedentes, se realizaron un total de 36 probetas con concentraciones de colorante desde el 0.01% hasta el 4% con la utilización de la máquina de laboratorio Rapid-Vaivén y el GyroWash según la norma AATCC 61 3A en laboratorio, de igual forma. se realizó la tintura en planta con el proceso actual y el proceso optimizado.

Tras someter a ensayos espectrofotométricos, se evidencian resultados satisfactorios pues la transferencia del color es nula con una calificación de 5 en escala de grises para las muestras M_8 y M_{31} y una mínima transferencia del color hacia el testigo de acrílico con una calificación igual a 4,5 en las muestras restantes en la prueba de laboratorio y en planta con el proceso actual se obtuvo calificaciones 3, 2 y 2.5 para los tres colores: Amarillo PG, Azul RBL 200%, Escarlata 4BS respectivamente, indicando que hay mucha migración del color hacia el testigo, en las prueba de planta con el proceso optimizado, se obtuvo resultados de 4.5 para los tres colores: Amarillo PG, Azul RBL 200%, Escarlata 4BS respectivamente, indicando que hay poca o nula migración del color hacia el testigo; Para la prueba de color, se observa un decremento considerable de la solidez del color luego de someter las muestras lavados industriales simulados en Gyro Wash, teniendo como resultados valores de entre 1 a 3 en escala de grises para las muestras en laboratorio, para las muestras en planta con el proceso actual se obtuvo valores de 1 y en las muestras tinturadas en planta, con el proceso optimizado se obtuvieron valores de 2.5 y 3, siendo mejores resultados que las muestras en planta. El análisis estadístico incluyó también pruebas de normalidad de los datos, utilizando el aplicativo Past 4, en donde se tomó en cuenta los resultados de Anderson-Darling y Shapiro-Wilk mismas que indican el 95% de confiabilidad de los datos obtenidos en cada prueba con un $p > 0,05$.

Palabras clave: Everdirect, marfil vegetal, estandarización, curva, receta, dosificaciones, pH, planta.

ABSTRACT

This study aims to obtain an optimized and standardized process for the artisanal dyeing of tagua buttons with Everdirect direct dyes through the exhaustion method, implementing dyeing curves and laboratory recipes that allow obtaining dyed samples with efficient performance in terms of fastness on a 100% acrylic witness specimen adapted to ISO 150 F06 standard. In this process, key factors were taken into account such as: neutral or slightly alkaline pH, temperature of 90°C, dye and auxiliary concentration according to specifications from the Everlight commercial house. Based on this, a total of 36 samples were prepared with dye concentrations ranging from 0.01% to 4% using the Rapid-Vaivén laboratory machine and the GyroWash according to the AATCC 61 3A standard in the laboratory. Likewise, dyeing was carried out in the plant with the current process and the optimized process.

After being subjected to spectrophotometric tests, satisfactory results were evidenced since color transfer was null with a rating of 5 on the grayscale for samples M8 and M31, and minimal color transfer to the acrylic witness with a rating of 4.5 for the remaining samples in the laboratory test. In the plant with the current process, ratings of 3, 2, and 2.5 were obtained for the three colors: Yellow PG, Blue RBL 200%, Scarlet 4BS respectively, indicating that there is a lot of color migration to the witness. In the plant tests with the optimized process, results of 4.5 were obtained for the three colors: Yellow PG, Blue RBL 200%, Scarlet 4BS respectively, indicating little or no color migration to the witness. For the colorfastness test, a considerable decrease in colorfastness was observed after subjecting the samples to simulated industrial washing in the GyroWash, resulting in values between 1 and 3 on the grayscale for the laboratory samples. For the samples in the plant with the current process, values of 1 were obtained, and in the samples dyed in the plant with the optimized process, values of 2.5 and 3 were obtained, being better results than the plant samples. The statistical analysis also included normality tests of the data, using the Past 4 software, where the Anderson-Darling and Shapiro-Wilk results were taken into account, which indicate 95% reliability of the data obtained in each test with a $p > 0.05$.

Keywords: Everdirect, vegetable ivory, standardization, curve, recipe, dosages, pH, plant.

LISTA DE SIGLAS

ISO: International Organization for Standardization.

AATCC: American Association of Textile Chemists and Colorists.

CTEX: Carrera de textiles

UTN: Universidad Técnica del Norte.

MF: Multifibra

CUICYT: Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica.

RB: Relación de baño.

PAC: Acrílico

ANOVA: Varianza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I 4
1. MARCO TEÓRICO 4
1.1. Estudios previos 4
1.1.1. Proceso de elaboración de insumos textiles 4
1.1.2. Uso de colorantes directos para la tintura de materia orgánica vegetal 4
1.1.3. Estandarización del proceso de teñido 5
1.2. Marco legal 5
1.2.1. Constitución de la República del Ecuador 5
1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte 6
1.3. Marco Conceptual 6
1.3.1. Colorantes 6
1.3.1.1. Colorantes directos 6
1.3.2. Colorante directo Everdirect 7
1.3.3. La tagua 8
1.3.4. Elaboración de botones de tagua 10
CAPÍTULO II 13
2. METODOLOGÍA 13
2.1. Metodología de la investigación 13
2.1.1. Enfoque de la investigación 13
2.1.2. Tipo de investigación 13
2.1.3. Técnica de investigación 13
2.2. Diagramas de flujo 14
2.2.1. Flujograma general 14
2.2.2. Flujograma muestral 14
2.3. Materiales y equipos 16
2.3.1. Preparación del botón de tagua 16
2.3.2. Colorantes directos Everdirect 17
2.3.3. Espectrofotómetro textil 17
2.3.4. Espacio del color CIELAB 18
2.3.5. Escala de grises 18
2.3.6. Máquina de Vaivén 19

2.3.7. GyroWash 20
2.4. Normas de referencia 20
2.4.1. Solidez del color al lavado AATCC 61 20
2.4.2. Tejidos de referencia para solidez del color ISO 105 F06 22
2.5. Procedimiento de tintura de los botones de tagua con el proceso actual 22
2.6. Procedimiento de tintura de los botones de tagua con el proceso optimizado 23
2.7. Procedimiento de solidez al lavado 24
2.8. Desarrollo de la tintura 25
2.8.1 Preparación de receta y cálculos tintóreos 25
2.8.2 Análisis del proceso de titnura 26
2.8.3 Tintura de los botones 27
2.8.4 Pruebas de calidad 28
2.8.5 Evaluación de factibilidad 29
2.8.6 Optimización y análisis comparativo 29
2.8.7 Determinación de resultados 29
2.9. Recetas 29
2.10. Curva de proceso de tintura 32
2.11. Curva de proceso máquina Gyrowash 35
CAPÍTULO III 37
3. RESULTADOS 37
3.1 Análisis de resultados 37
3.1.1 Resultados de la implementación de la receta 37
3.1.2 Resultados de la tintura de botones en laboratorio 37
3.1.3 Resultados de la tintura de botones en planta con el método optimizado 38
3.1.4 Fijación del colorante en laboratorio 39
3.1.5 Fijación del colorante en planta 40
3.1.6 Absorción y penetración del colorante en la tintura en laboratorio 41
3.1.7 Absorción y penetración del colorante en planta 41
3.1.8 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en laboratorio 42
3.1.9 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en planta con el proceso optimizado 42
3.1.10 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en planta con el proceso sin optimización 43

3.1.11 Resultados espectrofotométricos 44
3.1.11.1 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en laboratorio 44
3.1.11.2 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en planta con el proceso actual 48
3.1.11.3 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en planta con el proceso optimizado 49
3.2 Discusión de resultados de la transferencia del color de los botones de tagua hacia un testigo. 51
3.3 Resultados de escala de grises en espectrofotómetro 51
3.3.1 Resultados de la prueba de color en botones tinturados en laboratorio 52
3.3.2 Prueba de color en botones tinturados en planta con el proceso actual 53
3.3.3 Prueba de color en botones tinturados en planta con el proceso optimizado..... 53
3.4 Interpretación de resultados del cambio de color al lavado 54
3.4.1 Everdirect Amarillo PG en laboratorio 54
3.4.2 Everdirect Azul RBL 200% en laboratorio 55
3.4.3 Everdirect Escarlata 4BS en laboratorio 56
3.5 Resultados de cambio de color al lavado en botones tinturados en planta con el proceso artesanal actual 58
3.6 Resultados de cambio de color al lavado en botones tinturados en planta con el proceso optimizado 59
3.7 Análisis de la varianza 60
3.7.1 Normalidad de los datos..... 61
3.8 Análisis de resultados de la transferencia del color 62
3.8.1 Discusión de resultados de la optimización del proceso de tintura 64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 68
Conclusiones 68
Recomendaciones 69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 71
ANEXOS 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dosificaciones recomendadas de colorante Everdirect 8

Tabla 2 Características taxonómicas de la tagua 9

Tabla 3 Especificaciones de materiales a utilizar para la adaptación del procedimiento. 25

Tabla 4 Concentraciones de colorante y auxiliares para la receta de tintura 30

Tabla 5 Receta de fijación del colorante 31

Tabla 6 Receta de lavado de las muestras tinturadas 31

Tabla 7 Resultados cuantitativos de transferencia de color en botones tinturados en laboratorio 44

Tabla 8 Calificaciones de transferencia de color hacia el testigo 48

Tabla 9 Calificaciones de transferencia de color en el proceso optimizado en planta 51

Tabla 10 Tabla resultados muestra a muestra de solidez del color al lavado de los botones tinturados en laboratorio 52

Tabla 11 Resultados de la prueba de color entre el estándar y trial de botones tinturados en planta con el proceso artesanal actual 53

Tabla 12 Resultados de solidez del color de los botones de tagua tinturados en planta con el proceso optimizado 53

Tabla 13 Resultados de normalidad de la prueba de transferencia de color 61

Tabla 14 Comparación del proceso en planta actual y el proceso optimizado. 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sitio del lugar donde se realizará las pruebas de laboratorio. 3

Figura 2 Sitio del lugar del taller artesanal. 3

Figura 3 Semillas de tagua 9

Figura 4 Proceso de elaboración 11

Figura 5 Estandarización del proceso artesanal de tintura de botones de tagua. 14

Figura 6 *Proceso de tintura artesanal de botones de tagua.* 15

Figura 7 Botón de tagua en crudo antes del proceso de lijado. 16

Figura 8 Espectrofotómetro textil del laboratorio de la CTEX-UTN. 17

Figura 9 Escala de grises referencial 19

Figura 10 Máquina de teñido de la CTEX-UTN 19

Figura 11 Curva de tintura a nivel de laboratorio 33

Figura 12 Curva de tintura para planta 34

Figura 13 Proceso de fijación 35

Figura 14 Curva de lavado según la norma AATCC 61 método 3A 36

Figura 15 Botones teñidos y fijados 38

Figura 16 Botones tinturados artesanalmente 39

Figura 17 Muestras M_6 a la muestra M_{12} listas para el proceso de fijación 40

Figura 18 Fijación del colorante en planta 40

Figura 19 Parte interna del botón: M_{36} 41

Figura 20 Partes internas de los botones tinturados en planta 41

Figura 21 Botones de tagua después del proceso de lavado 42

Figura 22 Botones de tagua tinturados en planta con el proceso optimizado después del proceso de solidez del color al lavado 43

Figura 23 Resultados de la prueba se solidez del color al lavado en muestras tinturadas en planta sin el proceso optimizado 43

Figura 24 Elipses de las muestras del color Everdirect Amarillo PG de las muestras M_1 a M_{12} 45

Figura 25 Gráficos de elipses del color Everdirect Azul RBL 200% de las muestras M_{13} a M_{24} 46

Figura 26 Gráfico de elipses del color Everdirect Escarlata 4BS de las muestras M_{25} a M_{36} 47

Figura 27 Curvas de elipses de la prueba de botones tintados en planta con el proceso artesanal actual .. 49

Figura 28 Gráfico de elipses de la prueba de botones tintados en planta con el proceso optimizado 50

Figura 29 Resultados espectrofotométricos dCielab: D65-10 color Amarillo PG muestras M_1 a M_{12}. 55

Figura 30 Resultados de espectrofotómetro muestras M_{13} a M_{24} 56

Figura 31 Resultados espectrofotométricos muestras M_{25} a M_{36} 57

Figura 32 Muestras M_{32} y M_{36} 58

Figura 33 Gráficos de elipses de las muestras tinturadas en planta artesanalmente con el proceso actual 59

Figura 34 Curvas de elipses de los botones tinturados en planta con el proceso optimizado 60

Figura 35 Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color del botón hacia el testigo. 62

Figura 36 Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color en las muestras tinturadas en planta con el proceso artesanal actual 63

Figura 37 Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color en las muestras tinturadas en planta con el proceso artesanal actual 64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica Novafix 76

Anexo 2 Ficha técnica del Marvacol ASC 78

Anexo 3 Receta de tintura utilizada para Amarillo PG 78

Anexo 4 Fotos de realización de pruebas de laboratorio 79

Anexo 5 Mediciones y control de pH 79

Anexo 6 Colorantes de la casa comercial Everdirect 80

Anexo 7 Pesaje para preparación de soluciones 80

Anexo 8 Preparación y tintura de los botones de tagua 81

Anexo 9 Colorantes y auxiliares utilizados en planta 81

Anexo 10 Balines oxidados 82

Anexo 11 Tintura de los botones en el taller artesanal, aplicando la curva de tintura y recetas implementadas. 82

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

El proceso de tintura artesanal de botones de tagua con colorantes directos presenta deficiencias en términos de consistencia y calidad (López, 2011), estas deficiencias pueden surgir debido a una serie de factores, que van desde la falta de control preciso en las concentraciones de colorantes utilizados hasta la variabilidad en los métodos de aplicación (Mollocana y Suárez, 2009).La falta de una curva de tintura y la ausencia de control sobre las diferentes concentraciones de colorantes utilizados reflejan variabilidad en cuanto a la uniformidad e intensidad del color. Además, la calidad y la durabilidad de la coloración pueden resultar inconsistentes, lo que impacta negativamente en la comercialización y satisfacción del cliente (Ruiz, 2021).

La carencia de técnicas mejoradas también afecta a la rentabilidad y competitividad del accesorio dentro del mercado (Pérez et al., 2017), esta problemática tiene su origen en talleres artesanales, dedicados a la producción de este tipo de accesorios de tagua, donde la falta de optimización en el proceso de teñido impide aprovechar al máximo los recursos disponibles (Gómez, 2015). Mejorar este proceso permitirá obtener una mejor eficiencia en términos de tiempo y calidad del producto final, que conlleva al artesano a tener un valor añadido significativo dentro del mercado, aumentando la rentabilidad y competitividad de estos accesorios, de este modo, maximizando el uso de sus recursos y ampliando su alcance comercial.

Justificación

La tagua o marfil vegetal, es un material que brinda al botón características únicas en textura, apariencia, acabados y tonos, haciendo que este sea elegante (Megatagua, 2024), los insumos son imprescindibles en la confección de prendas de vestir, como lo son los botones de tagua, la variedad de tamaños y formas hacen que este sea adecuado para cada prenda (Truben, 2024). El uso de estos insumos en la moda sostenible da un enfoque estético y natural a las prendas debido a que su producción no implica daños ambientales, estos materiales incluyen a fibras orgánicas como el algodón, lino, cáñamo y otras fibras de origen natural, el uso de estos no solo beneficia a los ecosistemas, sino también asegura que las prendas finales sean de calidad y atractivas para el consumidor (Botones Antiguos, 2017).

El deficiente proceso de tintura artesanal de botones de tagua es el principal causante de la inconsistencia y baja calidad del producto final. Estas deficiencias son cruciales para mantener la competitividad en el mercado artesanal y garantizar la satisfacción del cliente, la inconsistencia en el proceso puede deberse a varios factores, como la falta de control sobre las condiciones de tintura, la calidad de los tintes utilizados, variaciones en las concentraciones de calidad o incluso la ausencia de técnicas estandarizadas que garanticen la distribución uniforme del color (Monge, 2019).

Por esta razón, este estudio a nivel de laboratorio busca mejorar la eficiencia tintórea y la disminución de la migración del color tras la estandarización del proceso de tintura de botones de tagua, para posteriormente ser analizadas por el equipo de laboratorio espectrofotómetro en el laboratorio de la CTEX – UTN, con el propósito de establecer una curva de tintura adecuada en función del tipo de material estudiado (Mollocana & Suárez, 2009).

Objetivos

Objetivo general

- Optimizar el proceso de tintura artesanal de botones de tagua con colorantes directos.

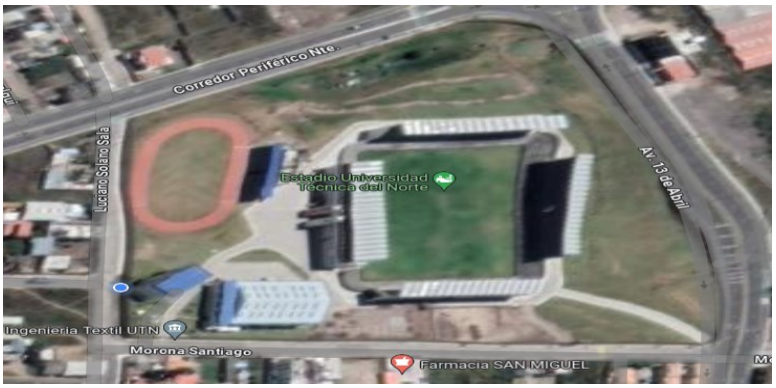
Objetivos específicos

- Identificar los elementos críticos a tomar en cuenta en un proceso artesanal para el teñido en botones de tagua.
- Tinturar artesanalmente botones de tagua mediante la utilización de una curva de tintura y diferentes concentraciones de color con el fin de obtener una gama de colores base.
- Someter a ensayos espectrofotométricos las muestras obtenidas estableciendo elementos de convicción relativos a la tintura resultante en términos de consumo de materiales y calidad del producto.
- Analizar el impacto de las mejoras implementadas en el proceso de teñido de botones de tagua mediante estudios comparativos del color para la estandarización del proceso.

Características del sitio del proyecto

Figura 1

Sitio del lugar donde se realizará las pruebas de laboratorio.



Fuente:(Google maps, 2024).

En la

Figura *1* se presenta la ubicación del laboratorio de CTEX-UTN, en la ciudad de Ibarra, donde se realizarán las pruebas de laboratorio para evaluar la tintura de botones tagua. Este laboratorio cuenta con los equipos e instalaciones necesarias para realizar los ensayos y controlar las variables del proceso de tintura. Por otro lado, la **Figura 2** muestra el sitio del taller artesanal Tocogua, ubicado en la ciudad de Otavalo; En este taller, se llevará a cabo la parte artesanal del proyecto, aprovechando las técnicas tradicionales de tintura aplicadas en la producción de botones de tagua. Ambos lugares son clave para el desarrollo de este proyecto, debido a que combinan la investigación con la práctica para optimizar y mejorar el proceso de tintura.

Figura 2

Sitio del lugar del taller artesanal.

Fuente: (Google maps, 2024)

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estudios previos

Los estudios previos son investigaciones y análisis que se realizan antes de iniciar un experimento o como en este caso un proyecto de investigación, su propósito es reunir información relevante que permita comprender el contexto, identificar problemas, establecer antecedentes del proyecto y definir una base teórica sólida para el desarrollo del trabajo.

1.1.1. Proceso de elaboración de insumos textiles

La cadena de suministro de la industria textil tiene varias etapas que se encuentran conectadas entre sí, cada una de estas desempeña un papel importante en la moda en general (Audaces, 2021). El proceso de elaboración de insumos textiles abarca una serie de etapas que transforman las materias primas en productos textiles utilizables. Estas etapas incluyen la selección de fibras, el hilado, el tejido, y el acabado; cada una de estas etapas tiene sus propios métodos y tecnologías específicos.

1.1.2. Uso de colorantes directos para la tintura de materia orgánica vegetal

Según Artesanías de Colombia (2018), indica que:

> Los colorantes usados para el teñido de tela y de fibras celulósicas como el algodón, el fique, el abacá, el yute y fibras duras como los bejucos, la caña brava, la iraca, la enea, etc., son: los colorantes directos, reactivos, sulfurosos y tinas y para las fibras proteínicas de origen animal como la lana y la seda se tiñen con colorantes ácidos y reactivos (p.3).

Los colorantes directos se caracterizan por ser solubles en agua, debido que se aplican principalmente en fibras celulósicas como el algodón, lino y otras materias orgánicas vegetales, estos colorantes tienen la capacidad de unirse directamente a las fibras sin necesidad de utilizar mordientes, lo que facilita el proceso de tintura; estos, presentan una alta solubilidad en el agua y no requieren el uso obligatorio de mordientes haciendo que el proceso de tintura sea más simple (A. MONTENEGRO Y CIA. S.A.C, 2023).

1.1.3. Estandarización del proceso de teñido

Según Araujo (2019) "la estandarización de los procedimientos en los sistemas de procesos de teñido, mejorará, la competitividad en la calidad del producto terminado y la satisfacción del cliente" (p.45).

La estandarización del proceso de teñido asegura que los productos textiles tengan una calidad uniforme y cumplan con las especificaciones deseadas. Esto incluye la regulación de las condiciones del proceso, como: concentración de colorante, temperatura, tiempo de inmersión, y el pH del baño de tintura.

Para la estandarización del proceso, se implementan procedimientos de control de calidad para monitorear y ajustar los parámetros del proceso en tiempo real (Vaughn, 2022); para las normas y protocolos, según La revista de la normalización española (2023), la industria textil sigue normas y protocolos internacionales para garantizar la consistencia y la calidad de los productos. Estos estándares pueden ser establecidos por organizaciones como la *International Organization for Standardization* (ISO) y la *"American Association of Textile Chemists and Colorists* (AATCC).

1.2. Marco legal

Este apartado se refiere a las normas y regulaciones que determinan como se deben realizar las gestiones, como por ejemplo, los derechos de propiedad intelectual, en este contexto, se trata de las leyes políticas que regulan el acceso y distribución de contenidos científicos, incluyendo los derechos de autor (Blanco, 2018).

1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La Asamblea Nacional del Ecuador (2008), en el artículo 15 se establece que: "El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto" (p. 24).

Se prohibirá el uso de tecnologías nucleares, biológicas, químicas de los organismos modificados genéticamente que impliquen riesgos para la salud humana o que afecten de forma irreversible el medio ambiente.

1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

El presente trabajo se alinea con el ítem número nueve de la UTN: “Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico” (Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica, 2021)(CUICYT).

1.3.Marco Conceptual

Un marco conceptual se enfoca en presentar los fundamentos teóricos y conceptos clave relacionados con el proceso que se va a optimizar, en este caso el marco conceptual incluirá la revisión de teorías de procesamiento y fabricación de botones de tagua (Arispe et al., 2020).

1.3.1. Colorantes

En la industria textil existen diversos tipos de colorantes, cada uno con sus propias características, aplicaciones específicas y propiedades que buscan proporcionar a la fibra el color deseado, cada colorante se adecua a ciertas fibras debido a la estructura química, facilitando la selección adecuada para lograr un resultado específico en el proceso del teñido textil.

1.3.1.1. Colorantes directos

Solubles en agua y se adhieren directamente a las fibras celulósicas. Orellana (2020) menciona que estos colorantes al baño de tintura previamente preparado con sal o cloruro de sodio y productos auxiliares que proporcionan a la fibra una mejor humectabilidad y efecto de dispersión, en este proceso se utilizan mezclas de tensioactivos aniónicos y no iónicos.

Según Antamba (2017), los colorantes directos, también conocidos como sustantivos, son aquellos que pueden teñir algodón y otras fibras de celulosa sin la necesidad de usar mordientes, para lo cual se usa una solución que contiene electrolitos como NaCl o Na_2SO_4. Tal como su nombre lo indica, los colorantes directos son apreciados por la simplicidad de su aplicación. Son ampliamente utilizados para teñir fibras celulósicas, ya que solo requieren la adición de sal para su aplicación; estos son solubles en agua en un rango de 5-200 g/L a ebullición.

De acuerdo con Kiron (2021), los colorantes directos se clasifican en tres diferentes clases que son las siguientes: Clase A, son caracterizados por ser autonivelantes, quiere decir que poseen excelentes propiedades de migración y nivelación sin necesidad de añadir sales para llegar al

agotamiento; clase B, son autonivelantes, pero esta auto nivelación se puede controlar con la adición de sal, aunque presentan malas propiedades de nivelación; clase C, esta clase de colorantes no son autonivelantes y son altamente sensibles a la sal y para llegar al agotamiento requiere un control de temperatura y adición de sal, estos tintes alcanzan el equilibro a temperaturas mayores a 100°C.

Según Lockuán (2012), los procesos de tintura realizados con estos colorantes presentan las siguientes propiedades como, fácil aplicación, bajos costos de producción, colores brillantes, alta afinidad tintórea por la fibra, amplio rango de solidez, baja solidez a los tratamientos húmedos.

1.3.2. Colorante directo Everdirect

Según Everlight chemical (2024), los tintes Everdirect poseen características directas y se utilizan ampliamente en diversas fibras de celulosa, estos colorantes son conocidos por su versatilidad y compatibilidad con varios métodos de teñido, como el teñido en pieza, en paquete y madeja, en jigger, prendas y los procesos de tintura con vapor.

Entre las propiedades que caracterizan a este pigmento se destaca la rentabilidad y el hecho de ser una opción económica en el mercado. Ofrece exclusividad y una excelente fijación, lo que resulta un alto nivel de agotamiento y adherencia, facilitando la absorción del colorante. Además, posee excelentes características de nivelación, asegurando una distribución uniforme del color en el sustrato utilizado. Proporciona un alto rendimiento de color, con tonos intensos, vibrantes y una saturación óptima. Facilita también el lavado, reduciendo el proceso de post-teñido. Su aplicación es versátil, pudiendo utilizarse en diversos procesos de teñido. Además, brinda una excelente compatibilidad y una reproducción confiable, siendo compatible con otros colorantes ecológicos que generan menos residuos y gastos innecesarios de agua, ayudando a un proceso de teñido más sostenible y rápido (Egyptian engeneering agencies, 2024).

Tabla 1

Dosificaciones recomendadas de colorante Everdirect

Tonalidad	***Concentración*** $_{(g/L)}$
Tonalidades claras	2 a 3
Tonalidades medianas	4 a 5
Tonalidades obscuras	6 a 7

Adaptado de (Quimicolours S.A., 2024)

En la **Tabla *1*** se observan las dosificaciones recomendables a utilizar de acuerdo con la tonalidad deseada para lograr tonalidades suaves, intensidad del color moderada y un color con una buena saturación sin alcanzar tonos oscuros, saturados y profundos.

1.3.3. La tagua

Según Oña (2017), esta semilla se compone principalmente por aproximadamente de un un 65 a 70 % de celulosa, hemicelulosa y lignina un 20 a 25 % y del 5 a 10 % de proteínas y trazas minerales.

En la **Figura *3***, se pueden apreciar semillas de tagua, este material vegetal se lo puede encontrar en los bosques tropicales de América del Sur; en el Ecuador se halla en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y el Oro, ésta es muy conocida por ser materia prima para la elaboración de botones y artesanías debido a la gran semejanza que tiene con el marfil animal (Sánchez, 2022).

Figura 3

Semillas de tagua

Fuente: Propia

Además de sus aplicaciones en la artesanía, este material es valorado en la industria textil, especialmente en la fabricación de accesorios, por su durabilidad, resistencia y apariencia natural. Estos accesorios son biodegradables y de alta calidad; el uso de la tagua no solo tiene beneficios ambientales, sino también económicos en términos de materia prima, producción y procesamiento.

Esta semilla es una especie endémica en las regiones tropicales y subtropicales que son protegidas dentro del Parque Nacional Machalilla, de la Reserva Mache-Chindul, la Reserva Cotacachi-Cayapas y la Reserva privada Buenaventura (Valencia et al., 2013), como se puede observar en la **Tabla 2**, las características taxonómicas de la tagua que proporcionan información importante como su nombre científico y algunos nombres comunes con los que se la puede encontrar en distintas regiones.

Tabla 2

Características taxonómicas de la tagua

Tipo	***Nombres***
Nombre genérico	*Phytelephas aequatorialis*
Familia	Arecáceas
Sinónimos	Aequatorialis
Nombres comunes	Tagua, corozo, marfil vegetal.

Adaptado de (Quimicolours S.A., 2024) y (Kapari, 2021).

1.3.4. Elaboración de botones de tagua

La elaboración de botones de tagua (

Figura 4) es un proceso detallado y artesanal que transforma la semilla de la palma de tagua en productos de alta calidad y sostenibles. A continuación, se describe el proceso de fabricación:

a) Recolección y secado: Las semillas de tagua son extraídas de las llamadas mocochas que se extraen de la palma, estas son sometidas a el secado directamente al sol, este proceso se lo realiza durante alrededor de 60 días o se lo puede realizar en secadoras industriales donde están listas en una semana (Ecuadorblogstores, 2020).
b) Pelado y clasificación: Una vez secas las semillas de tagua se pelan manualmente o con máquinas peladoras para remover la cáscara, estas posteriormente son clasificadas por sus tamaños (Botonelli, 2024).
c) Corte y selección: Las semillas se cortan en tajadas con la utilización de sierras, las tajadas cortadas son clasificadas, seleccionando las tajadas que no tengan rajaduras en el interior de la tajada.
d) Torno y pulido: Las tajadas son procesadas en torno, una por una. Dando como resultado botones u otros objetos. Los botones obtenidos se pulen mediante la utilización de tambores con agua o lijas para eliminar las imperfecciones y mejorar el tacto de la pieza.
e) Remojo: Los botones se los deja en remojo en un aproximado de 12 a 24 horas
f) Tinturado: Los botones se tinturan sumergiéndolos en tintes a base de agua, posteriormente se secan a temperatura ambiente.

Figura 4
Proceso de elaboración

Fuente: La autora

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Metodología de la investigación

Se enfoca en profundizar el conocimiento de un proceso investigativo, llevándolo a la solución de problemas que de una u otra forma están siendo investigados; es en sí, una ciencia que provee al investigador una serie de conocimientos que le permiten seguir con su investigación sobre cómo se realizará la tintura con colorantes directos Everdirect.

2.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque en el que se basa esta investigación es cuantitativo, debido a que se recolectarán y analizarán datos numéricos para medir el impacto de los colorantes Everdirect en la calidad del color de los botones de tagua artesanales.

2.1.2. Tipo de investigación

En el proyecto desarrollado por Flores (2023), se utilizó la investigación del tipo experimental tomando como base la realización de pruebas controladas para observar el comportamiento las variables, es por esta razón que para el caso de la tintura de botones de tagua propuesto en esta tesis con colorantes Everdirect, se pretende optimizar el proceso de tintura utilizando el método experimental que indique como mediante la investigación científica se pueden recolectar datos que ayuden a obtener un proceso de optimización crítico y argumentado.

2.1.3. Técnica de investigación

Para el presente proyecto, la técnica de investigación que se utilizará será de tipo experimental, dado que, se busca evaluar y optimizar el proceso de tintura artesanal de botones de tagua bajo condiciones controladas mediante la implementación de una receta, curva de tintura y la realización de pruebas de solidez de color al lavado. Este enfoque permite manipular variables relacionadas con los procesos de teñido y las condiciones de uso final.

2.2.Diagramas de flujo

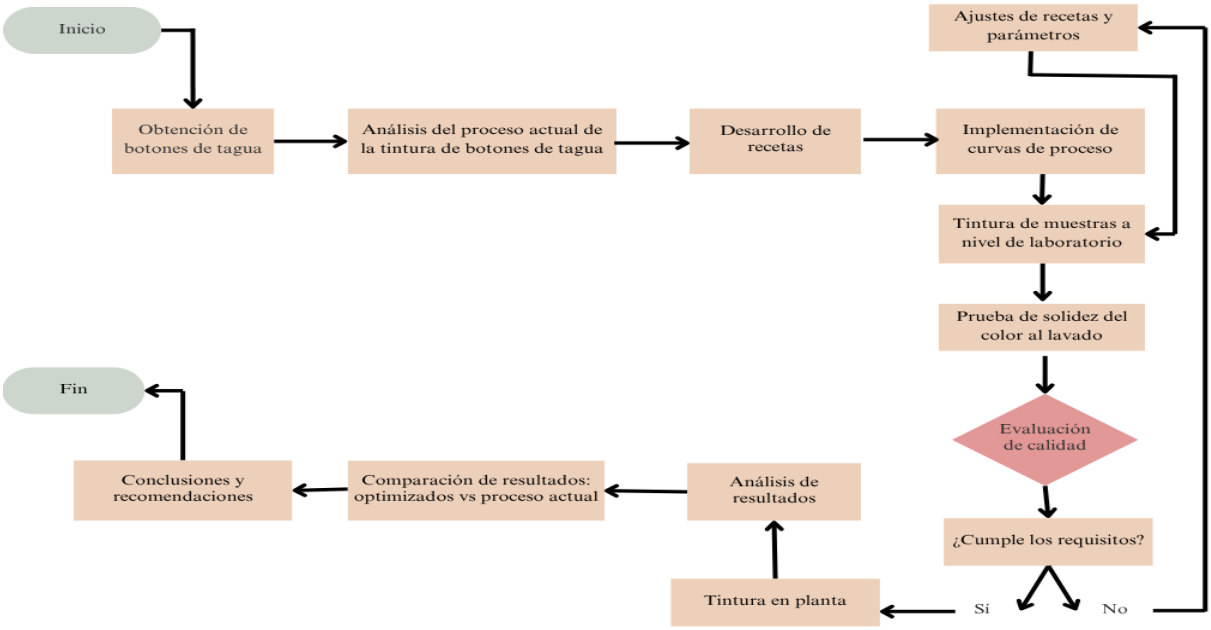
Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso o un sistema, este, utiliza una serie de símbolos que están conectados por flechas para mostrar los pasos siguientes y las decisiones que se involucran en el proceso de elaboración y tintura de accesorios textiles (Lucidchart, 2024).

2.2.1. Flujograma general

En la **Figura 5**, se muestra una representación gráfica del proceso general de la tintura artesanal de botones de tagua, desde la obtención de la materia prima (botones de tagua) hasta la implementación de una curva de tintura, recetas y distintos parámetros que permitan estandarizar el proceso y mejorar la calidad de estos.

Figura 5

Estandarización del proceso artesanal de tintura de botones de tagua.



Fuente: La autora

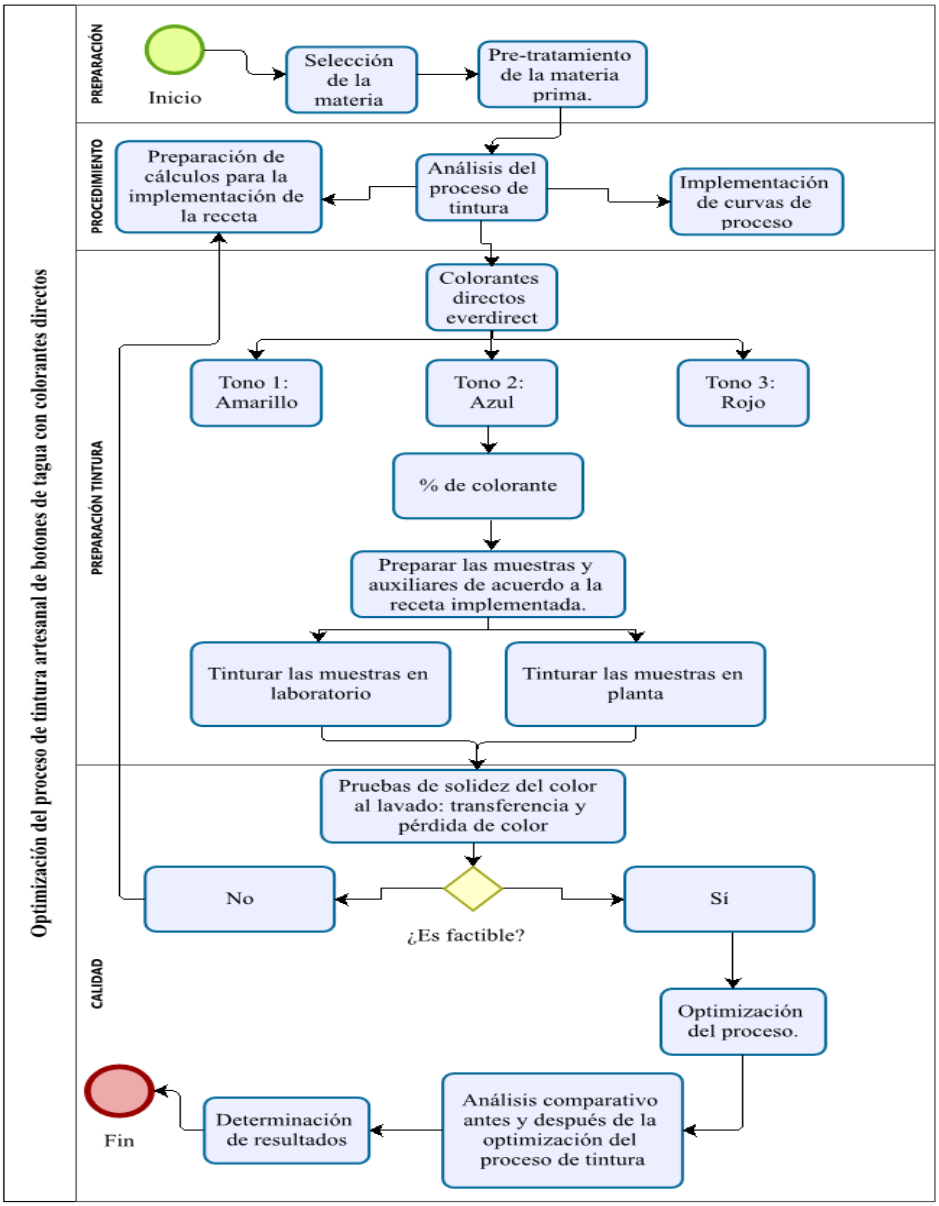
2.2.2. Flujograma muestral

En la **Figura 6**, se muestra el proceso de tintura de botones de tagua con colorantes directos EVERDIRECT, los mismos que serán aplicados en tres diferentes colores como: amarillo, azul y

rojo a diferentes concentraciones, en este flujograma específico, explica cómo estos botones serán sometidos a la tintura ya sea a nivel de laboratorio y en planta para poder optimizar el proceso de tintura aplicado actualmente, terminando con una comparación, misma que se realizará entre el proceso actual y el proceso optimizado que se ha implementado.

Figura 6

Proceso de tintura artesanal de botones de tagua.



Fuente: La autora

2.3. Materiales y equipos

Para la estandarización del proceso artesanal de tintura de botones de tagua, se requiere la utilización de distintos equipos y materiales que permitan controlar cada parámetro del proceso, tales como: temperatura, tiempo del proceso y la concentración de colorantes; esto asegura que los resultados tintóreos sean uniformes en el producto final. Además, el uso de técnicas controladas en laboratorio permite un análisis detallado del agotamiento del colorante.

2.3.1. Preparación del botón de tagua

Es un producto que se elabora a partir de la tagua o también conocida como corozo, es uno de los materiales más sencillos de teñir, tal como indica (Filotextil, 2024), estos botones tienen una peculiaridad que la destaca, que no se puede encontrar dos semillas que sean idénticas, dando esto a cada accesorio un toque único, tal como se observa en la **Figura 7**, ninguna ficha(futuro botón) es idéntica a la otra, tienen ciertas particularidades, pero no son iguales con exactitud.

Figura 7

Botón de tagua en crudo antes del proceso de lijado.

El proceso de preparación del botón de Tagua consta de los siguientes pasos:

- **Remojo:** La temperatura del agua es a temperatura ambiente (15°C), con un p de 7, el tiempo que se somete el botón al proceso de remojo es de 24 horas.
- **Escurrido:** Se realiza por gravedad con la utilización de cernidor.
- **Secado:** El secado de los botones se lo realiza a temperatura ambiente y en un tiempo de 48 horas.

2.3.2. Colorantes directos Everdirect

Según Corporación Química Industrial Everlight (2014), los colorantes directos Everdirect se utilizan usualmente para diversas fibras de celulosa; estos colorantes tienen propiedades directas hacia el material, con una fácil aplicación y alto rendimiento de color, incluyendo un fácil lavado y aplicación versátil.

2.3.3. Espectrofotómetro textil

Es un instrumento que es utilizado usualmente en los laboratorios textiles para medir la luz que ha absorbido una sustancia o elemento en función de longitud de onda; de acuerdo a OrozcoLab (2024), el espectrofotómetro (ver **Figura *8***), mide de manera exacta cuánta luz es absorbida y cuánta luz pasa a través de la muestra, ayudando al analista a saber qué sustancias están presentes y en qué cantidad, en este proyecto se utilizará para medir la escala de grises que permitirá valorar la degradación del color en los botones de tagua tintados por agotamiento con colorantes directos de la marca comercial Everdirect (Mora et al., 2022).

Figura 8

Espectrofotómetro textil del laboratorio de la CTEX-UTN.

Fuente: Propia

2.3.4. Espacio del color CIELAB

El CIELAB distingue las diferencias de color con precisiones exactas, basándose en valores exactos del color obtenidos en la medición de este, permitiendo una reproducción exacta de un color. Estas mediciones se las realiza con un espectrofotómetro (ver Figura 8), que es donde el usuario mide una muestra que requiera evaluación. La luz que proyecta el espectrofotómetro permite que se realiza una visualización de un ángulo en específico y la medición del color óptimas(Datacolor, 2024).

Tras la medición realizada con el espectrofotómetro se obtienen resultados donde se visualiza la reflectancia de la muestra, que es la cantidad de luz que se refleja en la longitud de onda del espectro, reflejando valores llamados triestímulos que se convierten en:

- **L*:** Luminosidad
- **a*:** -a*: indican colores en la dirección verde
  +a*: indican colores en la dirección roja
- **b*:** -b*: indican colores en dirección azul
  +b*: indican colores en dirección amarilla

Los valores obtenidos en el espacio del color CIELAB, son útiles para calcular diferencias entre colores, permitiendo una evaluación más exacta, permitiendo obtener coordenadas absolutas como Delta(AQinstruments, 2024), estas son expresadas como:

- ΔL* = Diferencia en luz y oscuridad, donde + significa más luminoso y – significa más oscuro.
- Δa* = Diferencia en rojo y verde, donde + significa más rojo y - más
- Δb* = Diferencia en amarillo y azul, indicando que + es más amarillo y – más azul.
- ΔE* = Diferencia total de color

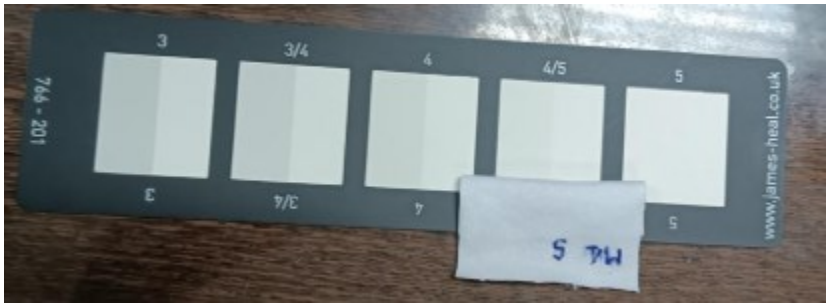
2.3.5. Escala de grises

Es un instrumento que se utiliza primordialmente para evaluar visualmente la transferencia de color o el manchado tras la realización de pruebas de solidez del color, determina la solidez al color de elementos que fueron sometidos a ensayo, es utilizada para determinar cuál es el cambio que tuvo el color tras las pruebas como las AATCC; la escala de grises(ver **Figura 9**) es un método utilizado en la industria textil para comparar las variaciones de color de los productos,

que oscilan entre 1 y 5, donde 1 es el valor negativo que muestra que hubo mucha variedad o transferencia de color y 5 que es el valor positivo que indica que el material textil tiene una buena solidez del color (Instituto Textil Nacional, 2020).

Figura 9

Escala de grises referencial



2.3.6. Máquina de Vaivén

Máquina de teñido abierto (ver **Figura 10**), adecuada para la tintura de muestras, lavado y blanqueo de todo tipo de fibras, cuenta con un control de temperatura programable, esta máquina realiza la tintura con vasos de precipitación y utiliza placas calefactoras o baños de agua como fuentes de calor, tiene un límite de muestras y requiere de la agitación manual a menudo para evitar obtener resultados iguales en el procedimiento de tintura por agotamiento (Aveno Technology Co., 2024).

Figura 10

Máquina de teñido de la CTEX-UTN.

Fuente: La autora

En la Figura 10, se observa la máquina de vaivén de la CTEX-UTN que se va a utilizar para realizar la tintura de los botones, esta, simulará un proceso de tintura artesanal de estos.

2.3.7. GyroWash

Es un aparato especialmente diseñado para realizar pruebas sobre materiales textiles, este equipo es de utilidad para realizar pruebas de solidez del color, midiendo la capacidad que tienen los tejidos en retener los tintes utilizados para colorear sustratos cuando estos se lavan o cuando se limpian en seco, en condiciones de temperatura y humedad, una de las normas utilizadas en este equipo es la AATCC61 método 3A (S.T.A BRANCA IDEALAIR, 2024).

Algunos tejidos pueden mantener el tinte dentro de las fibras, pero también hay algunos tejidos que tienden a sangrar el color al ser lavados, la temperatura para realizar la prueba de solidez del color al lavado es de 60°C o más, y tiene la capacidad de 8 frascos en los que se puede realizar las pruebas (James Heal, 2024).

2.4.Normas de referencia

En este apartado, se indican las normas que serán utilizadas para el desarrollo de las pruebas de calidad de los botones de tagua, mismas que validarán si el proyecto planteado y la optimización del proceso están correctos para ser aplicados en la industria.

2.4.1. Solidez del color al lavado AATCC 61

Según AATCC 61, en el método 3A se puede evaluar la solidez del color al lavado en textiles y en productos similares. En el caso de botones de tagua, destacados por su durabilidad y apariencia natural, es muy importante evaluar como estos accesorios mantienen su color y la resistencia después de someterse a múltiples lavados. El objetivo de esta norma es determinar la solidez del color y la durabilidad de los botones de tagua cuando se someten a condiciones de lavado simuladas, imitando el lavado doméstico o comercial (AATCC, 2024), en este proyecto se hará una adaptación de la norma para simular el lavado de los botones.

a) **Materiales para utilizar:** Botones de tagua tintados, máquina de lavado, detergente, muestras de tela multifibra (MF), agua y secadora o línea de secado. Preparación: Se deben preparar varios botones de tagua; estos botones se fijan en piezas de tela como camisetas, que asemejen las condiciones de uso real.

b) Condiciones de lavado:

1) Temperatura: El método 3A, especifica una temperatura del agua de lavado entre 49-52°C.
2) Detergente: Se debe utilizar un detergente no enzimático estandarizado.
3) Duración del ciclo: La duración del ciclo dura aproximadamente 45 minutos, incluyendo agitación y enjuague.
4) Carga de lavado: Incluir una carga equilibrada de material junto con los botones de tagua y las muestras de tela MF, pero, en este proyecto se adaptará para que se realice un lavado simulado con tela de Acrílico (PAC).

c) Lavado: Se introduce las muestras en la máquina de lavado y se añade el detergente.

d) Secado: Las muestras se secan utilizando una secadora o mediante secado de aire.

e) Evaluación:

- Solidez del color: Utilizar una escala de gris para evaluar la decoloración de los botones de tagua calificando de 1 a 5; dónde 1 es poca solidez y 5 excelente solidez, mediante la utilización del espectrofotómetro.

f) Transferencia de color: Calificar la transferencia de color en la tela PAC utilizando una escala de grises.

g) Interpretación de resultados

- Solidez del color: Para un resultado satisfactorio los botones de tagua deben mantener su color con una mínima decoloración después del lavado.
- Transferencia de color: Los botones deben mostrar poca o ninguna transferencia de color hacia la tela PAC.

La norma AATCC 61, Método 3A, proporciona una evaluación sistemática de la resistencia del color y la durabilidad de los botones de tagua bajo condiciones de lavado simuladas. Este análisis es esencial para asegurar la calidad y la longevidad de los productos de tagua, especialmente cuando se utilizan en la confección de prendas que se lavan con frecuencia (Calidad Mabratex, 2022).

2.4.2. Tejidos de referencia para solidez del color ISO 105 F06

La norma ISO 105 F06, establece métodos estandarizados para evaluar la solidez del color al lavado en textiles, estableciendo requisitos de referencia MF utilizados en estas pruebas como testigos en el ensayo, permitiendo evaluar el desprendimiento del color y su transferencia a otros materiales (International Organization for Standardization, 2021); En este proyecto se ha seleccionado la tela PAC como testigo debido a que el uso final de estos accesorios de tagua está destinado a prendas elaboradas con este material, como ponchos y sacos de PAC, la selección de esta tela no solo asegura la representatividad de las condiciones reales de uso, sino que también permite evaluar de manera más precisa como interactúa el color de los botones con fibras acrílicas en contacto durante el lavado.

Dado que el material en estudio es una fibra celulósica, la prueba de solidez del color al lavado debe realizarse en condiciones compatibles con las propiedades de esta fibra, la tela PAC, al ser una fibra sintética común en prendas exteriores, presenta un sustrato adecuado para analizar tanto la migración de color como la resistencia del tinte a procesos típicos de lavado y uso, esto, garantiza que los resultados del ensayo sean aplicables y relevantes para el producto final.

2.5. Procedimiento de tintura de los botones de tagua con el proceso actual

La tintura de botones de tagua con colorantes directos es un proceso delicado que requiere atención a los detalles para asegurar una tintura uniforme, a continuación, se detalla un procedimiento general:

a. **Preparación de los botones:** Para iniciar con el proceso de tintura de botones se realiza un tratamiento previo con el objetivo de eliminar todo tipo de impurezas y grasas que contenga el accesorio, de igual forma las fichas deben estar en remojo durante 2 o 3 horas y/o toda la noche.
b. **Preparación del baño de tintura:** El baño de tintura se prepara en matraces con agua potable, la temperatura que se utiliza no es controlada.
c. **Disolución del colorante:** El colorante se disuelve en una pequeña cantidad de agua en un vaso para ser colocada en la olla que se realiza la tintura

d. **Adición de agentes auxiliares:** Los auxiliares se agregan sin medida, peso ni tomando en cuenta el volumen que se está manejando, se los coloca en cantidades que el operador considera sean adecuadas.
e. **Tintura de los botones:** Se introduce los botones de tagua en el baño de tintura, se mantiene a este baño en ebullición con una agitación repentina para la cocción uniforme, en este caso las tinturas suelen durar de entre 1:30 a 2 horas
f. **Enjuague:** Una vez terminado el proceso de cocción, se retira los botones del baño de tintura y se procede a un enjuague con agua fría (de la llave) o para eliminar cualquier exceso de colorante no fijado.
g. **Secado:** Después del enjuague, se coloca a secar los botones, especialmente en un lugar sombreado y bien ventilado.

2.6. Procedimiento de tintura de los botones de tagua con el proceso optimizado

La tintura de botones de tagua con colorantes directos es un proceso delicado que requiere atención a los detalles para asegurar una tintura uniforme, a continuación, se detalla un procedimiento general:

a. **Preparación de los botones:** Para iniciar con el proceso de tintura de botones se realiza un tratamiento previo con el objetivo de eliminar todo tipo de impurezas y grasas que contenga el accesorio, de igual forma las fichas deben estar en remojo durante 2 o 3 horas y/o toda la noche.
b. **Preparación del baño de tintura:** El baño de tintura se prepara en matraces con agua potable, la temperatura a utilizar es de 60-90 °C dependiendo las especificaciones de la ficha técnica del colorante Everdirect.
c. **Disolución del colorante:** El colorante se disuelve en una pequeña cantidad de agua caliente para asegurar la uniformidad de la solución, se agrega esta solución al baño de tintura y se procede a mezclar para asegurar la distribución uniforme de la solución del colorante en el agua.
d. **Adición de agentes auxiliares:** Los auxiliares se agregan dependiendo el volumen de agua que se está trabajando, en este caso, generalmente se utiliza de 1-2% del peso del colorante.
e. **Tintura de los botones:** Se introduce los botones de tagua en el baño de tintura, manteniendo una temperatura del baño constante y con una agitación repentina para

asegurar una cocción uniforme, el período de tiempo de cocción puede durar entre 30 y 60 min.

f. **Enjuague:** Una vez terminado el proceso de cocción, se retira los botones del baño de tintura y se procede a un enjuague con agua tibia o para eliminar cualquier exceso de colorante no fijado.
g. **Secado:** Después del enjuague, seque los botones, especialmente en un lugar sombreado y bien ventilado o se puede realizar un secado industrial con la utilización de una secadora. Es importante realizar pruebas previas con pequeñas muestras para determinar las mejores condiciones de tintura, como: la concentración del colorante, temperatura y tiempo de exposición.

2.7. Procedimiento de solidez al lavado

Según AATCC (2024), para realizar el proceso de solidez del color al lavado se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Las muestras del tejido PAC 100 % deben tener unas dimensiones de 15 x 5 cm.
- Se debe preparar la solución con los debidos detergentes.
- Colocar la solución dentro de las cápsulas, junto con los balines de acero y los botones de tagua.
- Realizar el lavado a una temperatura de 71°C, enjuagar las muestras y secar a temperatura ambiente.
- Analizar las muestras en el espectrofotómetro, aplicando la escala de grises para su evaluación.

En la **Tabla 3** se indica las especificaciones que se deben utilizar para el lavado de las muestras según la norma de solidez al color al lavado según lo indica AATCC 61 en el método 3A.

Tabla 3
Especificaciones de materiales a utilizar para la adaptación del procedimiento.

Materiales	***Características***
Agua	Destilada
Detergente	En polvo (no iónico)
Balines	De acero

Fuente: Propia

2.8. Desarrollo de las tinturas

Para el desarrollo del proceso de tintura de los botones de tagua con colorantes directos Everdirect, se establecieron diferentes etapas organizadas de manera sistemática para garantizar una aplicación eficiente del colorante y una adecuada fijación del mismo sobre el sustrato. Este desarrollo se fundamentó en la estructuración de un procedimiento técnico que permitió controlar cada variable crítica del proceso, como la selección de materia prima, las condiciones del baño tintóreo, el tipo de colorante, y los parámetros de solidez evaluados, en dónde, cada una de estas etapas se desarrolló considerando tanto los aspectos experimentales en laboratorio como las condiciones reales de planta, lo cual permitió realizar comparaciones y ajustes durante el proceso de optimización.

Las fases que componen el desarrollo de la tintura se detallan a continuación:

2.8.1 Inicio y preparación

El proceso inició con la selección de la materia prima, donde, se elaboraron los botones de tagua con el material de un mismo lote, posteriormente, se escogieron botones de tagua, priorizando a los que estén: sin deformaciones, manchas ni residuos para garantizar una adecuada fijación del colorante; se realizó un pretratamiento que consistió en realizar un enjuague de los botones con agua al clima (25°C) y dejarlos en remojo por 2 horas. Este pretratamiento permitió abrir la porosidad superficial de la tagua, mejorando su capacidad de absorción tintórea.

2.8.2 Preparación de receta y cálculos tintóreos

Se desarrollaron cálculos para la implementación de la receta, planteándome en realizar primeramente una bandera con 12 tonos diferentes, en donde las concentraciones van desde 0.05% hasta 4%. Las dosificaciones fueron calculadas para el peso gramos del botón seco, con baños de tintura a una relación de 1:75. Las variables determinadas para cada muestra fueron:

- Concentración del colorante: 0.01%, 0.05%, 0.10%, 0.25%, 0.50%, 1%. 1.50%, 2%, 2.50%, 3%, 3.50% y 4% del peso del botón.
- Tiempo de tintura
- Temperatura máxima para planta: 90 °C (ajustada según el punto de ebullición local en Otavalo).
- pH: entre 7 y 8 (neutro o ligeramente alcalino) en el cual, de acuerdo al pH medido en el agua potable a utilizar se obtuvo en pH de 7, que no necesita adición de un auxiliar para regular ser regulado.
- Uso de sal “saltex” (Na_2SO_4) como auxiliar para fijación.
- Uso del Marvacos ASC como dispersante.

2.8.3 Análisis del proceso de tintura

Con el objetivo de optimizar el comportamiento tintóreo de los botones de tagua en condiciones reales de planta, se diseñaron curvas de tintura basadas en los parámetros de temperatura y tiempo observados durante la ejecución del proceso artesanal actual. Para esto, estudió el aumento gradual de la temperatura en un tiempo específico, con el fin de identificar el perfil térmico más adecuado que favorezca una óptima absorción y fijación del colorante directo Everdirect sobre el sustrato vegetal.

Los principales criterios considerados en el diseño de la curva de tintura fueron:

- Inicio a temperatura ambiente: 25 °C.
- Ascenso controlado hasta alcanzar los 90 °C en un período de 30 minutos.
- Mantenimiento de temperatura constante a 90 °C durante 60 minutos.

Este perfil térmico fue seleccionado con base en pruebas previas que demostraron que una elevación progresiva de la temperatura favorece la apertura de los poros en la superficie del botón, facilitando la penetración del colorante, mientras que el mantenimiento de la temperatura asegura la absorción adecuada y homogénea del color. Durante todo el proceso se controlaron las variables críticas para garantizar una tintura uniforme, sin manchas ni zonas de sobreexposición, manteniendo una buena estabilidad de tono entre diferentes muestras.

También, se hizo distintas mediciones del pH de la solución, en el agua sin ningún auxiliar se obtuvo un pH de 7, durante el proceso, en la fase de agotamiento con un pH de 8 y al final del proceso un pH entre 8 a 9, esto debido a la sal colocada.

2.8.4 Tintura de los botones

Se utilizaron colorantes directos de la línea Everdirect, seleccionando tres colores base representativos que permitieron evaluar el comportamiento tintóreo sobre botones de tagua. Los t colores seleccionados fueron los siguientes:

- Tono 1: Amarillo Everdirect
- Tono 2: Azul Everdirect
- Tono 3: Rojo Everdirect

En la prueba de laboratorio, cada tono fue aplicado en doce concentraciones distintas, lo que permitió observar la evolución del color en función de la cantidad de colorante y su interacción con el material tagua. Las muestras fueron preparadas siguiendo un protocolo en el cual se incluyó las siguientes etapas: pesaje del botón seco, disolución del colorante, adición de auxiliares como Saltex, finalmente se agrega las muestras en el baño tintóreo bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo.

Para la fase de tintura en planta, se trabajó únicamente con la concentración del 3% del peso del botón, ya que, durante la experimentación en laboratorio esta dosificación presentó los mejores resultados en cuanto a uniformidad de tono, penetración del colorante y fijación del color. Esta selección permitió aplicar el proceso optimizado en condiciones reales, manteniendo la estabilidad del color obtenido y garantizando la reproducibilidad en un entorno artesanal.

2.8.5 Ejecución del proceso de tintura

Las muestras fueron tinturadas en dos entornos:

- **Laboratorio:** usando un baño térmico con agitación continua con la máquina de laboratorio Rápid que tiene movimientos de Vaivén, que provoca movimientos simulados, lo que permitió controlar con precisión la temperatura y el tiempo de cada ensayo.
- **Planta:** se realizó replicando el mismo procedimiento con equipos artesanales (ollas y cucharas), pero considerando limitaciones reales como variaciones térmicas y agitación manual.

2.8.6 Prueba de calidad

Posterior al proceso de tintura, se llevaron a cabo pruebas de solidez del color al lavado conforme a los lineamientos establecidos en la norma ISO 105-C06, utilizando como tejido testigo un tejido de acrílico 100% que fue adaptado con la norma ISO 105 F06. Esta etapa fue fundamental para evaluar el comportamiento del colorante aplicado sobre la tagua frente a condiciones de lavado industrial simuladas.

Durante la evaluación, se consideraron dos parámetros clave que son:

- **Pérdida de color**: relacionada con el grado de desvanecimiento del color en el botón de tagua tinturado tras ser sometida al lavado.
- **Transferencia de color**: correspondiente a la tinción indeseada del colorante sobre el tejido testigo de acrílico 100%, evidenciando el nivel de migración del color.

Los resultados obtenidos fueron calificados mediante la escala de grises, donde una puntuación de 5 indica excelente solidez (sin cambio apreciable) y una calificación de 1 representa una solidez muy baja (cambio notable de color). Esta evaluación, permitió determinar la efectividad del proceso de fijación del colorante bajo condiciones controladas tanto en laboratorio como en planta.

2.8.7 Evaluación de factibilidad

Con base en los resultados de solidez, se determinó la viabilidad del proceso:

- Las concentraciones al 3% ofrecieron mejor equilibrio entre intensidad y solidez.
- La temperatura de 90 °C fue suficiente para obtener una tintura estable, considerando las limitaciones de altitud en Otavalo.
- El tono azul presentó mayor fijación frente al amarillo y rojo, los cuales mostraron mayor pérdida del color tras ser sometidas a las pruebas de solidez del color al lavado.

2.8.8 Optimización y análisis comparativo

Luego de confirmar la factibilidad, se procedió a la optimización del proceso, ajustando varios parámetros como:

- Tiempo de teñido (reducido de 45 a 35 minutos sin afectar la calidad).
- Uso de agentes auxiliares.
- Ajuste del pH a 7 para mejorar solidez.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre las muestras antes y después de la optimización, demostrando mejoras en la resistencia al lavado y en la homogeneidad del tono aplicado.

2.8.9 Determinación de resultados

Los resultados permitieron determinar que el proceso optimizado es viable para ser aplicado en un entorno artesanal, permitiendo mantener una buena calidad tintórea, mejor aprovechamiento del colorante y adaptabilidad a las condiciones locales de temperatura y recursos.

2.9. Recetas implementadas

En la **Tabla 4**, se describen las condiciones utilizadas en el proceso de tintura a nivel de laboratorio para botones de tagua, con la utilización del colorante Everdirect en diferentes concentraciones, además en esta tabla se indican los auxiliares que se añadirán durante el proceso.

Tabla 4

Concentraciones de colorante y auxiliares para la receta de tintura

N° Muestra	Colorante (%)	Marvacol ASC (g/L)	Saltex (g/L)
1	0.01	1	2
2	0.05	1	2
3	0.10	1	2
4	0.25	1	2
5	0.50	1	2
6	1	1	5
7	1.50	1	10
8	2	1	10
9	2.50	1	10
10	3	1	10
11	3.50	1	10
12	4	1	10

Fuente: La autora

La relación de baño (RB) que se va a utilizar en este proceso es de 1:75 debido a que se va a realizar una tintura por agotamiento con un equipo abierto de laboratorio (Quimicolours S.A., 2024).

En la receta especificada en la **Tabla 4**, se incorpora un auxiliar que es Marvacol ASC, el cual es un dispersante, este auxiliar, es colocado para mejorar la dispersión del colorante y mejorar la penetración del color, de igual forma actúa como nivelante en el proceso de tintura que ayuda a tener menos migración del color, tal como lo indica en la ficha técnica (ver **Anexo 2**).

En la **Tabla *5*** se indican las dosificaciones para el proceso de fijado que se realizará solamente a los botones que fueron tintados con una concentración de colorante desde 1% a 4%, de acuerdo como indica Everlight Chemical(2014), los colores medios a intensos en las dosificaciones indicadas deben someterse a un proceso de fijación.

Tabla 5
Receta de fijación del colorante

Producto	***Concentración (g/L)***
Ácid RB	1
Novafix	1.5

Fuente: La autora

En la **Tabla *6***, se indican las dosificaciones de cada elemento a colocar para el proceso de solidez del color al lavado utilizando la máquina Girowash, siguiendo las especificaciones de la curva de tintura que se observan en la **Figura 14**, aplicando la norma AATCC61 método 3A.

Tabla 6
Receta de lavado de las muestras tinturadas

Productos	***Medida***	***Unidad***
Agua destilada	50	Mililitros
Detergente en polvo	0.075	Gramos

Fuente: La autora

Para el proceso de lavado, siguiendo el método 3A de la norma AATCC 61, se debe aplicar la receta que se presenta en la **Tabla *6***, en donde se indican las cantidades de agua destilada y detergente a utilizar.

2.10. Curvas de proceso de tintura

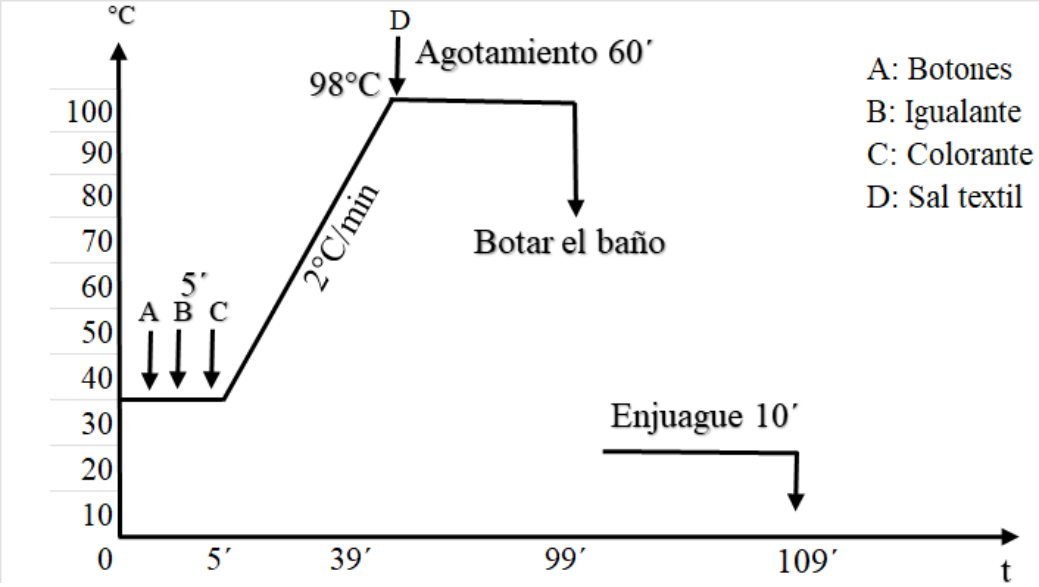
La **Figura 11** muestra la curva de tintura que se va a utilizar a nivel de laboratorio para el proceso de teñido de botones de tagua, en la gráfica se indican los pasos y condiciones de temperatura en función de tiempo a seguir para lograr una adecuada fijación del colorante en el material.

El proceso según Corporación Química Industrial Everlight (2024) consta de diferentes etapas que son:

- Adición de productos (A, B y C): se añade secuencialmente el colorante directo, los botones de tagua y un regulador de pH.
- Subida de temperatura: La solución incrementa su temperatura con una gradiente de 2°C/min hasta alcanzar los 98°C.
- Adición de sal: Una vez alcanzada la temperatura deseada, se agrega sal, que actúa como fijante en la solución.
- Agotamiento: La solución se mantiene a 98°C durante 60 minutos para brindar a los botones una tintura homogénea.
- Enjuague: Es el proceso final de la tintura, este se realiza en un tiempo de 10 minutos para remover el exceso de colorante y productos residuales.

Figura 11

Curva de tintura a nivel de laboratorio

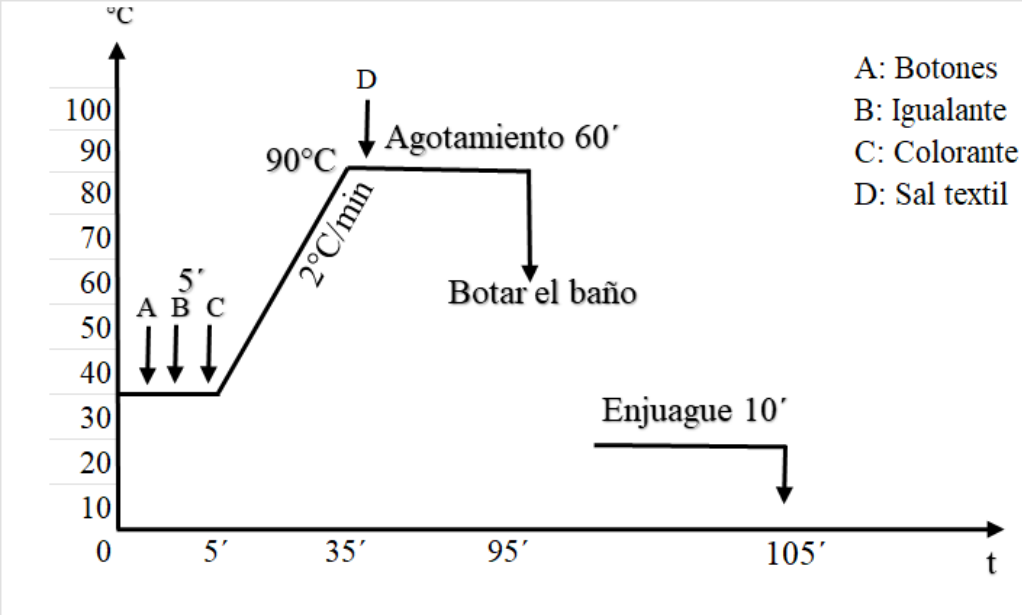


Fuente: La autora

Durante la ejecución del proceso en planta, se identificó que la temperatura máxima de ebullición alcanzable en el cantón Otavalo es de 90 °C, debido a las condiciones de altitud y presión atmosférica. Por tal motivo, no fue posible replicar la curva original de laboratorio, la cual fue desarrollada a 98 °C. Las pruebas realizadas en planta en el proceso no optimizado, reflejan que la temperatura de ebullición en el cantón Otavalo solo es hasta 90°C, por este motivo se ha modificado la curva de tintura como se observa en la **Figura 12**, en la cual cambia la temperatura y el tiempo del proceso de la tintura.

En respuesta a esta limitación del parámetro temperatura, se ajustó la curva de tintura para adaptarla a las condiciones reales de planta, modificando tanto la temperatura máxima como el tiempo del proceso, donde se evidencia esta adecuación, este ajuste permite realizar una comparación técnica entre el proceso optimizado en laboratorio y su aplicación en planta bajo condiciones reales, garantizando la viabilidad del procedimiento en un entorno productivo.

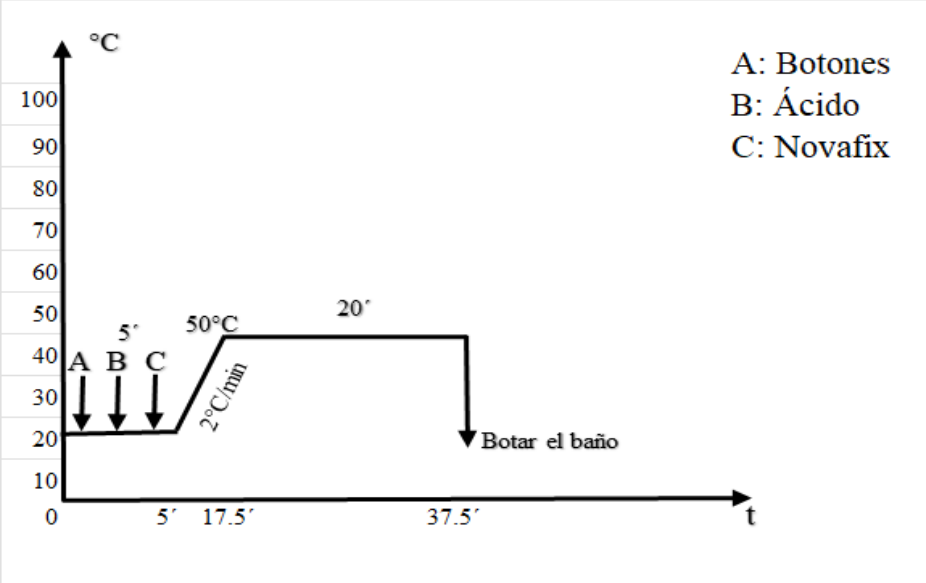
Figura 12
Curva de tintura para planta



Fuente: La autora

En la **Figura 13**, se presenta la curva de fijación del color para los botones de tagua, la cual establece los parámetros óptimos para mejorar la resistencia del colorante en el material. Según Everlight Chemical (2014), el proceso de fijación se aplica únicamente a tonos con concentraciones de colorante comprendidas entre 1% y 4%, lo que implica que, en este estudio, serán sometidas a fijación las muestras comprendidas entre la número 6 y la número 12. Este procedimiento es fundamental para garantizar una mejor adherencia del color y optimizar la estabilidad cromática de los botones tras su exposición a distintos procesos de uso y lavado.

Figura 13
Proceso de fijación



Fuente: La autora

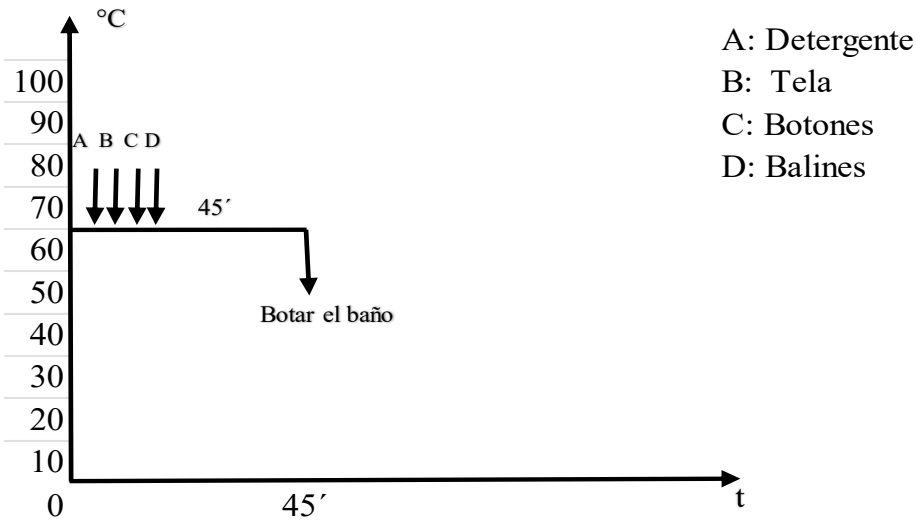
2.11. Curva de proceso para la máquina Gyrowash

La curva de proceso que se muestra en la **Figura 14**, fue realizada específicamente para el proceso de prueba de solidez del color al lavado utilizando la norma AATCC 61 por el método 3A, el cual es fundamental dentro del procedimiento de optimización que se está implementando, esta prueba tiene como objetivo evaluar la resistencia del colorante aplicado en los botones de tagua al enfrentarse a condiciones simuladas de lavado, que permitirá así medir el comportamiento de los botones teñidos en términos de transferencia y cambio de color.

Esta curva de proceso implementada, no solo guía el desarrollo experimental, sino también actúa como un factor decisivo para validar el proceso implementado, que asegurará que se cumplan los estándares necesarios para la aplicación en planta.

Figura 14

Curva de lavado según la norma AATCC 61 método 3A



Fuente: La autora

En la **Figura 14**, se presenta la curva de tintura, la cual proporciona información detallada sobre los productos utilizados en el desarrollo del proceso del lavado de los botones. Además, en esta gráfica se especifican los parámetros fundamentales del procedimiento, en donde se incluye la temperatura óptima de lavado, el tiempo de exposición del botón al proceso, tal como las condiciones necesarias para garantizar un proceso eficiente.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de resultados

En este apartado, se indican detalladamente los datos cuantitativos obtenidos en el laboratorio, tanto para los procesos de tintura y lavado con la norma AATCC 61 3A y los valores obtenidos en el análisis de escala de grises del espectrofotómetro, reflejarán numéricamente la transferencia del color desde los botones teñidos hacia un testigo adaptado con la norma ISO 105 F06.

3.1.1 Resultados de la implementación de la receta

En la **Tabla 4**, se indican las debidas dosificaciones auxiliares como Marvacol ASC, Saltex y Novafix utilizados en el proceso de tintura y fijación, para evaluar el efecto del colorante a distintas concentraciones, esta receta fue diseñada para evaluar cómo afecta el porcentaje de concentración del colorante al teñido y como interactúan los auxiliares en este proceso.

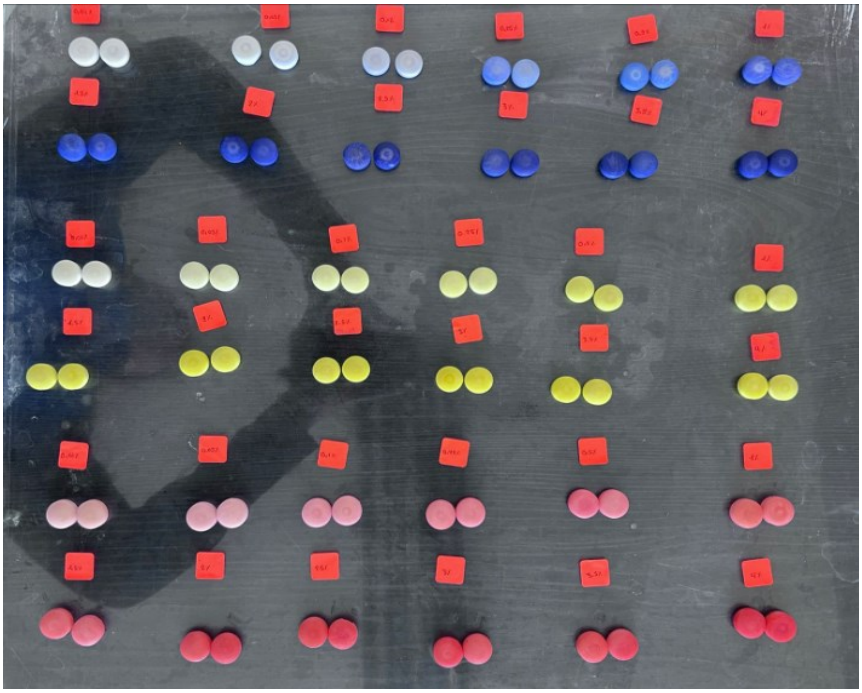
3.1.2 Resultados de la tintura de botones en laboratorio

En la **Figura 15** se observa el resultado de la tintura de botones en el equipo Rápid (Vaivén) para obtener una paleta de colores, mediante la utilización de diferentes concentraciones de colorantes Everdirect: Amarillo PG, Azul BRL 200% y Escarlata; en una relación de baño 1:75 con la curva de tintura implementada que se observa en la **Figura 11**, como también bajo distintas condiciones, tales como: temperatura, tiempo de ebullición y la aplicación de auxiliares como Marvacol ASC y Saltex, basándose a las especificaciones que indica el fabricante.

En este proceso de tintura, se obtuvo el resultado esperado, siguiendo a detalle la receta y la curva de tintura, evitando el uso de auxiliares innecesarios. Durante el desarrollo de la solución inicial, se procedió a mediar el pH, registrando un valor de 7 (neutro), adecuado para este tipo de colorantes. Antes del agotamiento del proceso, se verificó nuevamente el pH, obteniendo el mismo valor de 7, confirmando la estabilidad de este. Tras la adición de sal, el pH que se obtuvo fue de 8, indicando que se encuentra en un rango ligeramente alcalino, que es recomendado por la casa comercial del colorante. El control del pH, sin la necesidad de auxiliares adicionales, fue un factor

clave para asegurar la uniformidad del color, cumpliendo con los parámetros óptimos del proceso realizado.

Figura 15
Botones teñidos y fijados

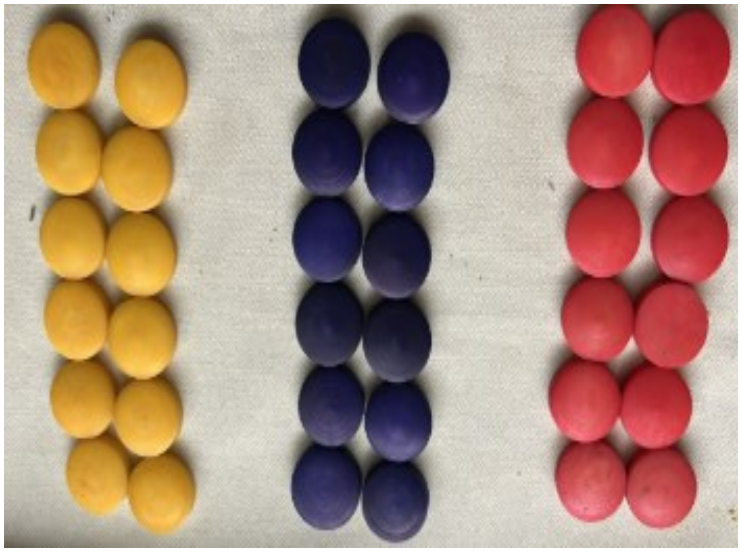


Fuente: La autora

3.1.3 Resultados de la tintura de botones en planta con el método optimizado

La **Figura 16**, presenta los botones que han sido tinturados en el taller artesanal Tocogua, con la utilización de la misma curva de tintura y curva de fijado utilizados en el laboratorio, de igual forma se utilizó el mismo colorante y auxiliares, mismos que se puede evidenciar en el **Anexo *9***, en donde se observan los auxiliares, colorante y los botones de tagua, obteniendo los resultados esperados por la buena utilización de la receta, curva de tintura y el debido control de los parámetros como volumen, temperatura y pH, sin utilizar ningún otro auxiliar, siguiendo paso a paso el proceso optimizado que se incrementó.

Figura 16
Botones tinturados artesanalmente



Fuente: La autora

En la **Figura 16**, se observa los botones tinturados de colores Everdirect Amarillo PG, Everdirect Azul BRL 200% y Everdirect Escarlata 4BS, respectivamente.

3.1.4 Fijación del colorante en laboratorio

La fijación del color se realizó en base a la curva de fijado que se observa en la **Figura 13**, en la cual se indica el tiempo de aplicación de cada producto, como Novafix, el cual, que, según el fabricante, para su correcta aplicación necesita trabajar con un pH de 4±0.5, en donde, para regular este pH se utilizó Acid RB, haciendo que el proceso sea aplicado de forma correcta.

La fijación del color se la realiza debido a la tonalidad fuerte en las dosificaciones del 1% al 4% de colorante Everdirect, según lo indica el fabricante, en este proyecto, corresponden a las muestras M_6 hasta la muestra M_{12} en color Azul BRL 200% (ver **Figura 17**), las muestras M_{18} hasta la muestra M_{24} del color Amarillo PG y las muestras desde M_{30} hasta la M_{36} de color Escarlata.

Figura 17
Muestras M_6 a la muestra M_{12} listas para el proceso de fijación

Fuente: La autora

3.1.5 Fijación del colorante en planta

En el taller artesanal Tocogua, la fijación se realizó utilizando las dosificaciones adecuadas, basándose en las indicaciones de la casa comercial Quimicolours, de igual forma se siguió la debida curva de fijado implementada anteriormente (ver **Figura 13**), mismo proceso artesanal que se puede observar en la **Figura 18**, en donde se evidencia la temperatura que fue controlada con un termómetro, de igual forma el tiempo y la adición de cada producto paso a paso.

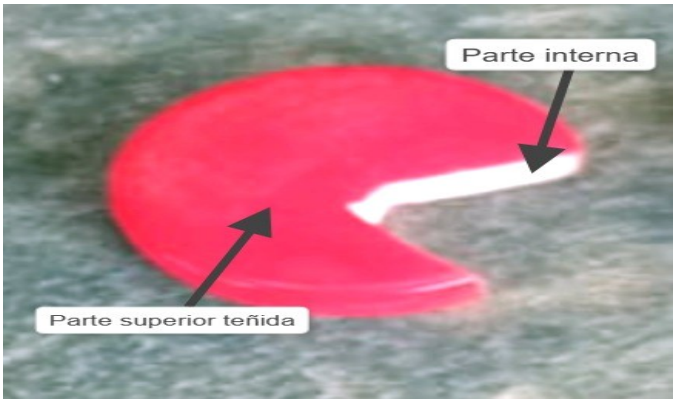
Figura 18
Fijación del colorante en planta

Fuente: La autora

3.1.6 Absorción y penetración del colorante en la tintura en laboratorio

Como se observa en la **Figura 19**, los botones de tagua son sometidos al teñido en equipo abierto, donde únicamente la parte superficial de estos se tintura, dejando el centro del botón con su color natural, conocido como crudo, este comportamiento se debe a que las características estructurales de la Tagua, como su densidad y composición dificulta la adherencia del colorante en su interior.

Figura 19
Parte interna del botón: M_{36}

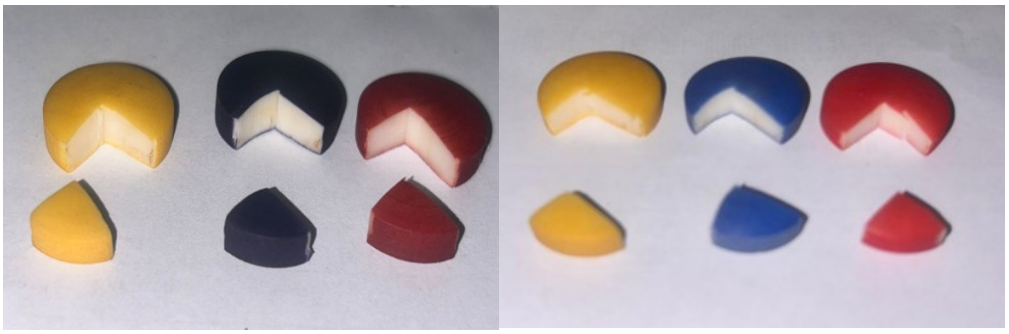


Fuente: La autora

3.1.7 Absorción y penetración del colorante en planta

En la **Figura 20**, se muestran la parte tanto interna como externa del botón el cual ha sido tinturado en el taller artesanal con la receta y proceso optimizado, en donde se observa que el centro del botón sigue conservando su color natural y la parte externa de estos adhirió el colorante.

Figura 20
Partes internas de los botones tinturados en planta



Fuente: La autora

3.1.8 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en laboratorio

Para el proceso de lavado de muestras teñidas, se ocupó la receta descrita en la **Tabla 6**, en donde se indica que la cantidad de agua destilada es de 50mL para cada muestra, 100 balines de acero inoxidable y 0.075g de detergente normado, las probetas deben tener una medida de 15cm*5cm, cada una, en este proceso la máquina debe encontrarse en una temperatura inicial de 70°C y el tiempo de lavado es de 45minutos. Una vez terminado el proceso de lavado de las muestras, se retira los frascos de acero inoxidable de la máquina y posteriormente se procede a sacar las muestras para su secado al ambiente (T 20±2°C- HR 65%±4), como lo indica la norma ISO 139.

Figura 21

Botones de tagua después del proceso de lavado

Fuente: La autora

3.1.9 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en planta con el proceso optimizado

En la **Figura 22**, se muestran los resultados de la prueba de solidez del color al lavado de las muestras tinturadas en el taller artesanal con el proceso optimizado, se ocupó la misma receta que se describe en la **Tabla 6**, de igual forma la curva del proceso de lavado, misma que se observa en la **Figura 13**, en la cual se especifica el tiempo, temperatura y auxiliares que se añaden para que el proceso cumpla con lo solicitado en la norma AATCC 61 método 3A, los resultados observados se evidencia que hubo poca o ninguna transferencia de color de las muestras hacia el sustrato.

Figura 22

Botones de tagua tinturados en planta con el proceso optimizado después del proceso de solidez del color al lavado

Fuente: la autora

3.1.10 Prueba de solidez del color al lavado de los botones tinturados en planta con el proceso sin optimización

La **Figura 23**, refleja los resultados de la prueba de solidez del color al lavado de las muestras tinturadas en planta con el proceso actual, en donde se observa un cambio significativo en los testigos, de igual forma se pudo observar que los balines de acero inoxidable reaccionaron al auxiliar que se utiliza en el taller oxidando a estos balines dañando el color natural de los testigos, asimismo, se observó que estos tienen una cantidad considerable de transferencia de color.

Figura 23

Resultados de la prueba se solidez del color al lavado en muestras tinturadas en planta sin el proceso optimizado

Fuente: La autora

3.1.11 Resultados espectrofotométricos

En este apartado se explican los resultados obtenidos en el equipo espectrofotómetro textil de la CTEX-UTN, en donde se verán los datos obtenidos en la prueba de transferencia del color de los botones de tagua hacia el testigo de PAC 100 %.

3.1.11.1 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en laboratorio

En la **Tabla 7**, se muestran los resultados obtenidos en el espectrofotómetro, en donde se especifican las calificaciones conseguidas mediante la utilización de la escala de grises. Se realizó un análisis de un total de 36 probetas (M_1 a M_{36}), en las cuales se ha aplicado diferentes concentraciones de colorante, auxiliares y fijación en las muestras que tienen una concentración de colorante del 1% hasta 4%.

Tabla 7
Resultados cuantitativos de transferencia de color en botones tinturados en laboratorio

Dosificación (%)	***0.01***	***0.05***	***0.10***	***0.25***	***0.50***	***1***	***1.50***	***2***	***2.50***	***3***	***3.5***	***4***
Amarillo PG	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5
Azul RBL 200%	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Escarlata	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

Fuente: La autora

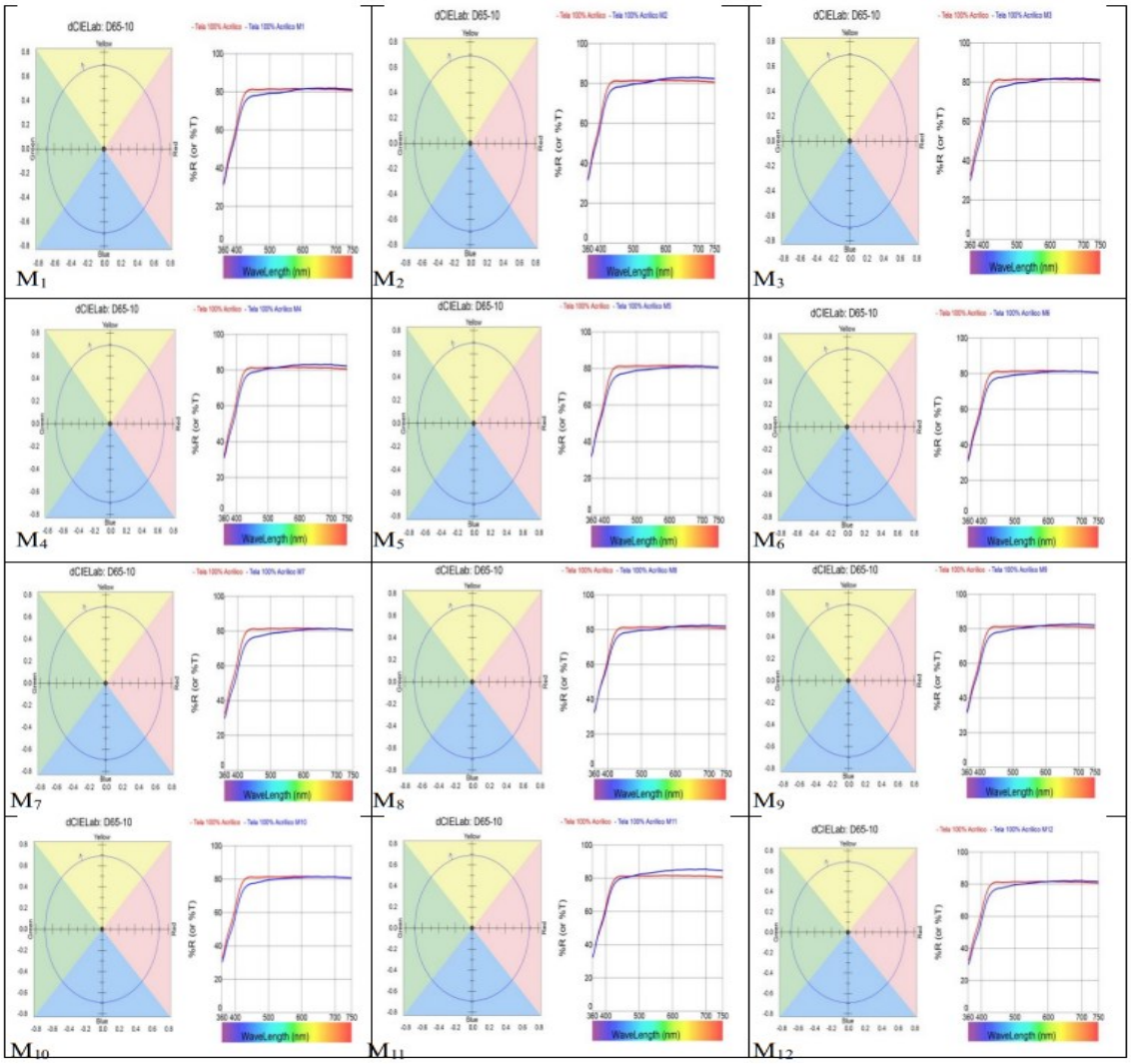
En función de los resultados obtenidos, se encuentra que todos los datos tienen una calificación de escala de grises de 5 para las muestras M_{31} y M_8 , siendo una buena calificación y 4.5 para las demás muestras, que se interpretan como resultados excelentes en términos textiles, pues reflejan una mínima transferencia del color desde los botones de tagua hacia la tela PAC, a pesar de que el proceso de lavado fue para condiciones industriales, siendo información importante para comprobar la efectividad del proceso de tintura.

En la **Figura 24**, se observa los gráficos de elipses pertenecientes a las muestras M_1 hasta M_{12}, en los cuales se puede observar que la línea del estándar y del trial no tienen diferencias

significativas, tomando en cuenta que se está analizando la transferencia de color que ha tenido la tela desde el botón muestra, es por eso que la calificación es de 4.5 para la mayoría de las probetas, indicando que la calidad es buena y la transferencia del color es mínima, en excepción de la muestra M_8 que tuvo una calificación de 5 indicando que no hay transferencia de color, en la gráfica se puede observar que en esta muestra las dos líneas (estándar y trial), van en la misma dirección y sentido.

Figura 24

Elipses de las muestras del color Everdirect Amarillo PG de las muestras *M_1 a M_{12}*



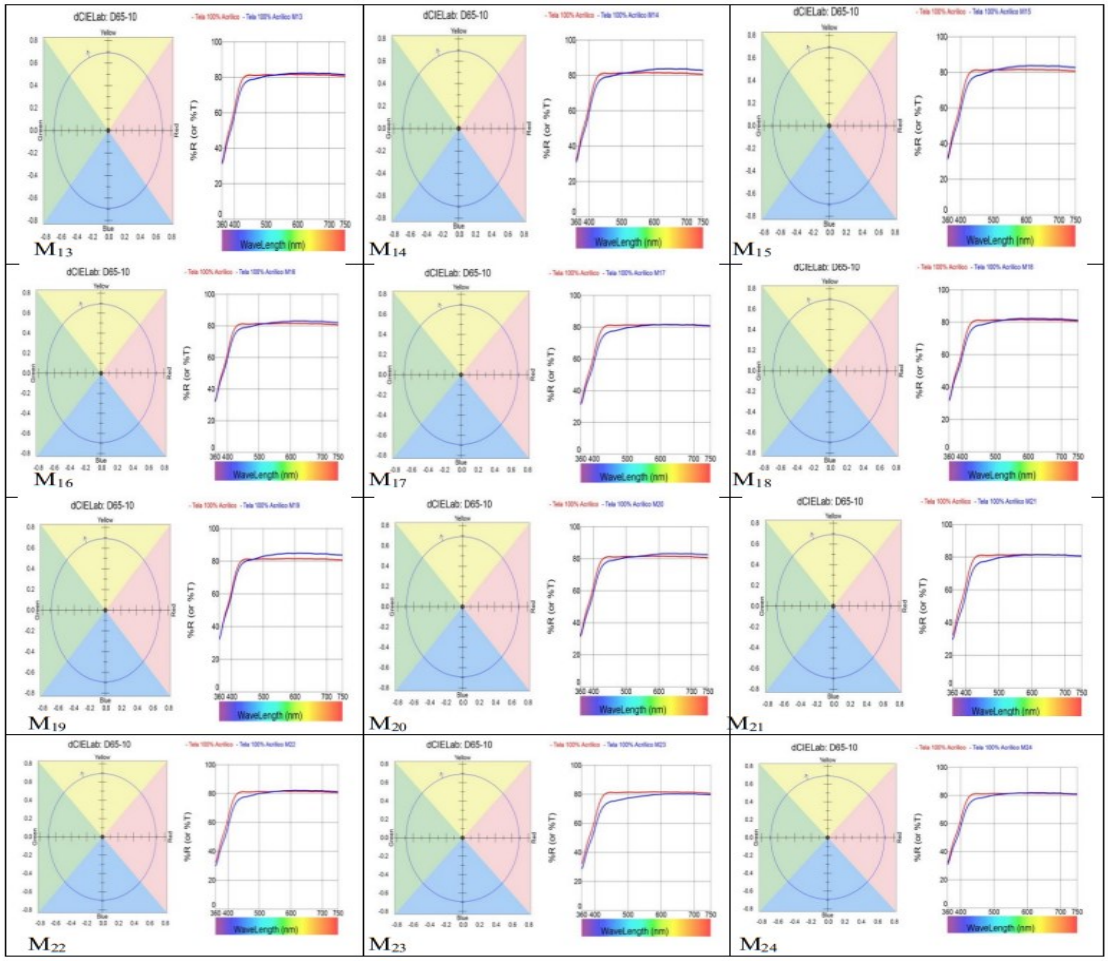
Fuente: La autora

En la **Figura 25**, se muestran los gráficos de elipses de las muestras de color Azul, en las cuales se puede observar que no hay una diferencia significativa entre la línea que representa al

estándar y la línea que representa al trial, en estas muestras de M13 a M24 se obtuvo una calificación de 4.5, es decir que se obtuvo de resultado una mínima transferencia de color del botón hacia la muestra analizada.

Figura 25

Gráficos de elipses del color Everdirect Azul RBL 200% de las muestras M_{13} a M_{24}

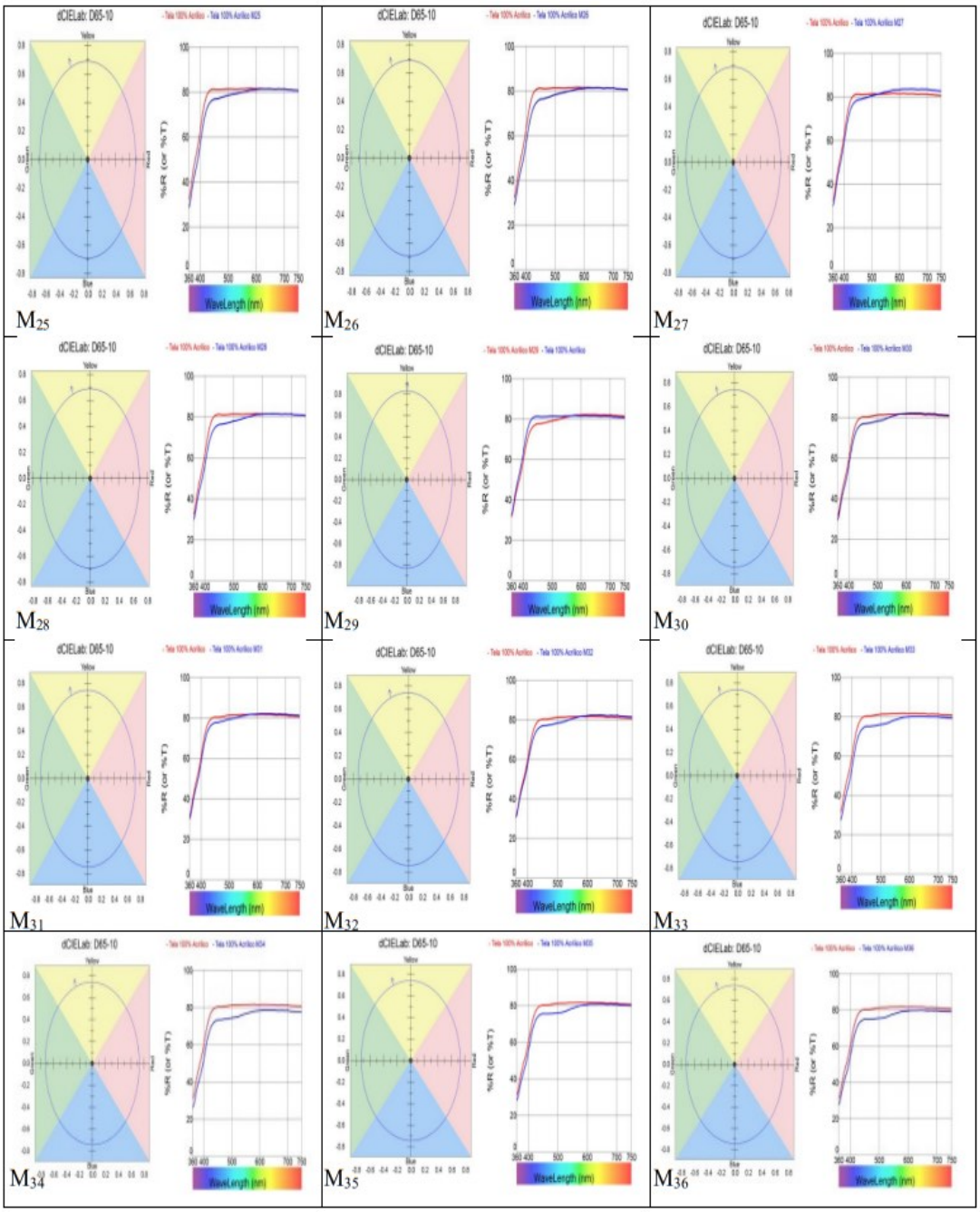


Fuente: La autora

La **Figura 26**, muestra los resultados de las gráficas de elipses de las 12 muestras pertenecientes al color Escarlata, de las muestras M_{25} a M_{36}, las cuales la mayoría de muestras tuvieron una calificación de escala de grises de 4.5 siendo una calificación buena, al indicar que hubo una muy mínima transferencia del color de los botones hacia el testigo, en excepción de la muestra M_{31}, que tiene una calificación de 5, la cual en la gráfica se puede observar que las líneas de estándar y trial van en el mismo sentido y dirección, corroborando la calificación de 5.

Figura 26

Gráfico de elipses del color Everdirect Escarlata 4BS de las muestras M_{25} a M_{36}



Fuente: La autora

3.1.11.2 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en planta con el proceso actual

En la **Figura 27**, se presentan las curvas de elipses obtenidas a partir de la prueba de transferencia de color realizada mediante el método 3A de la norma AATCC 61, utilizando el equipo GyroWash. Esta prueba tiene como objetivo evaluar el grado de solidez del color frente al lavado, analizando la migración del tinte desde el botón de tagua hacia un sustrato textil compuesto por 100% poliéster acrílico (PAC).

En la gráfica de elipses, la línea roja representa el estándar de referencia, mientras que la línea azul corresponde al resultado del ensayo (trial). A partir de esta comparación, se observa un comportamiento altamente negativo debido a que el resultado obtenido muestra una significativa migración del color desde el botón de tagua hacia la tela, lo cual evidencia una deficiente fijación del tinte en el material original.

La desviación notable entre el estándar y el ensayo indica que el botón de tagua no retiene adecuadamente el colorante, lo que se traduce en una transferencia excesiva hacia el sustrato textil. Este comportamiento es considerado como deplorable desde el punto de vista técnico, ya que compromete la calidad y durabilidad del color del producto final, haciendo evidente la necesidad de optimizar el proceso de tintura o de aplicar tratamientos adicionales para mejorar la solidez del color.

Tabla 8
Calificaciones de transferencia de color hacia el testigo

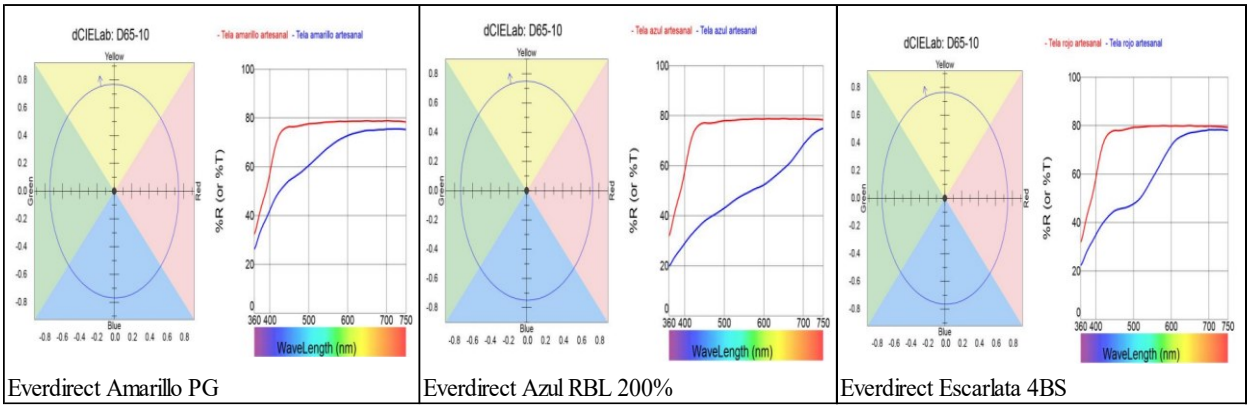
Color	*Everdirect Amarillo PG*	*Everdirect RBL 200%*	*Azul*	*Everdirect Escarlata 4BS*
Calificación	3	2		2,5

Fuente: La autora

La **Tabla *8***, indica las calificaciones que se encuentran entre 3, 2 y 2.5 para los colores: Everdirect Amarillo PG, Everdirect Azul RBL 200%, Everdirect Escarlata 4BS, respectivamente, indicando que la transferencia del color hacia el testigo de prueba es alta.

Figura 27

Curvas de elipses de la prueba de botones tintados en planta con el proceso artesanal actual



Everdirect Amarillo PG | Everdirect Azul RBL 200% | Everdirect Escarlata 4BS

Fuente: La autora

En la curva de elipses del color Everdirect Amarillo PG (ver **Figura 27**), se observa que, en el proceso artesanal el estándar (línea roja) se aleja del trial (línea azul), indicando un cambio considerable en el croma, de igual forma, se interpreta que existe una alta migración del colorante del botón de tagua hacia el testigo PAC 100%, resultando una baja solidez del color al lavado.

En el color Everdirect Azul RBL 200%, aunque la desviación del trial respecto al estándar es mayor que en el amarillo, esta curva es más notoria. La reflectancia presenta un aumento, igualmente, hay transferencia de color, aunque en menor grado que en la tela amarilla, lo que indica que aún existe una deficiente fijación del tinte.

Para el color Everdirect Escarlata 4BS, se observa nuevamente una desviación significativa del resultado respecto al estándar y el trial, con una clara alteración del color percibido. La curva espectral muestra aumento de reflectancia, señal de absorción y retención del tinte por parte del testigo. Al igual que en los casos anteriores, se evidencia una considerable migración del tinte del botón hacia el testigo, confirmando la mala solidez del color.

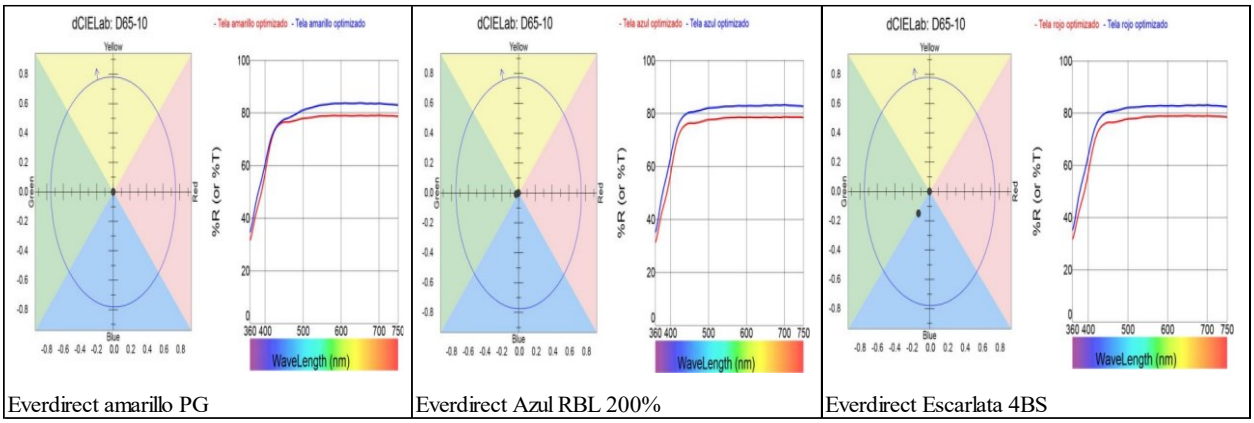
3.1.11.3 Prueba de transferencia de color de botones tinturados en planta con el proceso optimizado

En la **Figura 28**, se presentan las tres curvas de elipses obtenidas en el espectrofotómetro textil al realizar la evaluación de transferencia del color de los botones tintados en planta con el

proceso optimizado, viéndose que en las tres pruebas se obtuvo buenos resultados, evidenciando que el proceso realizado es óptimo para la tintura de los botones de tagua.

Figura 28

Gráfico de elipses de la prueba de botones tintados en planta con el proceso optimizado



Everdirect amarillo PG | Everdirect Azul RBL 200% | Everdirect Escarlata 4BS

Fuente: La autora

La **Figura 28**, tiene las tres curvas de elipses, en la cual la curva de elipses de la prueba de transferencia de color del color Everdirect Amarillo PG, la línea azul (trial) se superpone casi completamente con la línea roja (estándar), permaneciendo en el centro de la elipse cromática, sin desplazamientos notorios, las curvas espectrales también son casi idénticas, sin diferencias significativas de reflectancia, la migración del tinte es mínima o nula. Esto evidencia una excelente fijación del color en el botón de tagua y, por ende, una alta solidez del color tras la optimización del proceso.

En la curva de elipses del color Everdirect Azul RBL 200%, la superposición de las líneas trial y estándar es muy similar, lo que indica una mínima desviación cromática. La curva espectral del ensayo se mantiene alineada con el estándar. No hay transferencia significativa de color hacia el testigo PAC 100%.

El color Everdirect Escarlata 4BS, refleja de igual forma que la coincidencia entre el estándar y el trial es muy alta, con el vector azul centrado respecto al rojo. Las curvas espectrales se mantienen estables y superpuestas y no se detecta migración de color, obteniendo resultados favorables de entre como se observa en la **Tabla *9***, con resultados de 4.5 en los 3 colores sometidos a la prueba. El comportamiento del botón teñido es técnicamente satisfactorio con estos resultados.

Tabla 9
Calificaciones de transferencia de color en el proceso optimizado en planta

Color	*Everdirect Amarillo PG*	*Everdirect RBL 200%*	*Azul*	*Everdirect Escarlata 4BS*
Calificación	4.5	4.5		4.5

Fuente: La autora

3.2 Discusión de resultados de la transferencia del color de los botones de tagua hacia un testigo.

En la presente investigación se analizó la transferencia de color de los botones de tagua tintados en laboratorio, haciendo énfasis en la efectividad de la curva de tintura y las dosificaciones adecuadas de colorantes utilizadas. Los resultados evidencian que la selección y ajuste preciso de estos parámetros permitieron lograr una adhesión uniforme y duradera de los colorantes en la superficie de estos insumos textiles. Este comportamiento sugiere que la interacción entre el material celulósico de la tagua y los colorantes es acorde a las condiciones del material, las tonalidades requeridas y la repetitividad, lo que ha permitido estandarizar el proceso tintóreo.

En los botones tinturados en planta artesanalmente con el proceso actual sin modificaciones, en las tres pruebas, la línea azul (trial) se separa notablemente de la línea roja (estándar), lo cual indica una migración excesiva del tinte desde los botones de tagua hacia los testigos de prueba**.** Este comportamiento revela una deficiente fijación del colorante, comprometiendo la durabilidad y calidad del producto final.

Los botones que fueron tinturados en planta con el proceso optimizado tuvieron resultados de en los cuales, las tres curvas de elipses muestran un comportamiento altamente positivo tras la optimización del proceso de tintura. La ausencia de desviaciones entre el estándar (rojo) y el trial (azul), tanto en los diagramas cromáticos como en las curvas espectrales, indica que se logró reducir significativamente la transferencia de color hacia los testigos, confirmando una excelente solidez del color y mejorando significativamente la calidad y durabilidad del producto final.

3.3 Resultados de escala de grises en espectrofotómetro

En este apartado, se realizará el análisis de los resultados espectrofotométricos del cambio de color producido en una muestra lavada y una no lavada, interpretando sus resultados en el

cambio de tonalidad y el cambio en el croma, tomando en cuenta que el lavado realizado fue bajo la norma AATCC 61 3A, que simula aproximadamente de 5 a 10 lavados domésticos.

3.3.1 Resultados de la prueba de color en botones tinturados en laboratorio

Procedimiento realizado para verificar y evaluar el color de una muestra después de haber realizado el proceso de solidez del color al lavado, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en el espectrofotómetro textil indicando los datos precisos de como se ve el color comparándolo con una muestra estándar.

Tabla 10

Tabla resultados muestra a muestra de solidez del color al lavado de los botones tinturados en laboratorio

Concentración (%)	***Amarillo PG***	***Azul RBL 200%***	***Escarlata 4BS***
0.01	2	2	2
0.05	2	1.5	2
0.10	2	1.5	1
0.25	1	1.5	1.5
0.50	1	1	1
1	1.5	1.5	1.5
1.50	2.5	2	1
2	1	2.5	3
2.50	2	2.5	1.5
3	1.5	3.5	1.5
3.50	1.5	1.5	2.5
4	3	3	3

Fuente: La autora

En la **Tabla *10***, se presentan los resultados detallados de la solidez del color al lavado, evaluada mediante escala de grises en el espectrofotómetro, en esta prueba se analizaron las 12 muestras de diferente concentración de los colorantes Everdirect: Amarillo PG, Azul RBL 200% y Escarlata 4BS.

3.3.2 Prueba de color en botones tinturados en planta con el proceso actual

A continuación, en la **Tabla *11*** se muestran los resultados obtenidos en el espectrofotómetro textil después de la prueba de solidez del color al lavado.

Tabla 11
Resultados de la prueba de color entre el estándar y trial de botones tinturados en planta con el proceso artesanal actual

Amarillo PG	***Azul RBL 200%***	***Escarlata 4BS***
1	1	1

Fuente: La autora

Los resultados que se reflejan en la **Tabla *11***, son muy bajos en calificación de escala de grises, en el color Amarillo PG y Azul RBL 200%, se obtuvo un resultado de 1, indicando que hay poca solidez y un cambio extremo del color al ser sometidos a lavados, indicando que el tinte no se ha fijado al sustrato y tiende a perder muy rápidamente el color, de igual forma en el color Escarlata 4BS, se tiene un resultado de 0,5 indicando que la solidez del color al lavado es muy baja, en este caso es casi nula e indica que la muestra no tiene colorante de forma efectiva y tiende a desteñirse significativamente.

3.3.3 Prueba de color en botones tinturados en planta con el proceso optimizado

La **Tabla *13*** **Tabla *12*** que se muestra a continuación, refleja los resultados de escala de grises obtenidos en el espectrofotómetro textil, después de la prueba de solidez del color al lavado.

Tabla 12
Resultados de solidez del color de los botones de tagua tinturados en planta con el proceso optimizado

Amarillo PG	***Azul RBL 200%***	***Escarlata 4BS***
3	3	2.5

Fuente: La autora

Los resultados que se observan, reflejan que, el color Escarlata 4BS tiene una calificación de 2.5, indicando que es un resultado del cambio moderado y considerado como poco aceptable, mientras que en el color Amarillo PG y Azul RBL 200% hay una calificación de 3 correspondiendo a un cambio moderado del color original.

3.4 Interpretación de resultados del cambio de color al lavado

En el apartado siguiente se realizará la evaluación de la solidez del color al lavado conforme a la norma AATCC 61, método 3A, utilizando la escala de grises para determinar el grado de alteración del color en botones de tagua tinturados en laboratorio y planta. Los resultados se obtuvieron mediante espectrofotometría textil y se complementaron con el análisis visual de las gráficas de elipses de color generadas durante el ensayo.

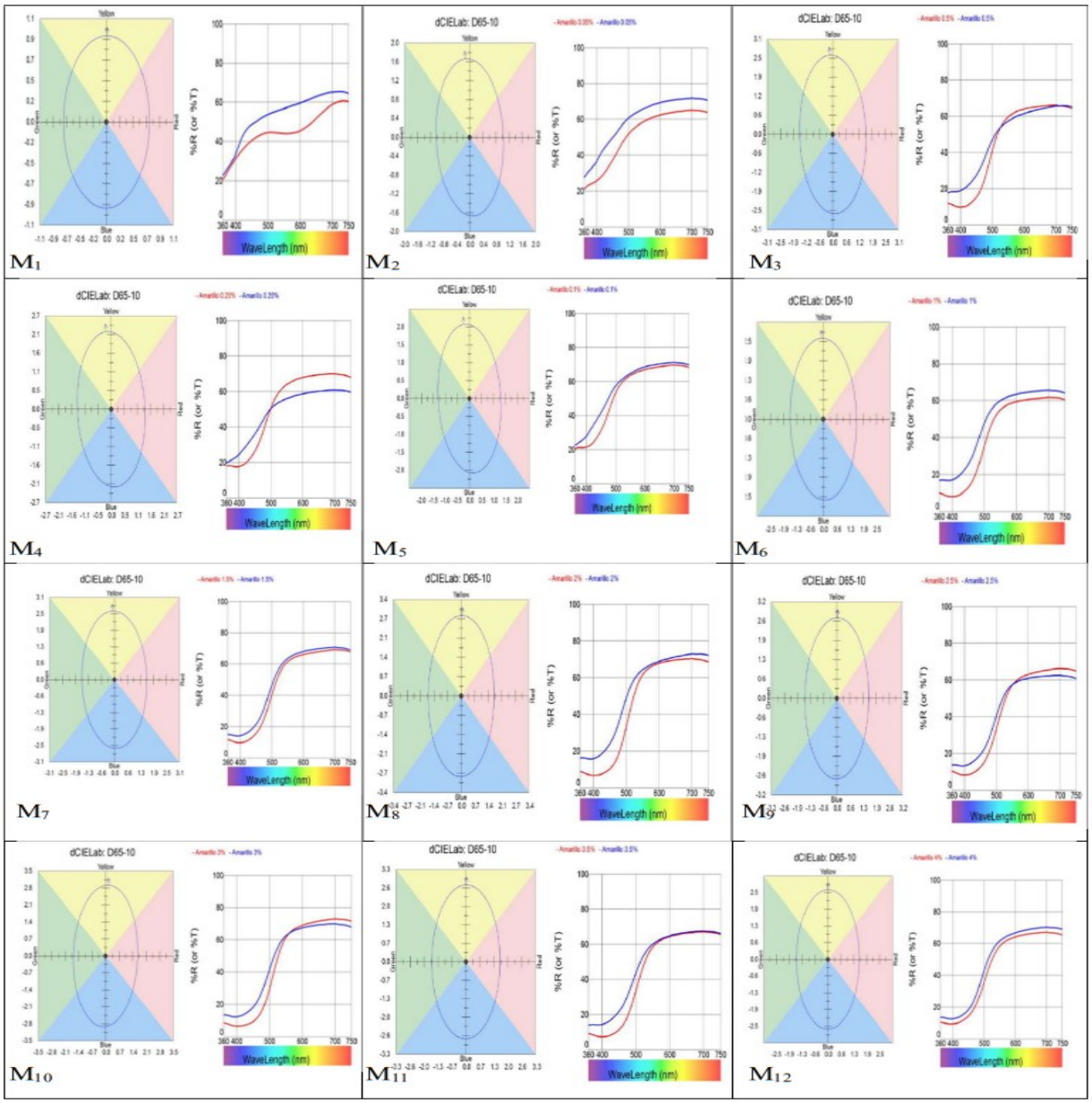
3.4.1 Everdirect Amarillo PG en laboratorio

Los resultados obtenidos que se analizarán están basados en el espectrofotómetro y cada una de las muestras pertenecientes al color Amarillo PG que competen a las muestras M_1 hasta M_{12}, en el gráfico en forma de elipse, se representan las tolerancias, la línea roja es la muestra sin lavar y la línea azul representa a la muestra lavada (ver **Figura 29**).

En las concentraciones bajas (0.01 y 0.05), se muestra una solidez del color al lavado de 2, en las muestras: M_1 y M_2 , indicando una resistencia moderada al lavado, en concentraciones medias (0.1% a 0.5%), la solidez disminuye a 1 para las muestras M_3 y M_4 , indicando una muy baja solidez del color al lavado, una calificación de 2 para la M_5, indicando de igual forma mayor susceptibilidad a la pérdida del color, las concentraciones más intensas (1% a 4%) presentan calificaciones con valores de 1 para la muestra M_8, indicando de igual forma baja solidez del color, para las muestras M_6, M_{10} y M_{11}, una calificación de 1.5 siendo una muy baja solidez del color y una calificación de 3 para la M_{12}, indicando que esta muestra resiste más el color al ser sometida al lavado.

Figura 29

Resultados espectrofotométricos dCielab: D65-10 color Amarillo PG muestras M_1 a M_{12}.



Fuente: La autora

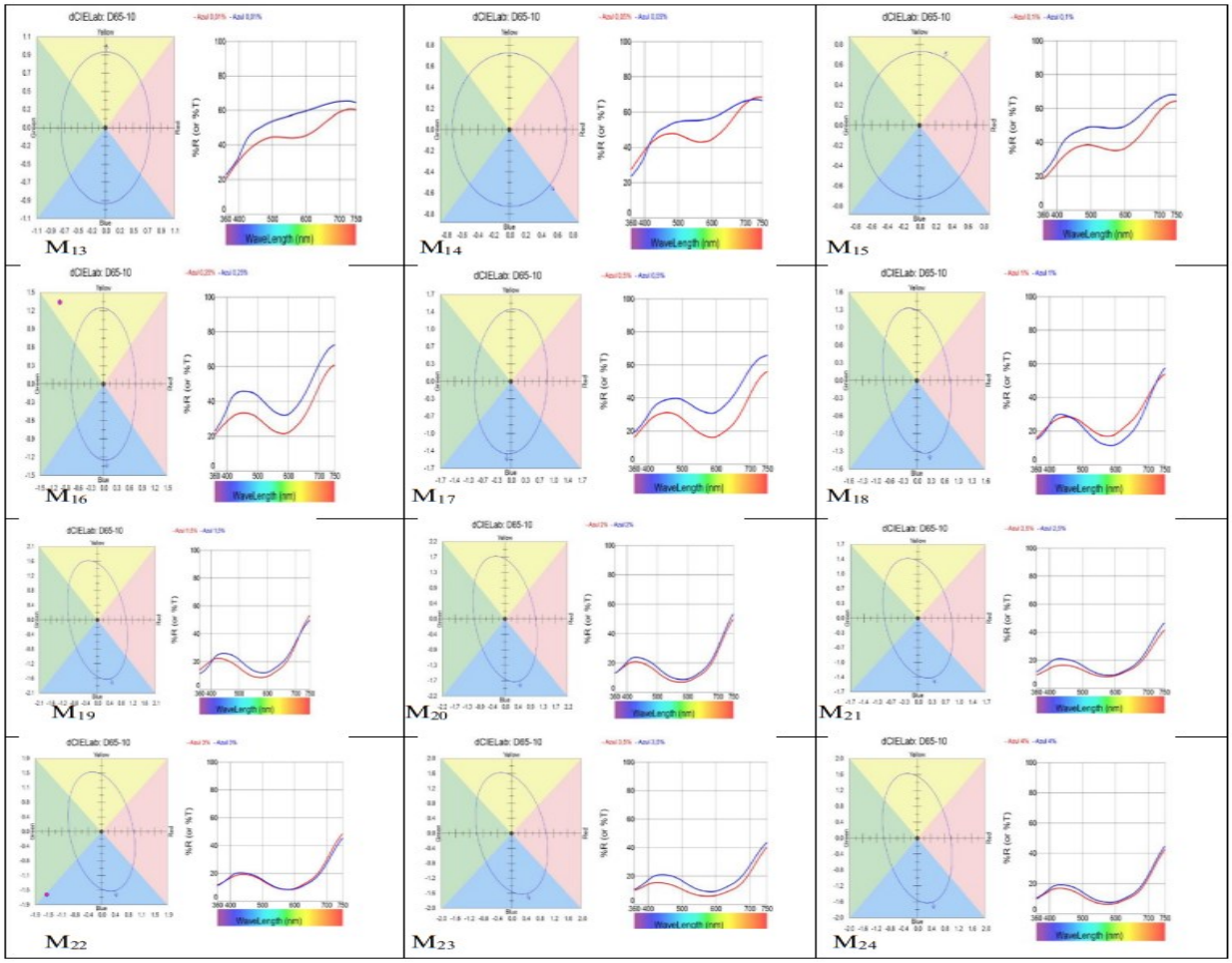
3.4.2 Everdirect Azul RBL 200% en laboratorio

Los resultados que se presentan en este apartado pertenecen a la valoración de escala de grises del espectrofotómetro, en el gráfico de elipses (ver **Figura 30**) se indica en color azul la muestra lavada y el color rojo la muestra sin lavar, indicando que hay diferencias significativas entre el estándar y trial.

En concentraciones muy bajas (0.01% y 0.05%), el azul muestra valores de 2 perteneciente a la M_{13} y 1.5 para la M_{14}, lo que indica que el pigmento azul es más resistente a la degradación, incluso a concentraciones bajas. Sin embargo, al llegar a concentraciones más altas, hay un aumento gradual en la solidez, que alcanza hasta 3.5 en la concentración de 3% perteneciente a la M_{22} de igual forma en la concentración del 4% perteneciente a la M_{24}. Este patrón sugiere que el azul es más estable al ser sometido al lavado cuando se usa en concentraciones medias a altas.

Figura 30

Resultados de espectrofotómetro muestras M_{13} a M_{24}



Fuente: La autora

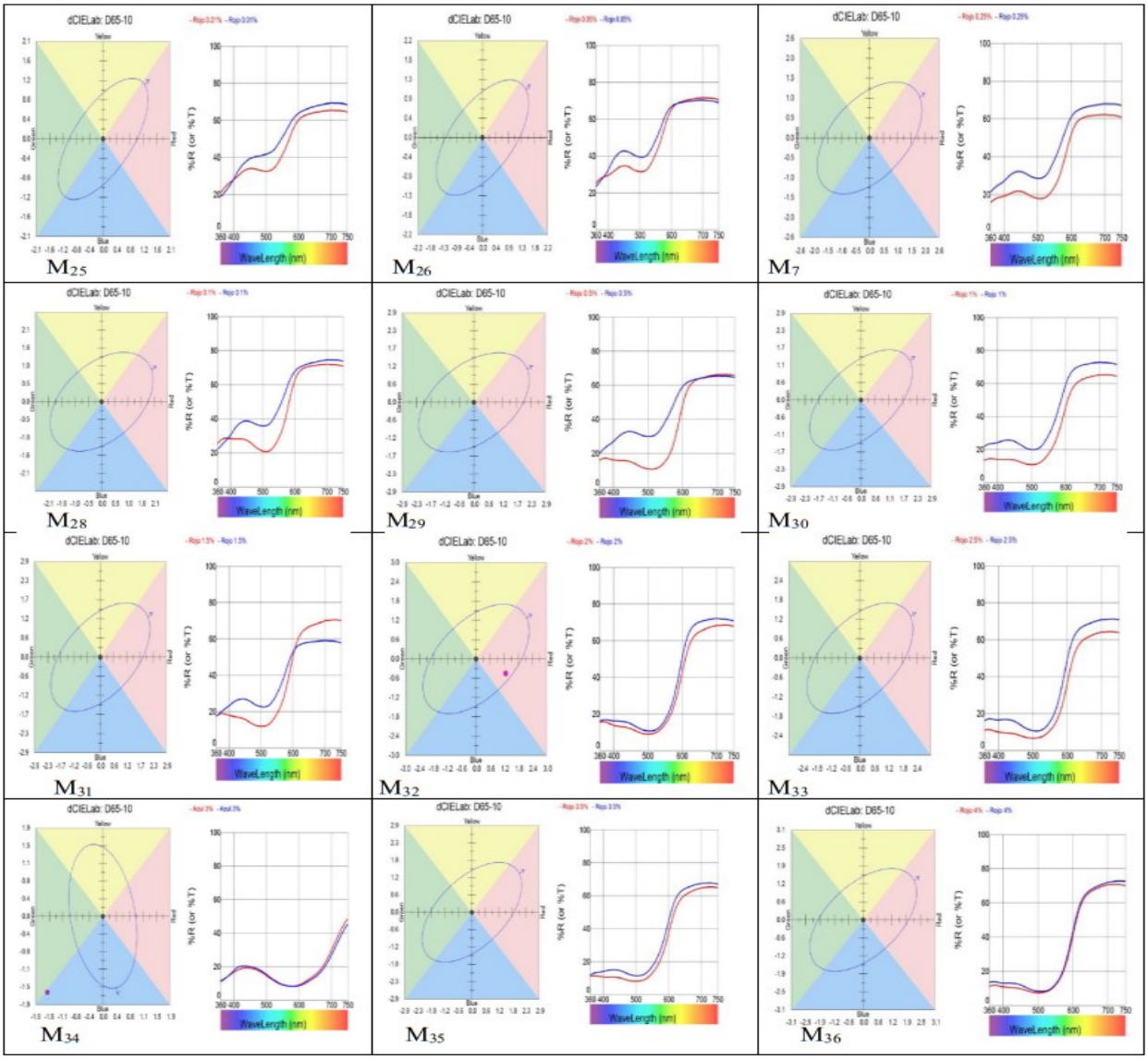
3.4.3 Everdirect Escarlata 4BS en laboratorio

Se analizaron 12 muestras en el color Escarlata (M_{25} a M_{36}), los resultados de la elipse se observan en la **Figura 31**, donde evidentemente hay una variación entre la muestra y el trial, al

estar la línea roja y azul muy separadas, en dónde la línea roja representa al estándar y la línea azul al trial.

Figura 31

Resultados espectrofotométricos muestras M_{25} a M_{36}

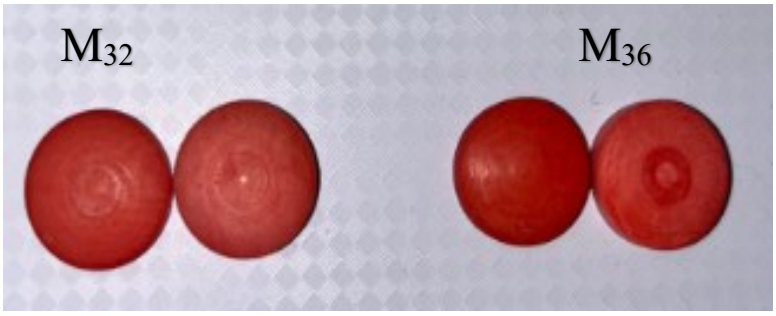


Fuente: La autora

El rojo muestra una valoración de 2 en concentraciones bajas (0.01% y 0.05%) de las muestras M_{25} y M_{26}, denotando un nivel moderado de estabilidad del color al lavado. Las concentraciones medias (0.10% a 0.25%) de las muestras M_{27} y M_{28}, mantienen niveles estables con valores de 1.5 y 1, pero la decoloración se reduce a medida que la concentración baja. A

concentraciones de 0.5%, 1% y 1.5% de M_{29}, M_{30} y M_{31} respectivamente, la solidez sigue manteniéndose baja con fluctuaciones entre 1 y 1.5, evidenciando una mayor susceptibilidad al desgaste al ser sometidas al lavado, aunque hay cierta recuperación en la concentración de 2% perteneciente a la M_{32}, obteniendo una calificación de 3 siendo mejor que las muestras anteriores, las muestras M_{33} y M_{34} de 2.5% y 3%, vuelven a tener una calificación de 1.5 indicando que es una solidez muy baja, pero en la muestra M_{36} perteneciente al 4% de concentración se tiene una solidez del color 3 al igual que la M_{32} (Ver **Figura 32***)* siendo las dos mejores muestras de este color mostrando una buena solidez al lavado.

Figura 32
Muestras M_{32} y M_{36}



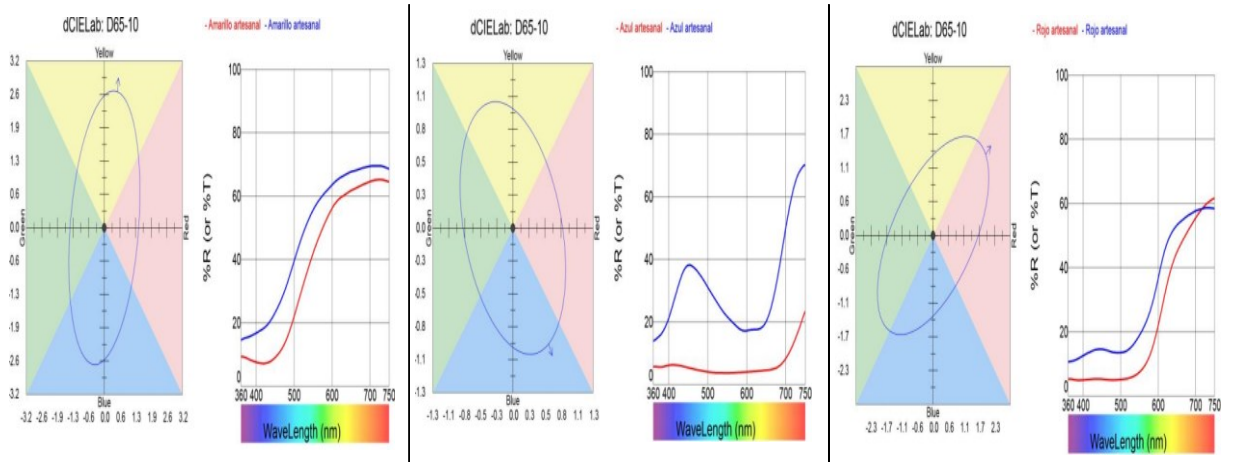
Nota: El botón de la derecha pertenece a la muestra lavada y el de la izquierda pertenece a la muestra sin lavar.

3.5 Resultados de cambio de color al lavado en botones tinturados en planta con el proceso artesanal actual

En la **Figura 33**, se observan las curvas de elipses, la curva perteneciente al color Everdirect Amarillo PG, tiene un resultado de espectrofotómetro de 1(ver **Tabla 11**), mismo que en la gráfica de elipses se puede ver que el estándar está alejado del trial; de igual forma el color Everdirect Azul RBL 200% que tiene también una calificación de 1 en espectrofotómetro, en la gráfica de elipses de este color se puede observar cómo está la línea que representa al estándar está muy alejada del trial, en el trial de este color se observa que es alto en comparación del estándar; se observa también la gráfica de elipses del color Everdirect Escarlata 4BS, el cual tiene también una calificación de 1, viéndose en esta que el estándar se encuentra de igual forma alejado del trial.

Figura 33

Gráficos de elipses de las muestras tinturadas en planta artesanalmente con el proceso actual



Everdirect Amarillo PG	Everdirect Azul RBL 200%	Everdirect Escarlata 4BS

Fuente: La autora

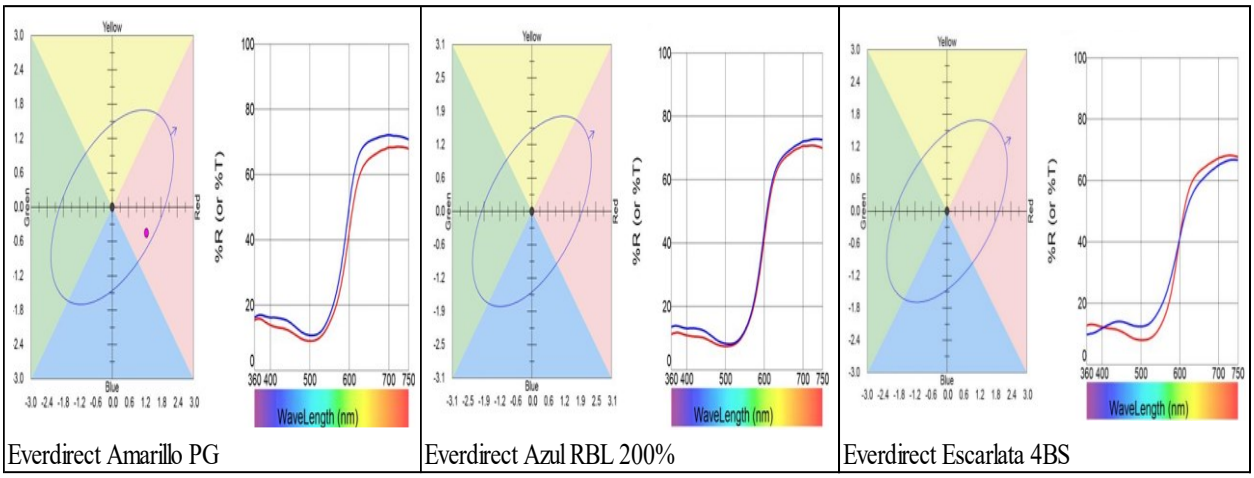
Las gráficas presentadas en la **Figura 33**, indican la mala solidez que tiene el color de las muestras que fueron tinturadas con el proceso artesanal actual, resultando un proceso no favorable para el botón de tagua porque se obtuvieron resultados de 1 en escala de grises que se interpretan como no aceptables ya que indican un cambio extremo en el color original y resultan tienen una mala solidez del color al lavado

3.6 Resultados de cambio de color al lavado en botones tinturados en planta con el proceso optimizado

La **Figura 34**, que se presenta a continuación, representa las curvas de elipses de los botones que fueron tinturados en planta con un proceso optimizado, en esta se puede observar la curva del color Everdirect Amarillo PG, que tiene una calificación de solidez del color al lavado de 3, observándose que las líneas pertenecientes al estándar y trial van casi juntas; de igual forma con el color Everdirect Azul RBL200%, que tiene una calificación de 3, en la curva se observa como el estándar y el trial no tienen mucho alejamiento; en la curva del color Everdirect Escarlata 4BS el cual tiene una calificación de 2.5, si se observa pequeña una desviación del estándar con el trial, por lo que se comprende el porqué de la calificación de 2.5 de espectrofotómetro.

Figura 34

Curvas de elipses de los botones tinturados en planta con el proceso optimizado



Fuente: La autora

La **Figura 34**, refleja el mejoramiento de la solidez del color, resultando unas curvas más uniformes y con mejores calificaciones en escala de grises analizadas en el espectrofotómetro, con calificaciones de 2.5 y 3 interpretando estos resultados como aceptables y que tienen un comportamiento moderado, es decir con cambios visibles pero aceptables.

3.7 Análisis de la varianza

El análisis de la varianza (ANOVA), es una técnica que se la utiliza para determinar si existen diferencias significativas entre la media de tres o más grupos, ayudando a determinar si hay alguna variación entre los datos que no se pueda distinguir, este requiere que exista una variación entre los datos para identificar diferencias significativas. En este caso, la falta de dispersión de los datos hace que el cálculo de la varianza entre los grupos sea cercano a cero. Esto no solo invalida los supuestos de la ANOVA, sino que imposibilita interpretar de manera estadística cualquier resultado derivado de dicha prueba y dado que todos los datos son prácticamente homogéneos, no es viable aplicar ANOVA como herramienta estadística.

Al evaluar los datos obtenidos de las calificaciones de escala de grises en el espectrofotómetro, se observó que la mayoría de los datos presentaron un valor de 4.5, mientras que únicamente dos muestras mostraron una calificación de 5, correspondiente a las muestras M_8 y M_{31}. Esta distribución uniforme de los datos refleja una falta de variabilidad significativa entre las calificaciones obtenidas.

3.7.1 Normalidad de los datos

En este proyecto de investigación, solo se tomará en cuenta los resultados de Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que según DATAtab (2025), son las pruebas analíticas más habituales para comprobar la normalidad de los datos, en donde se indica también que para rechazar o no una hipótesis nula, se debe obtener un valor p de todas las pruebas, indicando que este valor no debe ser inferior a 0.05, dando una confiabilidad del 95% de los datos analizados.

En la

Tabla *13* se muestran los datos obtenidos de normalidad resultantes de Past 4 de la prueba de transferencia de color. Se puede observar que, en las pruebas de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling resultan valores mayores a 0.05 indicando que la confiabilidad de los datos es del 95% dando paso al análisis correspondiente de estos.

Tabla 13
Resultados de normalidad de la prueba de transferencia de color

Concentración (%)	***N***	***Shapiro-Wilk W***	***p(normal)***	***Anderson-Darling A***	***p(normal)***
0.01	3	0,99	0,91	0,19	0,62
0.05	3	0,99	0,87	0,19	0,60
0.10	3	0,83	0,19	0,38	0,13
0.25	3	0,82	0,17	0,39	0,12
0.50	3	0,85	0,24	0,36	0,16
1	3	0,96	0,64	0,22	0,49
1.50	3	0,93	0,50	0,26	0,36
2	3	0,93	0,50	0,26	0,37
2.50	3	0,87	0,31	0,32	0,21
3	3	0,99	0,89	0,19	0,61
3.50	3	0,89	0,35	0,31	0,24
4	3	0,87	0,29	0,33	0,2

Fuente: La autora

3.8 Análisis de resultados de la transferencia del color

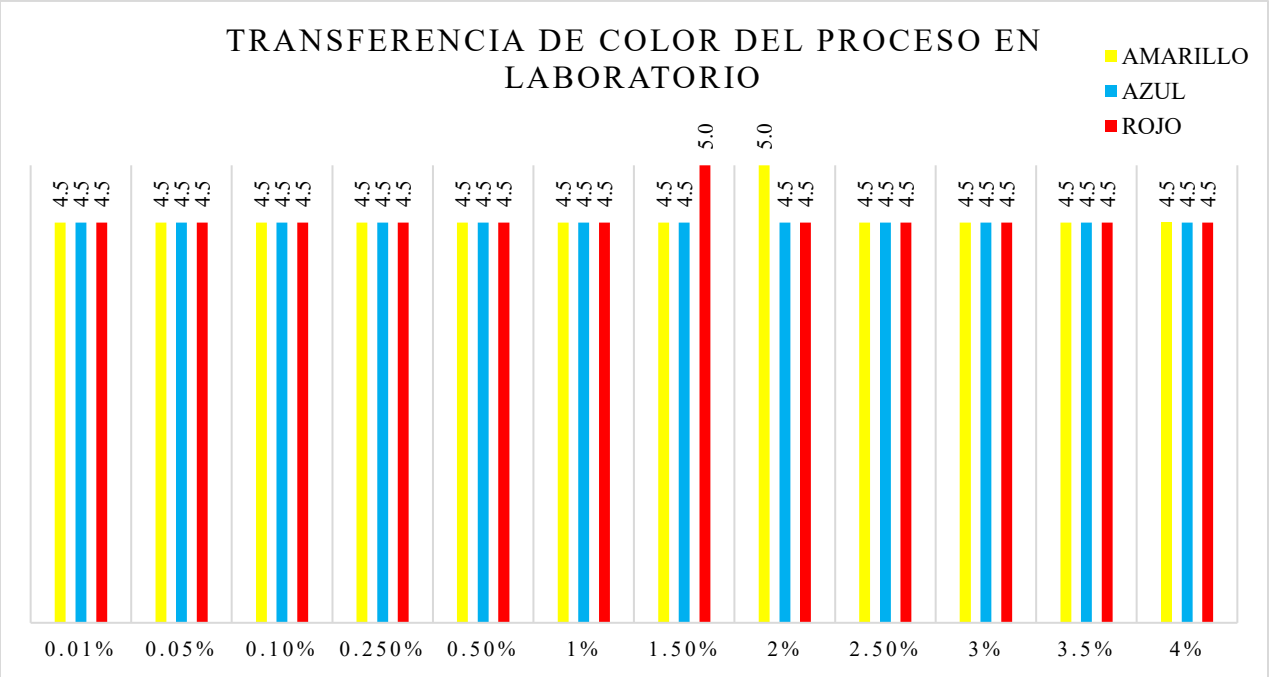
Para la mejor comprensión de los resultados, se realizó una gráfica estadística de barras de las pruebas de laboratorios realizadas en el espectrofotómetro textil.

En la **Figura 35** se presentan los datos obtenidos en la escala de grises, en la cual se establece un rango de 1 a 5. En esta escala, los resultados de menor número, como 1 son de baja solidez y de 5 una alta solidez, dando por válida la poca transferencia de color que tienen las muestras analizadas.

En el gráfico se puede observar que la mayoría de las dosificaciones presentan un rango de 4.5 y 5 que indica que la solidez es excelente, recalcando que existe ausencia de migración de color, dando como resultado que la receta y curva de tintura utilizada es la correcta para este tipo de materiales.

Figura 35

Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color del botón hacia el testigo.



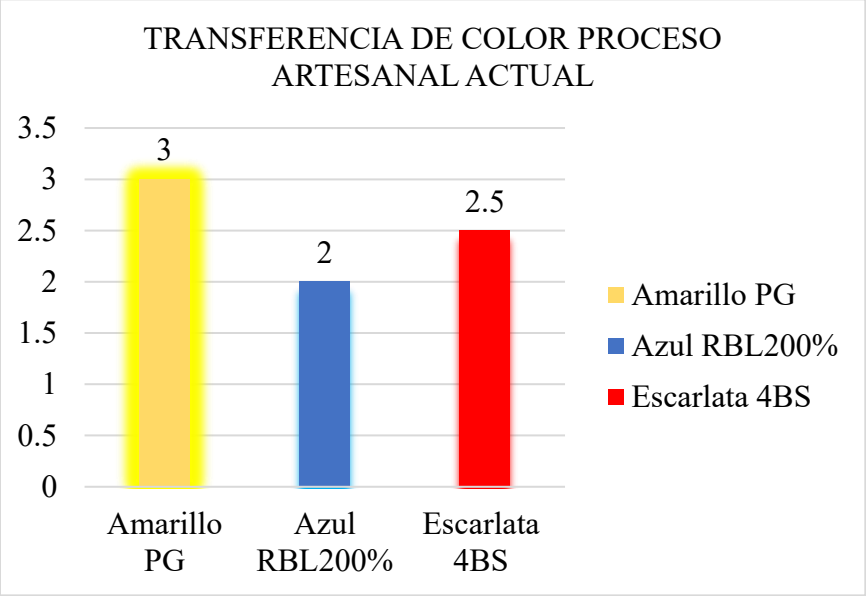
Fuente: La autora

A continuación, en la **Figura 36**, para la mejor comprensión de resultados se establece una gráfica de barras donde se colocan los resultados de la calificación de escala de grises para

transferencia de color, estableciendo valores desde 0 a 5, en los cuales los resultados fueron favorables al obtener una calificación no favorable de 3, 2 y 2.5 respectivamente en los colores Amarillo PG, Azul RBL 200% y Escarlata 4BS en los testigos de prueba, mismos que fueron tinturados en planta con el proceso artesanal que se utiliza en el taller actualmente, estos resultados son no favorables ya que tienen mucha transferencia de color desde el botón hacia el testigo.

Figura 36

Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color en las muestras tinturadas en planta con el proceso artesanal actual

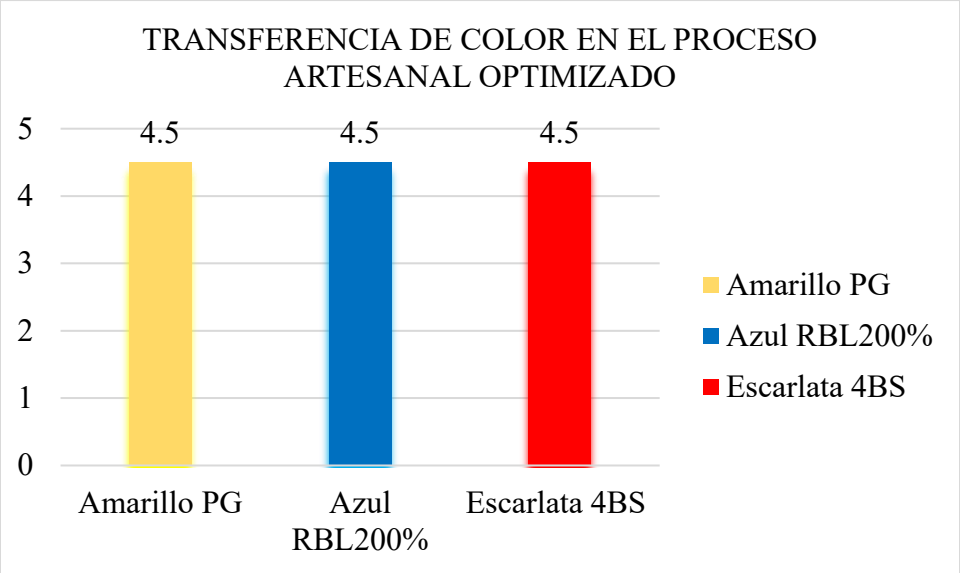


Fuente: La autora

De igual forma, en la **Figura 37**, se indican los resultados de la calificación en escala de grises para transferencia de color, en la gráfica se han colocado valores desde 0 a 5, en los caules los resultados obtenidos en la prueba en planta con el proceso optimizado, tienen calificaciones de 4.5 para todos los colores(Amarillo PG, Azul RBL 200% y Escarlata 4BS), este resultado se interpreta como muy favorable, ya que una calificación de 4.5 indica que la transferencia de color hacia el testigo ha sido mínima, lo que cumple con los estándares de calidad esperados. La baja migración del tinte confirma que los colorantes están adecuadamente fijados al botón de tagua, y que el proceso de optimización implementado ha sido efectivo en mejorar el comportamiento del material frente al lavado, especialmente en lo que respecta a la transferencia de color, confirmando que la optimización del proceso no solo mejora la permanencia del color en el botón, lo cual es crucial para la aceptación del producto en aplicaciones textiles de mayor exigencia.

Figura 37

Gráfico de barras de la prueba de transferencia de color en las muestras tinturadas en planta con el proceso artesanal actual



Fuente: La autora

3.8.1 Discusión de resultados de la optimización del proceso de tintura

Durante la optimización del proceso de tintura de botones de tagua, se evaluaron y ajustaron diversos factores determinantes en la calidad final del teñido, entre ellos: la dosificación del colorante, el pH del baño de tintura y fijado, la curva de temperatura durante el proceso, y las condiciones de fijado del colorante. Estos elementos, cuando no se controlan adecuadamente, afectan directamente la intensidad del color, su uniformidad y, sobre todo, su resistencia al lavado.

En el proceso artesanal inicial, la falta de estandarización en estos parámetros generaba resultados inconsistentes, con baja solidez del color, tanto en cambio de tono como en transferencia hacia otras superficies. Esto se evidenció en los resultados de la prueba de solidez al lavado (AATCC 61, método 3A), donde las calificaciones en escala de grises fueron extremadamente bajas: 1 para Amarillo PG y Azul RBL 200%, y 0.5 para Escarlata 4BS, lo cual representa una pérdida significativa o casi total del color (ver **Tabla 11**).

Tras la implementación del proceso optimizado, se introdujeron mejoras clave que se pueden observar en la **Tabla *14***, en la cual se especifica cuál fue el parámetro que se midió, que problemas se tenía en el proceso no optimizado y como se mejoró con el proceso optimizado.

Tabla 14
Comparación del proceso en planta actual y el proceso optimizado.

Parámetro	*Proceso artesanal actual*	*Proceso artesanal optimizado*	*Optimización*
Dosificación de colorante	Sin dosificación, solo se coloca el colorante lo que se considera adecuado, en este caso se usó 2g de colorante	Se dosifica el colorante, en este caso se hizo a una concentración al 4%, que de acuerdo al peso del material dio un peso de 0.84g de colorante	Economización de colorante y evitar sobresaturación.
Control de pH	No controlan el pH, es variable e inadecuado	Se usó pH de 8 que es ligeramente alcalino para tintura y pH 4 para el fijado	Favorece la fijación adecuada del colorante sin comprometer la estructura de la fibra
Curva de tintura	No tienen una curva de tintura	Se implementó (ver *Curva de tintura para planta*)	Mejor control de la tintura
Tiempo de tintura	No controlado, el proceso medido duró 2h32 min	La tintura duró 1h54min	Mejora en tiempos de tintura, se ahorra 38 min
Dosificaciones de fijador	Solo colocan lo que consideran, en la tintura se utilizó 5g de fijador, no se pipetea	Se utilizó 1.5mL de producto, usando pipetas	Mejor fijación del colorante y economización de producto

Curva de fijado	No utilizan curva	Implementada (ver **Proceso de fijación**)	Control de fijado, mejora de calidad
Uso de secuestrante	No se utiliza	Se usó 1g/L	Asegurar una mejor tintura del botón
Control de temperatura	No controlan la temperatura, pero se midió y la T° inicial fue 24°C, la media 60° y ebullición 92°C	Temperatura inicial 30°C, sube la temperatura a 90°C	Hacer un proceso óptimo que ayude al botón a adherir mejor el colorante
Pesaje de la sal	No controlado, en esta tintura se usó 26.5 g	Se utilizó 10g/L, es decir se usó 12g	Economizar producto, en este caso 14.5g de sal.
Pesaje de muestras	No controlado, para la tintura de prueba se usó 21g	Pesaje para proceso optimizado 21g	El pesaje es importante de la materia prima es importante para la realización de una receta óptima.
Volúmen del agua	No controlado, en esta tintura se utilizó 2200mL	Se utilizó 1500mL	Economizar la utilización de agua
Pruebas de calidad	No realizadas, solo que no haya migración del color en una tela blanca	Se incrementó solidez del color al lavado: • Prueba de pérdida de color • Prueba de transferencia de color	Mejorar el control de calidad del producto final

Fuente: La autora

Los resultados indican que:

- **Las dosificaciones de colorante:** Resultan ideales, en términos de agotamiento del color, pues se pudo alcanzar una intensidad óptima en la tonalidad, que permitió una mejora significativa en la uniformidad de la tintura y con ello, cumplir con los estándares de calidad esperados.
- **Ajustes de pH:** Al realizar la tintura con un rango de pH dentro de los parámetros aceptables (neutro o ligeramente alcalino), siguiendo las indicaciones del proveedor se observó un comportamiento estable en el proceso de agotamiento del colorante, en concordancia con las especificaciones que indica la casa comercial de Everdirect para maximizar la afinidad colorante-sustrato.
- **Curvas de tintura:** Al implementar una curva de tintura, la temperatura y el tiempo del proceso fueron controlados, dando como resultado procedimiento de tintura estandarizado, en el cual, se especificaron los tiempos de adición para cada elemento como los botones, el colorante y auxiliares, siendo esta fundamental para lograr los resultados que se esperaban, que es la mejora significativa del proceso.
- **El fijado:** El proceso de fijado fue clave en las muestras que se utilizaron a concentraciones de colorante del 1% hasta el 4%, para garantizar la resistencia del color frente a condiciones como el lavado industrial, resultando una tintura de alta calidad con una mayor uniformidad y durabilidad cumpliendo con los estándares del proceso optimizado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El estudio logró diseñar y establecer un proceso de tintura eficiente para los botones de tagua, considerando aspectos críticos como la dosificación adecuada de colorantes, el uso de auxiliares, y el control de variables como temperatura, tiempo y pH. Las pruebas realizadas demostraron que el proceso alcanzó resultados óptimos en términos de uniformidad e intensidad del color, lo que valida la calidad del teñido. Además, la implementación de una curva de tintura permitió optimizar el proceso, asegurando la minimización de errores durante el teñido en planta y laboratorio, alcanzando, tinturas homogéneas, eficiencia en el uso de materiales y la calidad del producto final.
- La optimización del proceso de teñido, conllevó a identificar varios factores clave para la funcionalidad del mismo, tales como el pH neutro o ligeramente alcalino para la tintura, las concentraciones de colorante, la adición de auxiliares, uno de los factores que se debe tomar muy en cuenta es la temperatura de agotamiento que bordea los 90°C en planta y los 98°C en laboratorio, la relación de baño implementada de 1:75 y la fijación del color en concentraciones de 1% a 4%, que en este caso se realizó en base a las indicaciones de la casa comercial del colorante para obtener un proceso óptimo de adhesión homogénea del colorante.
- La tintura de los botones de tagua siguiendo una curva de proceso y receta preestablecida, permiten desarrollar una gama de colores base como el Amarillo PG, Azul RBL 200% y Escarlata, facilitando la producción de la variabilidad de tonos. Este método ayudó a comprender el comportamiento del colorante aplicado en diferentes concentraciones en la superficie del botón de Tagua, así como también pudiendo obtener una buena tintura en planta, optimizando el proceso de absorción y fijación del colorante, así como también, la experimentación con diferentes concentraciones que van desde 0.01 hasta el 4%, proporciona una información clave sobre la intensidad y la transferencia del color hacia un sustrato textil.
- Las pruebas realizadas con el espectrofotómetro y las calificaciones obtenidas en la escala de grises de 4.5 corroboraron que hubo una transferencia de color mínima en la mayoría de las muestras analizadas, que fueron tinturadas en planta y en laboratorio, con excepción

de las muestras M_{31} y M_8, que fueron tinturadas en laboratorio, evidenciando que los ensayos de lavado aplicados indican que las recetas y curvas de tintura implementadas garantizan resultados consistentes, confirmando una mayor eficiencia en el consumo de materiales y en la calidad final del producto teñido, mostrando una mínima o ninguna transferencia del color hacia el testigo PAC 100% adaptado bajo la norma ISO 105 F06.

- En la prueba de solidez del color de los botones sometidos al proceso de lavado, se concluye que estos tienen una gran variación del color al ser sometidas a lavados industriales, teniendo resultados no favorables en la calificación de escala de grises con calificaciones de 1 hasta 3.5 en laboratorio y en planta con resultados de 3 con el proceso optimizado y calificaciones de entre 1 y 1.5 en el proceso artesanal actual.
- Los resultados de la prueba de transferencia del color en los botones evaluados evidencian que, tanto el laboratorio como en planta los resultados son favorables obteniendo calificaciones de entre 4,5 y 5 para el proceso optimizado utilizado en laboratorio y calificaciones 4,5 en el proceso utilizado en planta.

Recomendaciones

- Es importante continuar realizando pruebas de solidez del color ante a diferentes aspectos como la luz y frote, para evaluar el comportamiento de estos a los factores externos
- Para asegurar la estabilidad y reproducibilidad del proceso de teñido de botones de tagua, se recomienda tener un control riguroso del pH, asegurándose de mantener en el rango óptimo (neutro a ligeramente alcalino) para asegurar la afinidad tintórea del pigmento, así como también es importante controlar la temperatura (90°C) para que el pigmento reaccione de una forma adecuada.
- Al realizar la tintura de botones de Tagua se recomienda mantener en remojo los botones de 24 horas para que el colorante pueda adherirse de mejor forma en el botón y considerar nuevas formulaciones de concentración de colorante y auxiliares. Es importante realizar una investigación previa del material para asegurarse que el proceso tintóreo sea el adecuado con el fin de identificar la concentración óptima para cada tono.
- Se sugiere la realización de ensayos espectrofotométricos para poder identificar variaciones significativas en el proceso de tintura y de acuerdo con los resultados arrojados determinar si el proceso realizado garantiza uniformidad en los estándares de calidad requeridos.

- Se debe establecer protocolos detallados de cada etapa del teñido, para asegurar un seguimiento preciso de las condiciones óptimas identificadas, es importante el seguimiento continuo de cada uno de los procesos y subprocesos realizados para asegurarse de obtener los resultados esperados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. MONTENEGRO Y CIA. S.A.C. (2023). *Los colorantes directos y su aplicación*. https://www.montesac.com/los-colorantes-directos-y-su-aplicacion/

AATCC. (2024). *TM061-TM61-TM 61 Método de prueba para solidez del color al lavado: acelerado*. https://members.aatcc.org/store/tm61/495/

American Association of Textile Chemists and Colorists. (2024). *TM061-TM61-TM 61 Método de prueba para solidez del color al lavado: acelerado*. https://members.aatcc.org/store/tm61/495/

Antamba, J. (2017). Pre-blanqueo y tintura de poly-algodón en colores pasteles utilizando el sistema a la inversa. *Universidad Técnica del Norte*, 150. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7413

AQinstruments. (2024). *¿Conoce el Espacio de Color CIE L*A*B*?* 1-11.

Araujo, M. (2019). Estandarización del proceso de teñido de tela para optimizar la producción en el área de tintorería, en una empresa textil. San Juan de Lurigancho 2019. En *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Vol. 2020, Número 1).

Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Rivera, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). *La investigación científica*.

Artesanias de Colombia. (2018). Manual pata la tintura de fibras naturales(celulósicas y proteínicas) (curvas de procesos)con tintes industriales. *Ampliacion cobertura geografica y poblacional*.

Asamblea Nacional. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, *449*(Principios de la participación Art.), 67. http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf

Audaces. (2021). *How to overcome the challenges in the textile industry's supply chain*. https://audaces.com/en/blog/textile-industry-supply-chain

Aveno Technology Co., L. (2024). *AC16-Room Temperature Dyeing Machine*.

Blanco, A. del A. (2018). El marco legal desde tres miradas. En *Edición académica y difusión. Libro abierto en Iberoamérica*. https://doi.org/10.12804/th9789587841671.08

Botonelli. (2024). *Naturaleza Sostenible*. https://botonelli.com/

Botones Antiguos. (2017). *Botones de la nuez de Tagua. Marfil vegetal.* https://botonesantiguos.es/tag/boton-de-tagua/

Calidad Mabratex. (2022). *AATCC 61 Solidez Al Lavado Esp*. https://es.scribd.com/document/596298484/AATCC-61-Solidez-Al-Lavado-Esp

Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica. (2021). *Reglamento De Investigación De La Universidad Técnica Del Norte*. 1-21. https://legislacion.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2021/09/Reglamento-de-investigacion.pdf

Corporación química industrial Everlight. (2024). *Tintes directos*. https://everlight-ccbu.com/en/products/textile/direct-dyes/

Datacolor. (2024). *¿Qué es el CIELAB?* https://www.datacolor.com/es/business-solutions/blog/que-es-cielab/

DATAtab. (2025). *Prueba de normalidad*. https://datatab.es/tutorial/test-of-normality

Ecuadorblogstores. (2020). *Elaboracion de artesanias de tagua*. https://ecuadorstores.com/es/elaboracion-de-artesanias-de-tagua/

Egyptian engeneering agencies. (2024). *No Title*. https://eeaegypt.com/product/direct-dyes/

Everlight Chemical. (2014). *Tintes directos*. https://everlight-ccbu.com/en/products/textile/direct-dyes/

Fidel Eduardo Lockuán. (2012). *IV. La industria textil y su control de calidad* . https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/iv._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad/69

Filotextil. (2024). *Botones de origen vegetal*.

Flores, R. (2023). *Análisis de las propiedades térmicas conferidas tras la aplicación de pimienta"Piper Nigrum" sobre un tejido de punto algodón 100% por el método de agotamiento*.

Gómez, M. (2015). *La Tagua Como Material expresivo en el espacio interior*.

Google maps. (2024). *Félix Polivio Andrade*.

Huang, Z. (2016). *¿Qué son los Colorantes Dispersos?* https://es.linkedin.com/pulse/qué-son-los-colorantes-dispersos-zoe-huang

Instituto Textil Nacional. (2020). *Escala de grises*.

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 105-F06:2000*. https://www.iso.org/es/contents/data/standard/03/03/30382.html

James Heal. (2024). *GyroWash*.

Kapari. (2021). *Tenemos una de las palmas de Tagua más antiguas de Ecuador*.

Kiron, M. I. (2021). *Clasificación, Aplicación y Postratamiento de Tintes Directos*. https://textilelearner.net/direct-dye-classification/

La revista de la normalización española. (2023). *No Las normas garantizan la calidad y seguridad de los productos que se fabrican en el mundo textil*. https://revista.une.org/58/las-normas-garantizan-la-calidad-y-seguridad-de-los-producto.html

López, L. O. (2011). *Sistema de control de calidad para la microempresa comunitaria de procesamiento y elaboración de artesanías en tagua «Marfil vegetal» de la comuna dos mangas del cantón Santa Elena* (Número 7047).

Lozano, L. C. (2020). Principios físicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología Physicochemical principles of dyes used in microbiology. *Nova*, *18*, 73-100.

Lucidchart. (2024). *Qué es un diagrama de flujo*. https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo#:~:text=Un diagrama de flujo es,claros y fáciles de comprender.

Marcano, D. (2018). Introducción a la Química de los Colorantes. En *Colección Divulgación Científica y Tecnológica*. http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes listo %2Bisbn.pdf

Megatagua. (2024). *Botones de Tagua que Cruzan Fronteras*. https://megatagua.com/megatagua-botones-de-tagua-que-cruzan-fronteras/

Mollocana, L., & Suárez, M. (2009). *Diseño de un plan de mejora para incrementar la productividad y calidad de una empresa de bordados de tagua, con base en los requisitos de las normas ISO 9001-2000, caso de estudio de artetagua.*

Monge, J. (2019). *Talla y pintura de semillas de palma tagua por los emberá panameños*. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85149892001&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=70dc267ab0683bc475aba36596a9d9ff&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28TAGUA%29&sl=20&sessionSearchId=70dc267ab0683bc475aba36596a9d9ff&rellpos=10

Mora, E., Ramirez, E., Chuga, V., Lara, O., Pineda, C., & Mora, I. (2022). Influencia de la temperatura y tiempo en la resistencia de colorante artemisa (Ambrosia Peruviana) en hilo de Abacá. *Revista Biorrefinería*, *5*.

Oña, F. (2017). *Estudio del efecto de la incorporación de particulas provenientes de los residuos de tagua (Phytelephas aequatorialis) a una matriz de poloestireno*. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17024/1/CD-7605.pdf

Orellana, J. (2020). Estado del arte sobre la ocurrencia y riesgos de los colorantes en efluentes de fabricas textiles y su remocion a traves de fotocatalisis heterogenea. *Universidad de Cuenca*, 3-149.

OrozcoLab. (2024). *¿ Qué es un espectrofotómetro s y para que nos sirven ?* https://www.orozcolab.info/espectrofotometro-en-laboratorio-ambiental-exploramos-la-luz-y-la-materia

Pérez, J., Garcés, J., Villao, K., & Camacho, I. (2017). *Jorge Pérez, Juan Garcés, Karina Villao, Isabel Camacho. IV*.

Quimicolours S.A. (2024). *No Title*. https://www.quimicolours.com.ec/

Ruiz, D. (2021). *Estudio de prefactibilidadpara la creación de una empresa exportadora de artesanías a base de tagua de Ecuador a Alemania en el período 2019 – 2028. 7*(3), 6.

S.T.A BRANCA IDEALAIR. (2024). *Girowash 38*.

Sánchez, L. (2022). *Los secretos de la tagua y su origen ancestral*. https://revistamundodiners.com/mundo-diners-plus/secretos-de-tagua/

Truben. (2024). *Todo lo que deberías saber sobre los botones*. https://trubensl.com/blog/todo-lo-que-deberias-saber-sobre-los-botones-b36.html

Valencia, R., Montúfar, R., Navarrete, H., & Balslev, H. (2013). *Capítulo 13. Tagua. Phytelephas aequatorialis*.

Vaughn, A. (2022). *Solidez del color: la guía definitiva*. https://www.testextextile.com/es/color-fastness-the-ultimate-guide/

ANEXOS

Anexo 1

Ficha técnica Novafix

NOVAFIX TN CONC. Cód.FT0239876379

Carácter Iónico	: Catiónico.
Constitución	: Resina aminoplástica.

FUNCIONES Y CAMPOS DE EMPLEO	**NOVAFIX TN CONC.** es un fijador de colorantes directos y reactivos aplicados sobre fibras celulósicas. **NOVAFIX TN CONC.** mejora las solideces a las pruebas húmedas, sin afectar de una manera sensible las solideces a la luz.
CARACTERISTICAS	**Aspecto** : Líquido incoloro. **Densidad** : Aprox. 1.1 g/ml **pH** : 4.0 +/- 0.5 (Solución al 10%). **Solubilidad** : Miscible en agua en todas las proporciones. **Estabilidad** : Excelente en agua dura y en presencia de metales pesados. No es estable en medio alcalino. **Compatibilidad** : Compatible con productos Catiónicos y No Iónicos. **Disolución** : Verter en agua fría.
OBSERVACIONES	El empleo de **NOVAFIX TN CONC.** requiere bajas temperaturas de aplicación (40°C).

NOVAFIX TN CONC. Cód.FT0239876379

PROCESO	CAMPOS DE EMPLEO	CONDICIONES DE APLICACION
Fijado en tintura o en estampación.	Colorantes directos, reactivos y sulfurosos.	0.5 – 2.0% de **NOVAFIX TN CONC.** pH : 4.0 – 4.5 T : 40 - 50ºC t : 20 – 30 min.
VB: AJ02-1298/12.01 No .VERS:2		

La información aquí contenida se facilita a título de orientación y sin compromiso de nuestra parte. Recomendamos adaptarla a las condiciones de

Anexo 2

Ficha técnica del Marvacol ASC

COLORQUIMICA

MARVACOL ASC

Cód. FT 0239891359

Carácter Iónico : Aniónico.

Constitución : Compuesto a base de sal sódica de ácidos orgánicos de alto peso molecular.

FUNCIONES Y CAMPOS DE EMPLEO

MARVACOL ASC es un producto auxiliar de tintura con propiedades de coloide protector, dispersante y secuestrante de iones de calcio en tinturas con colorantes tinas, dispersos, directos, reactivos, sulfurosos, etc, que puede ser empleado en procesos por agotamiento o continua.

MARVACOL ASC previene deposiciones de colorantes sobre la fibra cuando estos se precipitan por formación de complejos insolubles o al verse disminuida la solubilidad a causa de la adición de electrólitos como soda cáustica, sal común, carbonato de sodio, sulfato de sodio, etc.

Anexo 3

Receta de tintura utilizada para Amarillo PG

ANÁLISIS Y DESARROLLOS EN LABORATORIO

Carrera de Textiles
Ingeniería

Analista:
Fecha:

R:B
Equipo:

Nro. 001

	Item	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Datos	Concentración	0.01%	0.05%	0.10%	0.25%	0.50%	1%	1.50%	2%	2.50%	3%	3.50%	4%
		Pmo Muestra (g)	2.29	2.72	2.61	2.72	2.45	2.56	2.62	2.63	2.67	2.54	2,62	2.45.
COLORANTES	a	Amarillo PG →gramos	0,00229	0,00136	0,00261	0,0068	0,0122	0,0256	0,0393	0,0526	0,0667	0,0762	0,0917	0,098
	b	→mL	0,022	0,14	026	0,68	1.23	2.56	3,93	5,26	6,08	7,62	9,17	9,80
	c													
	d													
	e													
	f													
AUXILIARES	g	Marvacol ASC →gramos	0,39	0,55	0,51	0,55	0,45	0,19	0,51	0,52	0,53	0,48	0,51	0,45
	h	→mL	0,17	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19	0,70	0,20	0,20	0,19	0,20	0,18
	i	SoHex →gramos.	0,39	0,55	0,51	0,55	0,45	0,49	0,51	0,52	0,53	0,48	0,51	0,45.
	j													
FIJADO	k.	Novofix						1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Anexo 4

Fotos de realización de pruebas de laboratorio

Fuente: La autora

Anexo 5

Mediciones y control de pH

Fuente: La autora

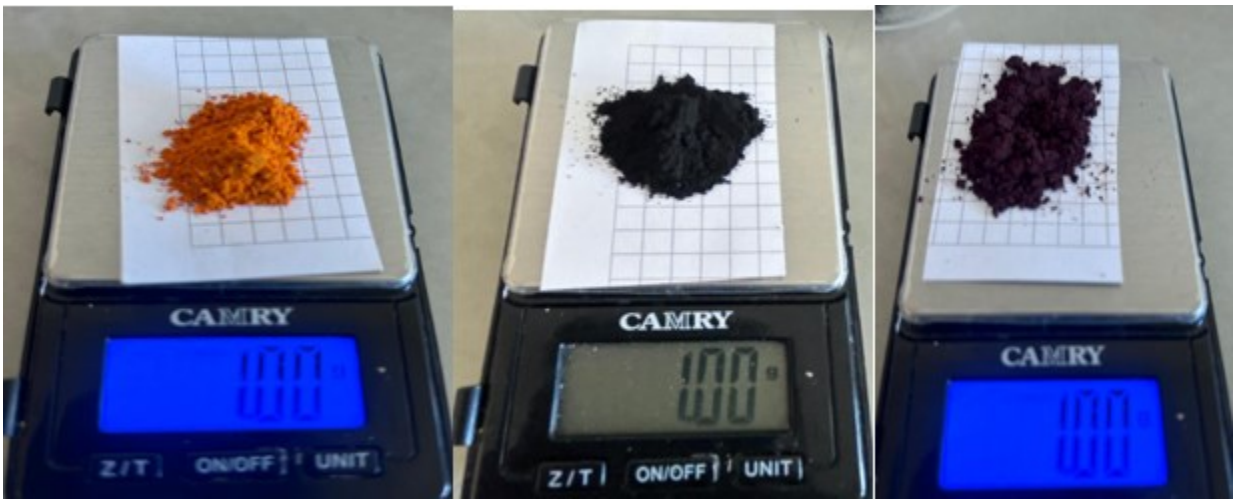
Anexo 6

Colorantes de la casa comercial Everdirect

Fuente: La autora

Anexo 7

Pesaje para preparación de soluciones



Fuente: La autora

Anexo 8

Preparación y tintura de los botones de tagua

Fuente: La autora

-Fotografías de planta

Anexo 9

Colorantes y auxiliares utilizados en planta

Fuente: La autora

Anexo 10

Balines oxidados

Nota: debido a la mala dosificación de álcali en la tintura artesanal no optimizada, provocó al oxidación de los balines de acero, en la imagen se observa los balines antes y después de ingresar al proceso de lavado en GyroWash.

Anexo 11

Tintura de los botones en el taller artesanal, aplicando la curva de tintura y recetas implementadas.