



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR MODALIDAD: PRESENCIAL

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE COLORANTE RESIDUAL EN
EL BAÑO DE POST TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS EN
UN TEJIDO JERSEY ALGODÓN 100%”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de **“INGENIERA TEXTIL”**

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

AUTOR (A): Maldonado Guerrero Melissa Susana

DIRECTOR: MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

Ibarra-2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica 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	100508675-4		
APELLIDOS Y NOMBRES	Maldonado Guerrero Melissa Susana		
DIRECCIÓN	Pinsaquí -Ilumán- Otavalo- Imbabura		
EMAIL	maldonadog@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	(06) 2 946 847	TELÉFONO MÓVIL	0986278801

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE COLORANTE RESIDUAL EN EL BAÑO DE POST TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS EN UN TEJIDO JERSEY ALGODÓN 100%”
AUTOR:	Maldonado Guerrero Melissa Susana
FECHA:	2023-10-16
PROGRAMA:	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA TEXTIL
DIRECTOR:	MSc. Omar Godoy

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se 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 se 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 18 días del mes de octubre del 2023.

Autor (a)

Firma: Melissa S Maldonado

Nombre: Maldonado Guerrero Melissa Susana

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 18 de octubre de 2023

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, 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.

(f).....

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Titulación “**ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE COLORANTE RESIDUAL EN EL BAÑO DE POST TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS EN UN TEJIDO JERSEY ALGODÓN 100%**” elaborado por **Maldonado Guerrero Melissa Susana**, previo a la obtención del título de **INGENIERA TEXTIL**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.

(f).....

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

(f).....

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C: 0400900452

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres Rafael Maldonado y Susana Guerrero quienes son mi mayor fortaleza, mi inspiración y mi motor para salir adelante.

A Dios por no dejarme caer en los peores momentos, por guiarme y llenarme de mucha fortaleza durante mi formación profesional.

También dedico este trabajo a todos mis hermanos quienes con su apoyo moral me han llenado de fuerzas para cumplir mis metas.

Melissa Maldonado

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen de Guadalupe por brindarme sabiduría y su bendición en todo momento.

A mis padres Rafael Maldonado, Susana Guerrero quienes me han enseñado que debemos luchar por nuestros sueños, a no rendirnos ante las adversidades, a que las palabras son el mejor apoyo que podemos recibir antes que el dinero, pero, sobre todo, me han enseñado a ser agradecida con la vida y que la situación económica no es un obstáculo para cumplir con nuestros propósitos.

A mis hermanos: Rodrigo, Narciza, Nancy, Martha, Diego, Ana, Jerson, Alex, Jonathan, y Andrés por estar conmigo en cada uno de mis logros, pero sobre todo en las derrotas.

Agradezco a mis madrinas Eva y Martha, quienes han estado pendientes de cada paso que doy para consolidarme como persona y como profesional.

A mis sobrinos quienes con su sonrisa y abrazo me llenan de alegría en los momentos más difíciles.

Un agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, en especial a la Carrera de Textiles por permitirme recibir conocimientos y compartir momentos de aprendizaje.

A todos los docentes de esta hermosa Carrera, que, con su amplia sabiduría, han impartido sus conocimientos; agradezco de manera especial al MSc. Omar Godoy quien con su paciencia y amplio conocimiento supo guiarme durante el desarrollo de esta investigación y a los docentes MSc. Fausto Qualoto y MSc. Valeria Chugá por el soporte brindado en la experimentación de esta investigación.

Melissa Maldonado

RESUMEN

Esta investigación ha tenido como fin primario, mostrar la diferencia del color de acuerdo con las coordenadas CIELAB y determinar la eficiencia tintórea de los colorantes reactivos Everzol en cuatro colores: Azul Marino ED, Negro ED-R, Rojo 3BS H/C y Azul Royal EF-R, cada uno a cuatro diferentes dosificaciones (0.5%, 1%, 2% y 3%), mismas que fueron seleccionadas tras la realización de ensayos preliminares.

En primera instancia, se recopiló toda información referente a los materiales a utilizar, poniendo énfasis en el tejido jersey algodón 100%, colorantes reactivos y auxiliares a emplearse por proceso de agotamiento.

Seguidamente, se realizaron pruebas iniciales que permitieron la formulación de la receta base, establecer la curva de procesos, todo esto con el fin de optimizar el teñido del sustrato textil algodón 100% y tomar muestras de las aguas residuales para su posterior medición de color en el espectrofotómetro por transmitancia.

Tras el proceso de teñido, se procede a la recolección del baño residual de los cuatro colorantes a las dosificaciones establecidas previamente, para realizar las mediciones del baño de pre y post tintura según parámetros de transmitancia, con el fin de obtener una base de datos de cada uno de los colorantes y establecer una relación entre el colorante agotado en la fibra y sus remanentes en el baño de tintura.

Finalmente, se pudo establecer que los valores de los colorantes con un mayor grado de agotamiento son: Everzol Rojo 3BS H/C en (0,5% - 36.30 ΔE_{cmc} , 1%-15,46 ΔE_{cmc} , 2%-11.66 ΔE_{cmc} y 3%-22.07 ΔE_{cmc}) y Everzol Azul Royal EF-R e: (0,5%-38.13 ΔE_{cmc} , 1%-49.41 ΔE_{cmc} , 2%-62.99 ΔE_{cmc} y 3%-18.34 ΔE_{cmc}).

Palabras claves: *Espectrofotómetro, coordenadas CIELAB, colorantes reactivos, kit de transmitancia.*

ABSTRACT

The primary objective of this research was to demonstrate the difference in color according to CIELAB coordinates and determine the dyeing efficiency of Everzol reactive dyes in four colors: Navy Blue ED, Black ED-R, Red 3BS H/C, and Royal Blue EF-R, each at four different concentrations (0.5%, 1%, 2%, and 3%). These concentrations were selected after conducting preliminary tests.

Initially, all information regarding the materials to be used was gathered, with emphasis on 100% cotton jersey fabric, reactive dyes, and auxiliary agents to be used in the exhaustion process. Subsequently, initial tests were conducted to formulate the base recipe and establish the process curve, all with the aim of optimizing the dyeing of the 100% cotton textile substrate and collecting samples of wastewater for subsequent color measurement using a spectrophotometer through transmittance.

After the dyeing process, residual bath collection was carried out for the four dyes at the previously established concentrations, to measure the pre- and post-dyeing baths based on transmittance parameters. This was done to obtain a database for each dye and establish a relationship between the dye exhausted in the fiber and its remnants in the dyeing bath.

Finally, it was determined that the dyes with the highest degree of exhaustion are Everzol Red 3BS H/C at (0.5% - 36.30 ΔE_{cmc} , 1% - 15.46 ΔE_{cmc} , 2% - 11.66 ΔE_{cmc} , and 3% - 22.07 ΔE_{cmc}) and Everzol Royal Blue EF-R at (0.5% - 38.13 ΔE_{cmc} , 1% - 49.41 ΔE_{cmc} , 2% - 62.99 ΔE_{cmc} , and 3% - 18.34 ΔE_{cmc}).

Keywords: CIELAB, reactive dyes, transmittance, spectrophotometer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESÚMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema	1
Antecedentes	2
Importancia del estudio	3
Objetivo general	4
Objetivo Especifico	4
Características del sitio del proyecto.....	5
CAPÍTULO I	6
1. ESTADO DEL ARTE	6
1.1 Estudios Previos	6
<i>1.1.1 Clasificación general de los colorantes</i>	6
<i>1.1.2 Eficiencia en el proceso de teñido con colorantes reactivos</i>	7
<i>1.1.3 Aguas Residuales en procesos de teñido por agotamiento</i>	8
1.2 Marco Legal	9
<i>1.2.1 Constitución de la República</i>	9
<i>1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte</i>	9
<i>1.2.3 Legislación ambiental nacional e internacional</i>	10
1.3 Marco Teórico	10

1.3.1	<i>Clasificación y fase de tintura de los colorantes reactivos</i>	10
1.3.2	<i>Teñido con colorantes Everzol</i>	11
1.3.3	<i>Fibras celulósicas (algodón)</i>	11
1.3.4	<i>Auxiliares para el proceso de teñido</i>	15
1.3.5	<i>Parámetros y procesos de teñido</i>	16
1.3.6	<i>Tratamientos posteriores al proceso de teñido</i>	17
1.3.7	<i>Medición del color por espectrofotometría</i>	18
CAPÍTULO II		19
2.	METODOLOGÍA	19
2.1	Enfoque de la Investigación	19
2.2	Método de investigación	19
2.2.1	<i>Método Descriptivo</i>	19
2.2.2	<i>Método Analítico</i>	20
2.2.3	<i>Método Experimental</i>	20
2.3	Técnicas de Investigación	20
2.3.1	<i>Investigación Documental</i>	20
2.3.2	<i>Investigación experimental</i>	21
2.4	Flujogramas	21
2.4.1	<i>Flujograma General</i>	21
2.4.2	<i>Flujograma Muestral</i>	22
2.5	Materiales y Equipos	23
2.5.1	<i>Materiales</i>	23
2.5.1.1	<i>Auxiliares</i>	24
2.5.2	<i>Equipos</i>	26
2.5.2.1	<i>Equipo de Tintura IR DYER</i>	26
2.5.2.2	<i>Espectrofotómetro por Transmitancia</i>	26
2.6	Norma Referencial	27
2.7	Procedimiento	28

2.7.1	<i>Calibración del equipo de transmitancia</i>	28
2.7.2	<i>Proceso de Tintura</i>	31
2.7.3	<i>Medición de aguas residuales – Transmitancia</i>	34
CAPÍTULO III		35
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
3.1	Resultados	35
3.1.1	<i>Tabla de medición pre-tintura</i>	35
3.1.2	<i>Tablas de medición post – tintura por transmitancia</i>	37
3.1.3	<i>Tabla Consolidada de Resultados</i>	40
3.2	Análisis de Confiabilidad	42
3.2.1	<i>Normalidad</i>	42
3.2.2	<i>Varianza</i>	43
3.3	Interpretación	44
3.3.1	<i>Gráficos Estadísticos</i>	44
CAPÍTULO IV		49
CONCLUSIONES		49
RECOMENDACIONES		51
ANEXOS		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los colorantes reactivos	10
Tabla 2	Composición del algodón.....	12
Tabla 3	Finura del algodón.....	12
Tabla 4	Longitud de algodón.....	13
Tabla 5	Resistencia del algodón.....	14
Tabla 6	Propiedades químicas del algodón	15
Tabla 7	Procesos posteriores al teñido	17
Tabla 8	Caracterización del tejido.....	23
Tabla 9	Colorantes Everzol	24
Tabla 10	Dosificaciones de auxiliares.....	25
Tabla 11	Medición del color	36
Tabla 12	Resultados del color medido	36
Tabla 13	Resultado del colorante Rojo 3BS H/C.....	37
Tabla 14	Medición del colorante Azul Royal EF-R.....	37
Tabla 15	Escala Delta E	38
Tabla 16	Medición del colorante Everzol Azul Marín ED	39
Tabla 17	Valores obtenidos del colorante Negro ED-R.....	39
Tabla 18	Colorante Rojo 3BS H/C.....	40
Tabla 19	Medición del Colorante Azul Royal EF-R.....	40
Tabla 20	Resultados consolidados	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del laboratorio CTEX	5
Figura 2	Enlace covalente	8
Figura 3	Tejido de punto - Ligamento Jersey	15
Figura 4	Flujograma General de procesos	21
Figura 5	Procesos y subprocesos del ensayo.....	22
Figura 6	Sal Textil para tintura	24
Figura 7	Álcali.....	25
Figura 8	Equipo de transmitancia	27
Figura 9	Espacio CIELAB	28
Figura 10	Cubierta del espectrofotómetro.....	29
Figura 11	Porta Muestras	29
Figura 12	Cubeta en el soporte de la cubeta	30
Figura 13	Calibración de transmisión	30
Figura 14	Caracterización del tejido	31
Figura 16	Curva de procesos.....	33
Figura 17	Muestras de colorantes residuales	33
Figura 18	Normalidad de Datos	42
Figura 19	Varianza de resultados.....	43
Figura 20	Coefficiente de Variación	44
Figura 21	Everzol Azul Marino ED-Matrix Plot	45
Figura 22	Negro ED-R-Matrix Plot	45
Figura 23	Rojo 3BS H/C-Matrix Plot	46
Figura 24	Azul Royal EF-R- Matrix Plot.....	47
Figura 25	Gráfico de resultados-Matrix Plot	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de laboratorio.....	59
Anexo 2 Curva de procesos Catalogo Everzol.....	60
Anexo 3 Dosificaciones de Auxiliares.....	60
Anexo 4 Ficha Técnica Marvacol ATP HSP	61
Anexo 5 Proceso de Tintura y Medición de aguas residuales.....	62

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

El uso de las fibras celulósicas posee un incremento periódico a causa de las grandes características que tienen dentro de la industria textil. Por ende, la demanda de los colorantes reactivos para el algodón también han aumentado, y de los cuales se puede obtener tonalidades brillantes, con buenas propiedades a la solidez en húmedo y diversas gamas de utilización (Tirira, 2017).

Los colorantes reactivos poseen varias propiedades como una excelente solidez a los tratamientos húmedos a temperaturas elevadas de 60 a 90 °C, esto gracias a los enlaces covalentes que forma con la fibra celulósica, estos colorantes cuentan con un alto brillo, esto se debe al bajo peso molecular que tienen, los teñidos son igualados, debido al tamaño molecular y a su elevado coeficiente de difusión en la fibra, además poseen una baja solidez a los tratamientos oxidantes (Solé, 2016).

El teñido es el proceso textil que normalmente genera efluentes, debido a que se requiere el uso de varios auxiliares para el teñido, dependiendo del tipo de colorante que se emplea y la composición de la tela. Las aguas residuales del sector textil han llegado a ser un problema que, inclusive supera al de las aguas domésticas. Los diversos procesos en húmedo y específicamente en la tintura, el sustrato textil al entrar en contacto con una dispersión o disolución de colorante suele absorberlo y retenerlo en menor o mayor cantidad (Esparza, 2016). La industria textil se limita a medir el color en el sustrato teñido mas no en el baño residual, es la razón por la que se plantea realizar este estudio con el fin de medir cuantitativamente la cantidad de colorante EVERZOL no agotado, en el baño de post tintura de manera que permita a controlar los porcentajes presentes en las aguas residuales.

A lo largo de los años la industria textil ha sido catalogada como una de las principales fuentes de contaminación, dado que la cantidad de colorante agotado no da la certeza de la eficiencia de este, al igual que la cantidad de auxiliares presentes en el baño de post tintura podría verse influenciada por el colorante residual.

Antecedentes

Una de las más importantes industrias del Ecuador es el sector textil, pero, es una de las que mayor consumo de agua requiere y por ende las aguas residuales que se generan contienen un gran número de contaminantes de diferente naturaleza. Los contaminantes que se destacan son: auxiliares y colorantes; mismos que otorgan solidez del color en el sustrato textil, también permite la degradación microbiana, razón por la cual se tornan difíciles de eliminar en las plantas de tratamiento convencionales (Martínez Adriana, Olivares Claudia, Lozada Adelfo, n.d.).

El consumo de agua en la industria textil va entre 5 al 20% a nivel mundial, generando gran parte de la contaminación de las aguas, el tema ambiental permitió un crecimiento de varios movimientos que llevo a la industria a disminuir la cantidad de efluentes residuales que produce y se vierten sin ser tratadas antes de su eliminación. Por ello el tratamiento adecuado de aguas se ha convertido un potencial recurso para su uso o reciclaje, en una posibilidad de beneficiar a la industria financiera y económicamente (Brañez Sánchez, 2018).

En investigaciones anteriores se ha determinado que las principales ventajas del uso de los colorantes Everzol son: buen rendimiento de color con buena fijación, requieren menor cantidad de tinte y auxiliares que los tintes convencionales, requieren menos lavados, menos residuos, ahorro de agua y energía, excelente agotamiento, versatilidad y compatibilidad con todo el Everzol rango y reproducibilidad. El proceso de teñido se realiza a 60°C. Las pruebas

comparativas con otros tintes mostraron que el uso de tintes podía reducirse en aproximadamente un 50 %, ahorrando costes y beneficiando al medio ambiente (Textil, 2004).

La presente investigación está basada en realizar ensayos espectrofotométricos por transmitancia con la finalidad de determinar cuantitativamente el porcentaje de colorante residual presente en el baño de post tintura, debido a que la industria textil se limita a medir el color en el sustrato teñido más no en el baño residual.

Importancia del estudio

Los productos textiles se basan en una serie de operaciones unitarias que emplean diferentes materias primas como fibras celulósicas, de animales, y de fibras sintéticas al igual que se requieren de pigmentos o colorantes para darle un valor agregado al producto, es decir generar distintas tonalidades al sustrato textil. Una de las grandes desventajas de la utilización de colorantes es la creación de efluentes líquidos que son productos finales luego del teñido, y en el cual se genera la eliminación de grandes contaminantes como: sales inorgánicas, almidón, peróxidos, EDTA, tensoactivos, enzimas, surfactantes, colorantes, metales y distintos compuestos orgánicos de estructuras variadas (Arias Pablo, Proal José, Chaires Isaías, 2018).

Actualmente la utilización de diferentes colorantes en la industria textil se desglosa en dos distintos grupos: pigmentos y colorantes, donde los colorantes presentan grandes propiedades como: solubilidad en agua, pueden otorgar color a una fibra, sustrato, prendas, sin ser perjudicados por varios factores ambientales como: luz, temperatura y compuestos como es el jabón. Anteriormente los colorantes eran el resultado diferentes plantas e insectos, este procedimiento casero fue transmitido de generación en generación. Años más tarde la civilización fue evolucionando en la manera de realizar el proceso de teñido razón por la cual se ha ido ubicado como uno de los sectores más relevantes (Arias Pablo, Proal José, Chaires Isaías, 2018).

El consumo de fibras en los últimos años ha ido en aumento por lo que presenta propiedades excelentes en la industria textil, teniendo como consecuencia la subida en ventas. En lo que respecta a los colorantes reactivos que se emplea para el tintura de las fibras celulósicas, estos colorantes poseen propiedades excelentes razón por la cual su gama de aplicaciones es amplia (Tirira, 2017).

Según Wang (2015) da a conocer que, “el departamento de investigación de Everlight Chemical Industrial Corporation ha desarrollado nuevos colorantes reactivos con alta solidez satisfaciendo las necesidades del mercado, en este grupo están los colorantes Everzol, de sulfona de vinilo y vinilsulfona con base de monoclorotriazina”.

Objetivo general

- Analizar la cantidad de colorante residual en el baño de post tintura con colorantes reactivos en un tejido Jersey Algodón 100%.

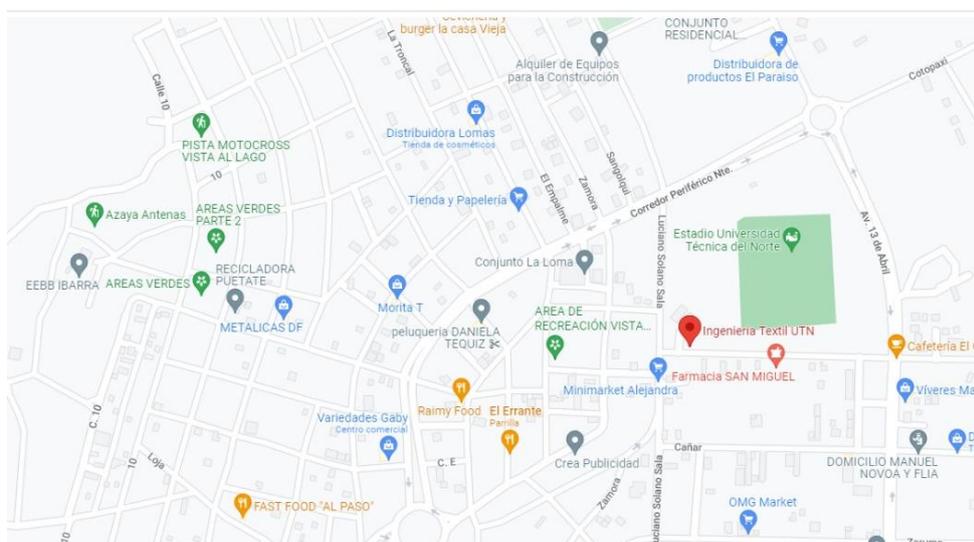
Objetivo Especifico

- Desarrollar recetas de tintura en función del sustrato textil, proceso y colorante reactivo tipo Everzol.
- Realizar el proceso de teñido variando diferentes parámetros con el fin de obtener muestras tinturadas y las respectivas aguas residuales.
- Someter a ensayos espectrofotométricos por transmitancia mediante el equipo de laboratorio para obtener una base de datos de la cantidad de colorante presente en las aguas residuales de los diferentes procesos.
- Analizar cuantitativamente la cantidad de colorante residual en el baño tras el proceso de teñido y la eficiencia tintórea del mismo haciendo uso de herramientas estadísticas.

Características del sitio del proyecto

El trabajo investigativo se desarrolló en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra-Imbabura sector de Azaya en las calles Morona Santiago y Luciano Solano. Ver **(Figura 1)**

Figura 1
Ubicación del laboratorio CTEX



Nota: Se muestra la ubicación de la Carrera de Ingeniería Textil UTN Fuente: (Maps, 2023)

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 Estudios Previos

1.1.1 Clasificación general de los colorantes

La fibra de algodón puede teñirse utilizando diferentes colorantes los cuales se presentan a continuación:

- **Colorantes Directos**

Estos colorantes poseen gran sustantividad o afinidad por las fibras de origen celulósico, las cuales se tinturan de forma directa, algunos colorantes directos pueden mejorar las solidez húmedas mediante los tratamientos posteriores, poseen buena solubilidad en agua, algunos requieren disolverse con auxiliares como: del carbonato sódico permitiendo así el aumento de la solubilidad con el número de grupos sulfónicos, temperatura y estos se minimizan con aumento de su peso molecular (Novasyn, 2017).

- **Colorantes A La Cuba**

Estos colorantes no tienen afinidad inicial con el algodón, por ende es necesario que estos sufran una alteración química es decir sean reducidos para que logren ser solubles en agua y que sean dispuestos al ser absorbidos y se difundan en la fibra, estos colorantes a diferencia de los colorantes reactivos poseen buena solidez al lavado (Cotton, 2022).

- **Colorantes Sulfurosos**

Estos colorantes son una clase de compuestos teñidos con macromoléculas, que son insolubles en agua, estos son el resultado del tratamiento de aminas aromáticas, fenoles y aminofenoles con azufre y/o polisulfuro sódico, con estos colorantes se puede realizar un proceso de teñido a las fibras celulósicas como el algodón, además pueden ser aplicados mediante el leuco (blancos) (Pérez-Folch et al., 2006).

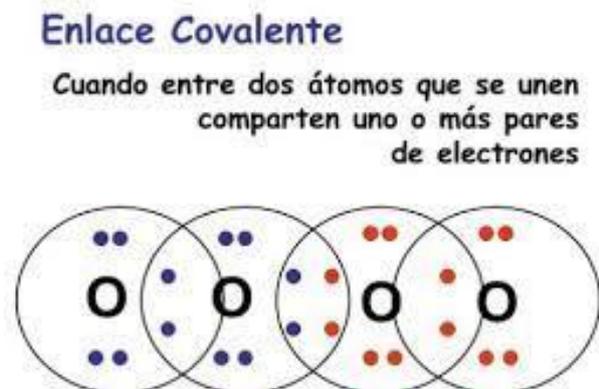
- **Colorantes Reactivos**

Estos colorantes se pueden encontrar en forma de polvos solubles en agua, se aplican en fibras de algodón en cualquier forma que esté se encuentre además puede utilizar el equipo que sea para su teñido. Estos colorantes forman enlaces covalentes con la celulosa mismos que requieren de un pH alcalino y temperaturas que van de 20 °C a 100 °C que ayudan y asegura la solidez del lavado de las tinturas. Los colorantes reactivos son muy brillantes, fácil aplicación, su costo es bajo, buena afinidad con la fibra, su grado de solidez es muy amplio, poseen baja y alta reactividad que se emplean a bajas y altas temperaturas (Yépez, 2012).

1.1.2 Eficiencia en el proceso de teñido con colorantes reactivos

Los colorantes reactivos tienen una capacidad de reaccionar con la fibra, mismo que permite la fijación del color de forma más sólida Ver (**Figura 2**).

Figura 2
Enlace covalente



Nota: Se representa la interacción del enlace covalente.

Fuente: (Solé, 2017)

Estos colorantes obtienen enlaces covalentes entre la fibra y el colorante por tal razón las tinturas realizadas poseen buena solidez al tratamiento en húmedo a diferencia de los colorantes directos. La eficiencia del colorante reactivo está relacionado a la velocidad de fijación o la velocidad de hidrólisis, además de ello posee diversos factores como: la reactividad del colorante, afinidad con la fibra en un medio neutro, temperatura y la relación de baño permite una mayor fijación (Solé, 2016).

1.1.3 Aguas Residuales en procesos de teñido por agotamiento

La tintorería requiere de una gran utilización del agua dentro de todos los procesos que conforman el sector textil. Los sustratos textiles pueden ser teñidos de varias formas eso va depender del equipo disponible en la empresa textil, uno de los procesos que más se presenta en la industria textil es el teñido por agotamiento, en el cual, el colorante es agotado en el baño de tintura, esto quiere decir que el colorante se transfiere del baño de tintura hacia la fibra textil, las aguas residuales además del proceso de tintura también provienen luego, es decir en

tratamientos posteriores a la tintura como: enjuague, suavizado, neutralizado son algunos procesos que genera aguas residuales en grandes cantidades (Bolaños Avalos, 2010).

El uso del agua a grandes cantidades puede llegar a originar el deterioro de su calidad, la cual es provocada por el accionar del mismo ser humano ya sea en el proceso de uso, contaminación y vertido, provocando así gran preocupación en el ámbito ambiental. Se consideran aguas residuales a las que tienen origen en las distintas actividades realizadas por el ser humano, ya que la utilización del agua es masiva y tiene como consecuencia una mayor contaminación, por tal razón es importante crear conciencia y planes ambientales para que se lleve a cabo tratamiento antes de su vertido o reutilización (Vilaseca Vallvé, 2015).

1.2 Marco Legal

1.2.1 Constitución de la República

Art. 350.- El Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación promoción, desarrollo y difusión de los saberes y culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos de régimen de desarrollo (Martínez et al., 2011).

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Esta investigación se basa en las siguientes líneas de investigación:

- Producción Industrial y Tecnología Sustentable.
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico (Universidad Técnica del Norte, 2022)-

1.2.3 Legislación ambiental nacional e internacional

En base al Congreso Nacional del Ecuador (2004), de La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en su Capítulo II de la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas menciona lo siguiente:

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y Ambiente, según el caso, ejecutan los proyectos en base a normas técnicas y de regulaciones para otorgar la autorización de las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que debe presentar el cuerpo receptor. (pp. 2, 4)

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley. (pp. 2, 4)

1.3 Marco Teórico

1.3.1 Clasificación y fase de tintura de los colorantes reactivos

Según Solé (2017) menciona que los colorantes reactivos se dividen en tres grupos:

Tabla 1
Clasificación de los colorantes reactivos

GRUPO	° C	REACTIVIDAD	SUSTANTIVIDAD
A	30- 50 (Fríos)	Alta	Media
B	60 (Tibios)	Media	Media
C	70-90 (Calientes)	Baja	Alta

Fuente: Adaptado de: (Solé, 2017)

FASE DE TINTURA DE LOS COLORANTES REACTIVOS

De acuerdo con Mandan, 1979 citado por Yépez (2012) el proceso de tintura con colorantes reactivos abarca las siguientes fases:

- a) Migración de las moléculas del colorante hacia la fibra.
- b) Absorción, inserción de las moléculas del colorante al entrar en contacto con la fibra.
- c) Difusión de las moléculas del colorante a la microestructura de la fibra.
- d) Reacción, se presenta entre las moléculas del colorante, los grupos hidroxilo de la celulosa y el agua en condiciones alcalinas.
- e) Eliminación del colorante hidrolizado.

1.3.2 Teñido con colorantes Everzol

Los colorantes Everzol son colorantes reactivos de vinilsulfona y de monoclorotriazina dando lugar a una combinación de estos colorantes reactivos para establecer la hidrólisis ácida, la solidez del sustrato teñido es excelente a lo largo del año. Luego de completar el teñido, la sustentividad de los tintes hidrolizados es notablemente baja, esto conlleva a obtener excelentes propiedades de lavado para tintes no fijados. Los colorantes Everzol poseen un amplio rango idóneo de temperatura de teñido y son altamente reproducibles en el teñido por agotamiento. También, el mejoramiento de la estabilidad alcalina en el teñido continuo, estos colorantes poseen excelentes propiedades generales de solidez en húmedo (Wang, 2012).

1.3.3 Fibras celulósicas (algodón)

La fibra de algodón es empleada para realizar diferentes telas que se caracterizan por la suavidad e impermeabilidad que presentan. El cultivo de esta fibra tiene un valor muy significativo porque al procesarla pierde hasta un 10% de su peso. El algodón adquiere propiedades especiales como la resistencia, durabilidad y absorción por tal motivo es la más

adquirida para fines comerciales, esta fibra posee un color blanco, amarillo pálido e inclusive un color ligeramente rojizo (Jordán & Gallegos, 2009).

- **Composición**

En la siguiente tabla se describe la composición que posee el algodón:

Tabla 2
Composición del algodón

Materia	Rango %
Celulosa	80 - 90
Agua	6 - 8
Ceras y grasas	0,5 - 1
Proteínas	0 - 1,5
Pectinas	4 - 6
Cenizas	1 - 1,8

Fuente: (Vega, 2019)

- **Propiedades Físicas y químicas**

Estas propiedades permiten que el algodón pueda convertirse en una fibra textil útil para la fabricación de telas, hilos y diferentes artículos textiles.

Dentro de las propiedades físicas se encuentra las siguientes:

- **Finura**

La unidad de medida es el micronaire que define el diámetro que presenta la fibra y esto permite definir su uso final.

Tabla 3
Finura del algodón

Micronaire	Descripción
< 3	Extrafina
3 a 3,6	Fina

Micronaire	Descripción
3,7 a 4,7	Promedio
4,8 a 5,8	Áspera
> 5,5	Muy Áspera

Fuente: (Jordán & Gallegos, 2009)

- Longitud de fibra

El algodón se lo puede encontrar en diferentes longitudes (**Tabla 4**), esto va a depender de los factores genéticos que presente, la clase a la que pertenezca, cultivo y procedencia donde, la fibra de algodón que mayor longitud contenga será de mejor calidad y será destinado para la elaboración de hilos peinados (Vega, 2019).

Tabla 4
Longitud de algodón

Fibra de algodón	Longitud μm
Fibra muy corta	< 19
Fibra corta	20.6 – 23.8
Fibra media	23.8 – 28.6
Fibra larga	28.6 – 35
Fibra extralarga	> 35

Fuente: (Vega, 2019)

- Resistencia

La resistencia es expresada en gramos-fuerza/tex (**Tabla 5**), donde está es requerida para la obtención de rotura de fibras. Siendo así las fibras más gruesas son las que resisten más

al igual que hilos con fibras finas porque éstas poseen un número de secciones mayor según Juma, 2013 como lo cita (Tirira, 2017).

Tabla 5
Resistencia del algodón

Grado De Resistencia	Resistencia De HVI (gramos -fuerza/tex)
Muy resistente	31 y +
Resistente	29 - 30
Promedio	26 - 28
Intermedio	24 - 25
Débil	23 y -

Fuente: Adaptado de (Tirira, 2017)

- Elongación

Capacidad que presenta la fibra para estirarse hasta llegar a un punto determinado de rotura, donde el promedio varía entre 3 y 7 % de acuerdo con Juma, 2013 como se citó en (Tirira, 2017).

- Higroscopicidad

Es la capacidad que tiene las fibras de absorber agua, su porcentaje de retención de humedad va de 7 a 8.5 % a condiciones estándar de 21 °C de temperatura y 65% humedad relativa de acuerdo con Juma, 2013 como lo cita (Tirira, 2017).

- Color

La fibra del algodón se presenta en una tonalidad blanca e inclusive hasta un crema, además se puede obtener algodón de color café, canela y verde esto mediante siembras selectivas (Peñañiel, 2011).

Tabla 6
Propiedades químicas del algodón

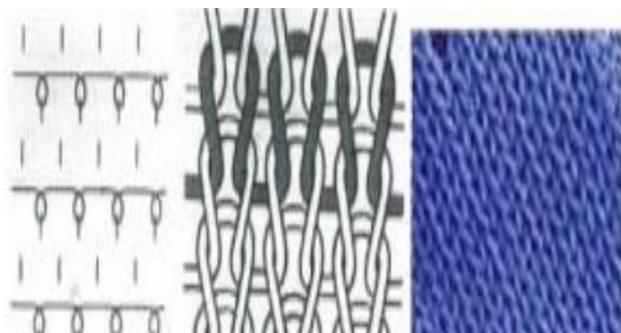
CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN	
ALGODÓN	Resistente a tratamientos con álcalis y ácidos
	Resistente a la luz solar
	Baja resistencia al ácido sulfúrico concentrado en frío
	Resistente a tratamientos de alta temperatura
	pH óptimo de 7 a 11
	Resistente a solventes orgánicos

Fuente: (Vaca, 2012)

- Tejido Jersey

Es el ligamento básico y sencillo en tejidos de punto, es la base de todos los tejidos de una sola cara (Gabriela & Recalde, 2019).

Figura 3
Tejido de punto - Ligamento Jersey



Fuente: (Gabriela & Recalde, 2019).

1.3.4 Auxiliares para el proceso de teñido

En el teñido de los géneros textiles se emplean químicos, colorantes entre otros productos que se le conoce como auxiliares de proceso de teñido. Estos juegan un papel fundamental debido a que ayudan a formar un grupo diferente de compuestos químicos, por lo general son tensoactivos, polímeros y oligómeros que poseen solubilidad en agua, compuestos inorgánicos y agentes solubilizantes (Quiminet, 2006). Así se tiene:

- Agentes protectores por la reducción por color

- Agentes hidro trópicos y solubilizantes del color
- Agentes humectantes
- Dispersantes y coloides de protección
- Agentes de nivelación
- Reguladores de pH
- Aceleradores del teñido (Quiminet, 2006).

Los auxiliares de teñido son productos químicos de aplicación textil para tinturar todo género textil. Los agentes de teñido juegan un papel importancia para la impresión textil y demás auxiliar que se involucran en la tintura. Dentro de lo auxiliares de teñido tenemos para las diferentes fibras como son: algodón, lana, poliéster, nylon entre otros (Connie, 2023).

1.3.5 Parámetros y procesos de teñido

Dentro del proceso de teñido se debe tener en cuenta algunos parámetros, debido a que se puede llevar a cabo en diferentes etapas que abarcan los procesos textiles, en distintos sustratos textiles como son: fibras, hilos, telas y prendas. Cuando la tintura del género textil se realiza en las primeras etapas del proceso como puede ser en fibras sueltas antes de que estas lleguen a la hilandería se puede lograr una mejor solidez del color en los diferentes procesos estos ya pueden ser húmedos o secos. (Abel Niels Escobar Saraice, 2012).

Los equipos industriales que se emplean para teñir son utilizados de acuerdo con el material a procesar, pero se debe tener en cuenta las especificaciones fundamentales que lo requieren, siendo así:

- Protección del sustrato textil
- Repetitividad de los resultados

- Costo de los procesos que esto va a depender del tiempo requerido para el teñido, automatización de la máquina, la relación de baño, el costo de receta y los tratamientos de aguas residuales.

Además, se debe tomar en cuenta algunos parámetros para poder realizar diferentes métodos de teñido como son:

- Disolver o dispersar el colorante en agua y filtrar.
- Verificar que exista un contacto homogéneo entre el baño de teñido y la fibra.
- Hacer que el colorante penetre en la fibra en su totalidad.
- Fijar el colorante en la fibra.
- Realizar un lavado final (Abel Nields Escobar Saraice, 2012).

1.3.6 Tratamientos posteriores al proceso de teñido

Los tratamientos posteriores después del proceso de teñido se lo realizan con el objetivo de brindar características color y otorgar la solidez del color que se desee; es importante eliminar el colorante no fijado en el sustrato con el fin de mejorar la solidez al lavado en seco, húmedo y luz, utilizar productos químicos complementarios para remover excedentes de colorante y auxiliares (Calidad, 2021).

A continuación, en la **Tabla 7**, se detallan los tratamientos posteriores al teñido:

Tabla 7
Procesos posteriores al teñido

Baño	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Función
1	30-50	10-15	Enjuague en frío o enjuague por rebose
2	30-50	10-15	Neutralizado
3	60-70	10-15	Enjuague tibio

Baño	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Función
4	80-98	10-15	Enjuague caliente
5	98	10-15	Enjabonado
6	60-70	10-15	Enjuague tibio
7	30-50	10-15	Enjuague en frío

Fuente: Adaptado de (Wang, 2012)

1.3.7 Medición del color por espectrofotometría

La medición del color se lo realiza mediante la medición física de la luz transmitida, radiada o reflejada por medio de un espécimen que presente condiciones específicas que se pueda transformar a términos colorimétricos estandarizados según el medio en el que se encuentre. Los términos tienen que presentar correlaciones con visualizaciones de colores que se encuentran relacionado uno del otro (Puente, 2012). Donde cada color presente una propia apariencia que se basa en tres elementos fundamentales como: Matiz, Luminosidad (valor) y Cromo (Saturación), dado que al describir un color que presente estos tres atributos esenciales se lo identifica con precisión un color específico y este se distingue del otro.

Dado que los espectrofotómetros permiten medir y así cuantificar el color en una variedad de determinadas superficies, donde la curva de reflectancia espectral que es proporcionada por el equipo se la determina como huella digital del color (Pantone, 2023).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se detallan los materiales y métodos a emplearse durante el desarrollo de la investigación, misma que complementan los ensayos a realizarse con la explicación necesaria del contenido que se presenta a continuación:

2.1 Enfoque de la Investigación

Esta investigación tiene como finalidad determinar de manera cuantitativa la cantidad de colorante residual presente en el baño de post tintura, y así verificar la eficiencia tintórea de los colorantes reactivos a utilizar, siguiendo el procedimiento necesario. Para determinar valores numéricos, y hacer uso de herramientas estadísticas que ayuden a interpretar los datos obtenidos de las muestras a utilizar en la investigación, permitiendo así óptimos resultados que ayude a cumplir con cada uno de los objetivos planteados (Guanabara, 2017).

2.2 Método de investigación

Los métodos más importantes para utilizar dentro de la investigación se desglosan en: descriptivo, analítico y experimental, y tienen como fin, obtener resultados confiables y veraces.

2.2.1 Método Descriptivo

En el ensayo por transmitancia a realizar sobre el colorante residual presente en el baño de post tintura, este método hace referencia a un conocimiento inicial de la realidad que se puede identificar de manera directa, donde se puede interpretar de manera numérica y/o gráfica los resultados de forma detallada y exhaustiva la realidad que se estudia (Luis, 2014).

2.2.2 Método Analítico

El método consiste en la separación de una población, es decir descomponiendo en elementos y partes que permitan identificar las causas, los efectos y la naturaleza, con ello se puede realizar una observación y un examen de un hecho en particular en este caso buscar la cantidad real del colorante hidrolizado en un baño de post tintura para estudiar y comprender los efectos que este puede provocar ya sea en costos y eficiencia tintórea (Giménez, 2021).

2.2.3 Método Experimental

Este método tiene un enfoque en donde el investigador maneja una o varias variables de la investigación, con esto llevar un control del aumento o la reducción de estas, es decir los métodos experimentales permiten obtener resultados sobre los objetivos planteados en base al tema de investigación, juntamente con el equipo necesario para realizar los ensayos respectivos. Esto se elabora en condiciones netamente verificadas con la finalidad de determinar la eficiencia tintórea de los colorantes reactivos Everzol (Morillo, 2012).

2.3 Técnicas de Investigación

Son importantes para la buena organización y un control adecuado de datos, entre las más importantes se encuentran documental y experimental:

2.3.1 Investigación Documental

El objetivo principal es explicar los aspectos esenciales de la planificación de una investigación sobre temas académicos, científicos o sociales. Es un proceso consistente de recolección, investigación, estudio e interpretación de información o datos de acuerdo al tema estudiado (Rizo Maradiaga, 2015).

2.3.2 Investigación experimental

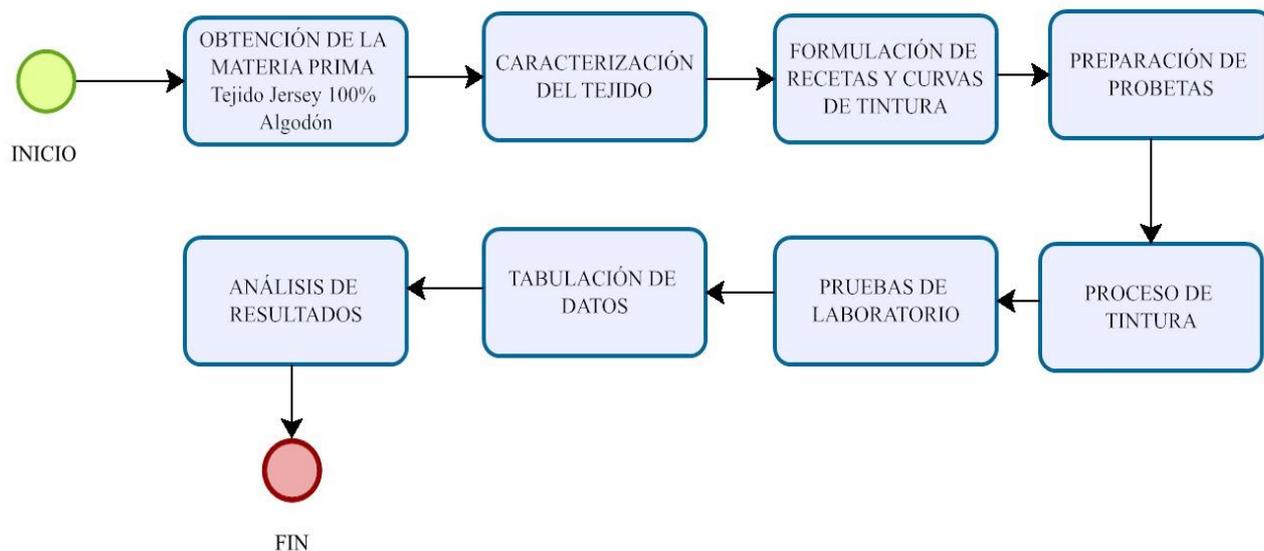
Esta investigación está basada en la manipulación de variables para determinar las relaciones de causa–efecto, es decir, la variable independiente (causa) se manipula en un experimento y se mide la variable dependiente (producto). Las principales propiedades fundamentales son los procedimientos controlados y la asignación al azar de los integrantes en grupos controlados y experimentales. Además, facilita la recolección de datos más relevantes que permitan mejores resultados (Mcleod, 2023).

2.4 Flujogramas

2.4.1 Flujograma General

En la **Figura 4**, se puede examinar de forma minuciosa el proceso global que parte desde la materia prima, proceso de teñido, ensayos en laboratorio y finalmente, al análisis de resultados.

Figura 4
Flujograma General de procesos

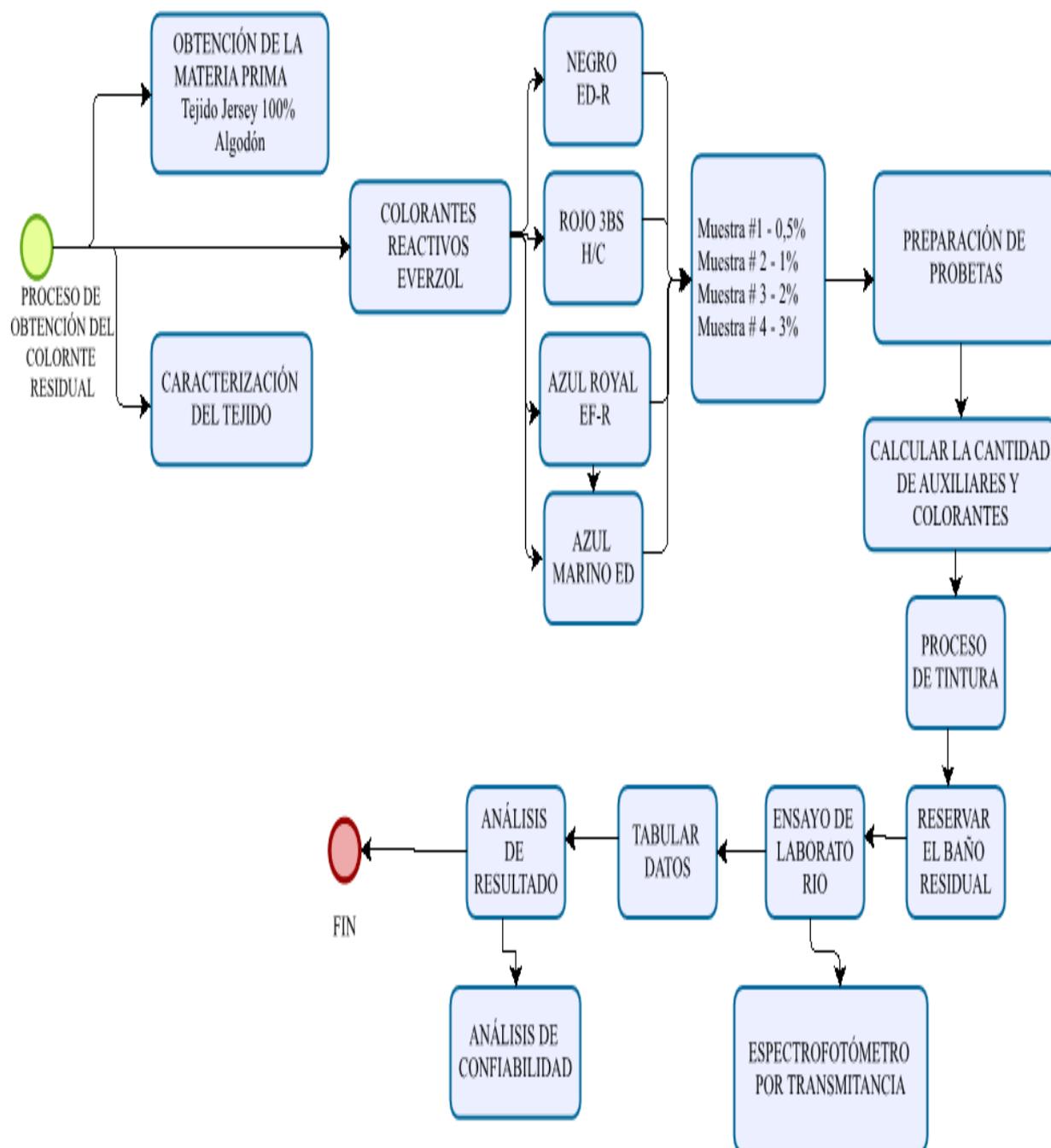


Fuente: Propia

2.4.2 Flujograma Muestral

En la **Figura 5**, se indica paso a paso el procedimiento realizado para la obtención del colorante residual.

Figura 5
Procesos y subprocesos del ensayo



Fuente: Propia

2.5 Materiales y Equipos

2.5.1 Materiales

- Caracterización del Tejido

En la **Tabla 8**, se muestran las características generales del tejido, indicando los aspectos más fundamentales que pueden ser utilizados para la investigación.

Tabla 8
Caracterización del tejido

CARACTERISTICAS		MUESTRA
Composición	100% Algodón	
Gramaje	155,01 g/m ²	
Tipo de tejido	Jersey	
Pasadas por pulgada	50	
Columnas por pulgada	38	

Fuente: Propia

- Tejido

Es importante que el sustrato a utilizar se encuentre en condiciones óptimas, es decir, de ser necesario realizar un tratamiento previo a la tintura para asegurar la eficiencia tintórea. Si el tejido se encuentra APT (apta para tintura) se procede directamente con el teñido.

- Colorantes Reactivos Everzol

Estos poseen buena solubilidad, la temperatura va de 60°- 90°C esto depende el tipo de colorante reactivo a utilizar (fríos, calientes o tibios). Es necesario tener un control minucioso de distintos factores que pueden afectar el teñido del sustrato algunas de ellas son; la hidrólisis del colorante en un mayor porcentaje, la relación de baño no en grandes cantidades ya que el colorante no llega a ser absorbido de mejor manera, la temperatura y el pH también influyen de manera negativa en el teñido si no son controlados correctamente, por ello, es importante la revisión del catálogo de los colorantes a utilizar (Piñán, 2023).

A continuación, se presentan los colorantes y las características que cada una de ellas poseen:

Tabla 9
Colorantes Everzol

COLORANTES	CARACTERÍSTICAS
Negro ED-R	Posee buena resistencia, una tonalidad negra rojiza
Rojo 3BS H/C	Puede realizarse distintas combinaciones Grupo bifuncional con buena solidez al lavado
Azul Royal EF-R	Buena afinidad y alta reactividad
Azul Marino ED	Posee excelente compatibilidad con el amarillo ED y ED rojo. Importante para tricromías y tiene una excelente acumulación

Fuente: Adaptado de (Wang, 2012)

2.5.1.1 Auxiliares

- Sal Textil

La sal ayuda a la sustentabilidad del colorante, ya que tiene un papel muy primordial al instante de interactuar con las partes amorfas de la fibra. Facilita el grado de agotamiento en el teñido del sustrato textil, y con esto reduce el consumo del colorante (Piñán, 2023).

Figura 6
Sal Textil para tintura

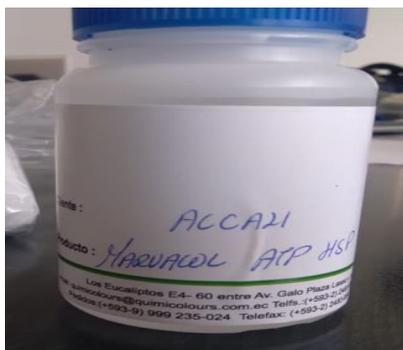


Fuente: Propia

- Álcali Marvacol ATP HSF

Este auxiliar permite que el colorante se mantenga integrado en la fibra, por ellos es importante tener en cuenta las dosificaciones correctas para el proceso de tintura.

Figura 7
Álcali



Fuente: Propia

A continuación, se presentan las dosificaciones de sal y álcali necesario para el proceso de teñido con colorantes reactivos Everzol.

Tabla 10
Dosificaciones de auxiliares

Porcentaje de colorantes	SALTEX	Marvacol ATP HSF
		(g/L)
Bajos de 0.5 %	20	2
0.5 % - 1.0 %	30	2
1.0 % - 2.0 %	40	3
2.0 % - 3.0 %	50	3 a 4
3.0 % - 4.0 %	60	4
4.0 % - 5.0 %	70	5
5.0 % - 6.0 %	80	5 a 6
Más de 6.0 %	80	6

Fuente: (J. Perugachi, comunicación personal, 20 de abril del 2023)

2.5.2 Equipos

2.5.2.1 Equipo de Tintura IR DYER

El equipo de tintura IR DYER para laboratorio proporciona un método de teñido de muestras versátiles y sobre todo permite la reducción del volumen a utilizar en el proceso. La máquina posee características muy especiales como la configuración de acuerdo con las necesidades del laboratorista, posee 24 porta muestras en donde se colocan las probetas para sus respectivas pruebas, la ventaja que posee este equipo es que se pueden realizar distintos procedimientos a parte de la tintura como: pruebas de solidez al lavado, descrude, blanqueos para laboratorio. Por lo general, poseen un rango de temperatura de 20 a 140°C, las gradientes de temperatura según curva de procesos a emplear pueden ir de 3 a 4 °C/min, velocidad de trabajo de 10-50 rpm, relación de baño más utilizada en este equipo es de 1:10 con un peso de las muestras de 3-10 g (LABORTEKS, 2023).

2.5.2.2 Espectrofotómetro por Transmitancia

El espectrofotómetro es un equipo que arroja un haz de luz a través de una probeta y así calcular la cantidad de luz absorbida por la muestra esto quiere decir la absorbancia que se genera, mientras tanto que la transmitancia emite la cantidad de luz que pasa a través de la muestra ver **Figura 8**. El espectrofotómetro posee distintos componentes como: una fuente iluminante que logra proveer longitudes de ondas precisas o la energía constante, cubeta de absorción, foto detector y el dispositivo de visualización, el manejo del equipo se basa en que el rayo de luz pase por medio de un monocromador el cual es un dispositivo óptico que contiene varias piezas que aparta solo un trozo pequeño del espectro de luz (García, 2018).

En base a Clingingsmith (1984), “La transmitancia de una sustancia en una solución posee un enlace entre la cantidad de luz transmitida que logra llegar al detector una vez que pasa el ejemplar para que la cantidad de luz influya sobre ella”.

Figura 8
Equipo de transmitancia



Fuente: Propia

2.6 Norma Referencial

- **Calidad de ensayos en el laboratorio y calibración ISO 17025**

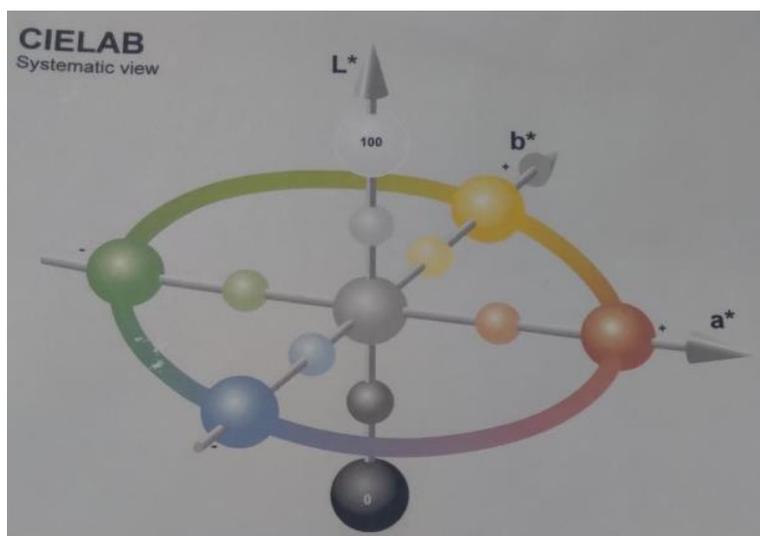
La norma ISO 17025 tiene como principal objetivo procurar la confianza en la operación de los laboratorios ya que da a conocer las condiciones necesarias que permitan a los laboratorios mejorar sus procesos y de esta manera generar resultados válidos. Por tal razón es importante que los laboratorios realicen una planificación e implementen acciones que ayuden a abordar los riesgos y las oportunidades que se establecen en base al método de gestión de la calidad para mejorar los resultados y evitar los efectos negativos (Torres et al., 2018).

- **Medición del Color en las Coordenadas CIELAB- ISO 105-A06 2014**

Las coordenadas CIELAB realizan la medición y la representación de valores triestímulos (XYZ), lo cual indica los porcentajes en rojo, verde y azul para la obtención de un valor cuantificado y así realizar una comparación entre el color patrón y las distintas muestras considerando ciertas tolerancias que pueden darse en los resultados. En el espacio CIELAB ver (Figura 9) existen tres coordenadas registradas las cuales son: L^*a^* y b^* donde; la coordenada L representa la Luminosidad tomando valores a partir de 0 el cual indica el color negro y a 100

el color blanco, la coordenada a^* se subdivide en $+a^*$ (rojo) hasta $-a^*$ (verde) y de igual forma la coordenada b^* para el color amarillo ($+b^*$) y finalmente el color azul ($-b^*$), con ello se pueden calcular las variaciones o cambios del color (Piñeiro-Di Blasi et al., 2014).

Figura 9
Espacio CIELAB



Fuente: Adaptado de (X-Rite, 2002)

2.7 Procedimiento

2.7.1 Calibración del equipo de transmitancia

Las siguientes instrucciones la configuración y operación básicas para una medición de transmisión. Consulte la guía del usuario de C17600/C17800 en el CD que se suministró con su instrumento para obtener instrucciones más detalladas.

- **Configuración del soporte de transmisión**

1. Abrir la cubierta de la transmisión levantando el pasador de bloqueo mientras desliza la cubierta hacia atrás.

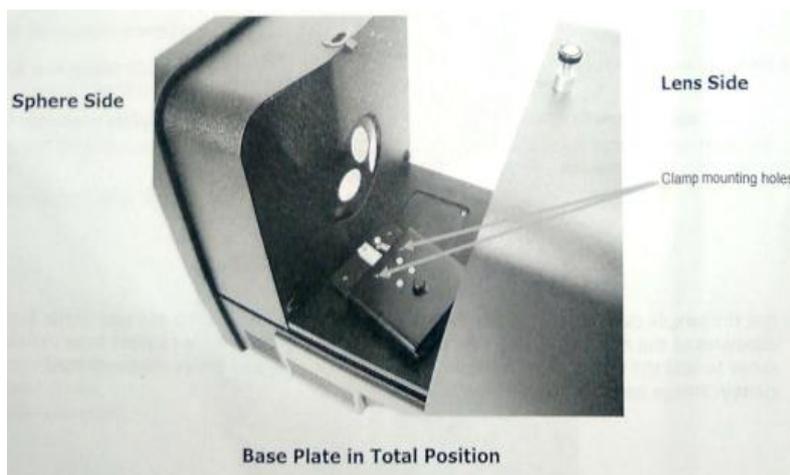
Figura 10
Cubierta del espectrofotómetro



Fuente: (X-Rite Ci76000 - Ci7800 Transmission Kit.Pdf, 2020)

2. Alinear las clavijas de la placa base del porta muestras con los orificios del canal de montaje de la placa base dentro del área de transmisión. Hay orificios de montaje en el canal tanto en la esfera como en la lente. Para mediciones de transmisiones totales, coloque la placa base con los orificios de montaje de la abrazadera en el lado de la esfera. Para mediciones de transmisión directa, coloque la placa base con los orificios de montaje de la abrazadera en el lado de la lente.

Figura 11
Porta Muestras



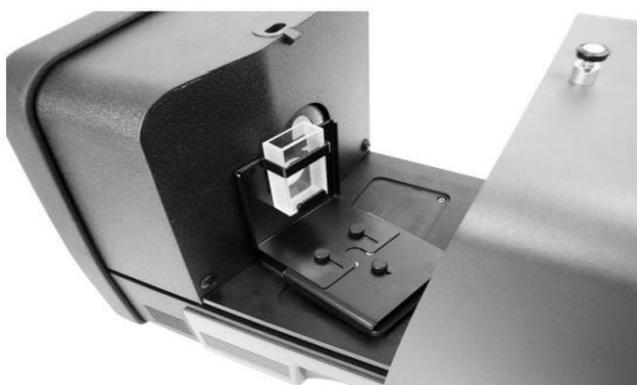
Fuente: (X-Rite Ci76000 - Ci7800 Transmission Kit.Pdf, 2020)

3. Montar la placa de apertura de 25 mm (con anillo reflectante blanco) en el puerto de medición en la parte delantera del instrumento y coloque la placa de transmisión en el porta muestras.

4. Fijar el tope apropiado a la placa base y sujételo a la base del carro con el pulgar tornillo.
Las medidas totales se toman con la muestra colocada entre el tope y la abrazadera hacia la esfera. Las mediciones directas se toman con la muestra colocada hacia la lente en la parte superior del instrumento.

Figura 12

Cubeta en el soporte de la cubeta



Fuente: (X-Rite Ci76000 - Ci7800 Transmission Kit.Pdf, 2020)

5. Asegurar la posición de la cubeta está centrada sobre la abertura de la esfera.
6. Realizar la calibración de blanco con la cubeta y el líquido transparente en el porta muestras y la calibración de negro el bloqueador debe colocarse entre la cubeta y la apertura de la esfera.

Figura 13

Calibración de transmisión



Fuente: (X-Rite Ci76000 - Ci7800 Transmission Kit.Pdf, 2020)

2.7.2 Proceso de Tintura

En este punto se detalla paso a paso el procedimiento realizado para obtener las muestras de colorantes residuales y su respectivo ensayo en laboratorio.

- a) Adquisición de materiales: tela, colorantes y auxiliares.
- b) Determinación de las concentraciones de los colorantes a utilizar en esta investigación por recomendación técnica del personal a cargo del laboratorio, se utilizó dosificaciones de 0,5%, 1%, 2%, 3% (F. Gualoto, comunicación personal, 10 de abril del 2023).
- c) Caracterización del tejido, para la verificación de su composición, en este caso 100% Algodón, utilizando 0,5 g de tejido, sosa cáustica diluida y metanol.

Figura 14
Caracterización del tejido



- d) Preparación de probetas con un peso de 2 g para laboratorio.
- e) Formulación de receta de tintura de acuerdo con la **Tabla 10**, que muestra las dosificaciones de auxiliares con relación al porcentaje de colorantes, plasmar la curva de procesos para los colorantes reactivos por el método general de temperatura según catalogo Everzol.

Figura 15
Receta de tintura

Carrera de **Textiles**
Ingeniería

Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas



RECETA DE TINTURA

Peso del Material: 2g
R/B: 1:10
Volumen: 20 mL

Composición: 100% Co
Tejido: Jersey
pH inicial: 11

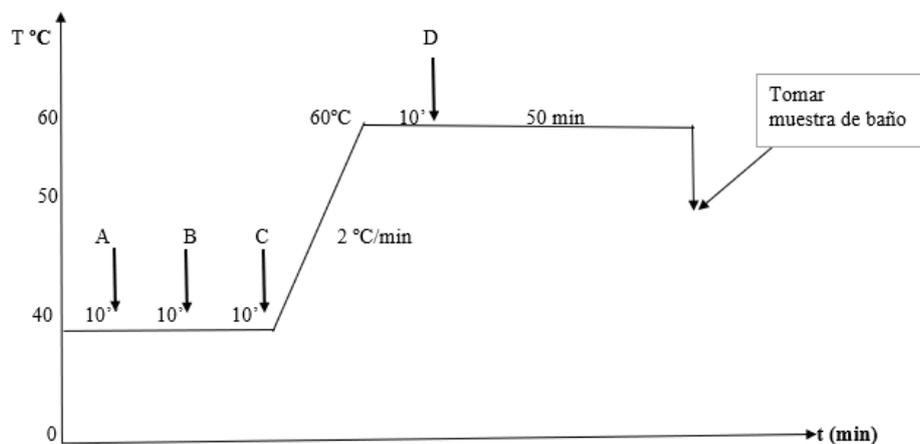
PRODUCTO	DOSIFICACIONES																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
COLORANTES	Everzol Negro ED-R	0,50% 0,01 g 1 mL	1% 0,02 g 2 mL	2% 0,04 g 4 mL	3% 0,06 g 6 mL													
	Everzol Rojo 3BS H/C					0,50% 0,01 g 1 mL	1% 0,02 g 2 mL	2% 0,04 g 4 mL	3% 0,06 g 6 mL									
	Everzol Azul Royal EF-R									0,50% 0,01 g 1 mL	1% 0,02 g 2 mL	2% 0,04 g 4 mL	3% 0,06 g 6 mL					
	Everzol Marino ED															0,50% 0,01 g 1 mL	1% 0,02 g 2 mL	2% 0,04 g 4 mL
AUXILIARES	Saltex	30 g/L 6 mL	30 g/L 6 mL	40 g/L 8 mL	50 g/L 10 mL	30 g/L 6 mL	30 g/L 6 mL	40 g/L 8 mL	50 g/L 10 mL	30 g/L 6 mL	30 g/L 6 mL	40 g/L 8 mL	50 g/L 10 mL	30 g/L 6 mL	30 g/L 6 mL	40 g/L 8 mL	50 g/L 10 mL	
	Marvacol ATP HSP	2 g/L 0,4 mL	2 g/L 0,4 mL	3 g/L 0,6 mL	4 g/L 0,8 mL	2 g/L 0,4 mL	2 g/L 0,4 mL	3 g/L 0,6 mL	4 g/L 0,8 mL	2 g/L 0,4 mL	2 g/L 0,4 mL	3 g/L 0,6 mL	4 g/L 0,8 mL	2 g/L 0,4 mL	2 g/L 0,4 mL	3 g/L 0,6 mL	4 g/L 0,8 mL	
	Volumen Final	12,6 mL	11,6 mL	7,4 mL	3,2 mL	12,6 mL	11,6 mL	7,4 mL	3,2 mL	12,6 mL	11,6 mL	7,4 mL	3,2 mL	12,6 mL	11,6 mL	7,4 mL	3,2 mL	

Fuente: Propia

CURVA DE PROCESOS

Figura 16

Curva de procesos



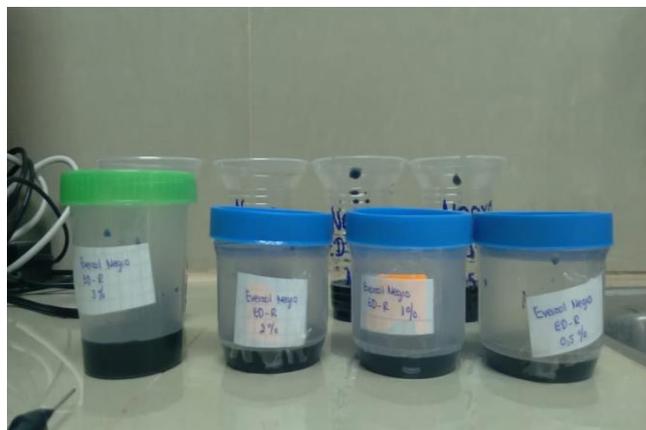
- A: Cargar tela
- B: Colorante
- C: Saltex
- D: Álcali

Fuente: Adaptado de (Wang, 2015)

- f) Proceso de tinte por agotamiento en el equipo IR DYER, en función de la curva y receta presentada anteriormente.
- g) Reservar el baño de tinte para posterior análisis.

Figura 17

Muestras de colorantes residuales



Fuente: Propia

2.7.3 Medición de aguas residuales – Transmitancia

Una vez calibrado el espectrofotómetro por transmitancia se procede a realizar las mediciones de respectivas muestras.

- Asegurarse que la cubeta se encuentre totalmente limpia antes de llenarla con las muestras.
- Llenar con mucho cuidado la cubeta con la primera muestra previa a la tintura a aproximadamente a 8 mm.
- Insertar la cubeta en el soporte y cerrar la tapa.
- Ingresar al software y seleccionar medir prueba.
- Colocar el nombre de la primera muestra y dar clic 5 veces, las 4 primeras pulsaciones indican las mediciones y el 5to para confirmar la prueba, una vez realizada la primera medición escoger la opción trial para realizar la comparación entre el estándar.
- Colocar la muestra de agua residual obtenida del proceso de tintura.
- Se toman las medidas y los datos se mostrarán en la aplicación, guardar los resultados y repetir el mismo proceso con todas las muestras.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detalla de manera específica los resultados obtenidos de la cantidad de colorantes residual presente mediante el espectrofotómetro por transmitancia mismas que, fueron ejecutadas según el manual de equipo X-RITE para transmitancia y las normas de referencia de calidad en el laboratorio y la medición del color mediante las coordenadas CIELAB.

3.1 Resultados

Mediante las respectivas mediciones realizadas se obtuvieron distintos resultados en la medición pre-tintura de todos los colorantes y medición del agua residual de post tintura por transmitancia.

3.1.1 Tabla de medición pre-tintura

Antes de realizar el proceso de tintura, el baño de cada colorante en sus diferentes dosificaciones (0,5%, 1%, 2%, 3%) fueron sometidas al respectivo ensayo de laboratorio utilizando el espectrofotómetro por transmitancia para conocer los valores iniciales en las coordenadas CIELAB que cada una de ellas poseen.

CIELAB necesita las coordenadas cartesianas CIELCH para calcular el color en un espacio empleando coordenadas polares, donde la L^* significa luminosidad, C^* determina el croma si este es más brillante u opaco y el H^* el ángulo en una medición polar para determinar el matiz. El Delta $CIEL^*a^*b$ y $CIEL^*C^*H^*$ son análisis del color de manera numérica que se realiza para determinar la igualdad o diferencia de un color, este análisis se ejecuta para comparar los colores que poseen dos objetos (X-Rite, 2002). Las coordenadas registradas en

este ensayo son: L^*a^* y b^* donde; la coordenada L representa la Luminosidad tomando valores a partir de 0 el cual indica el color negro y a 100 el color blanco, la coordenada a^* se subdivide en $+a^*$ (rojo) hasta $-a^*$ (verde) y de igual forma la coordenada b^* para el color amarillo ($+b^*$) y finalmente el color azul ($-b^*$), con ello se pueden calcular las variaciones o cambios del color (Piñeiro-Di Blasi et al., 2014).

En la siguiente **Tabla 11**, se muestra la medición de pre-tintura de los colorantes Everzol Azul en sus diferentes dosificaciones.

Tabla 11
Medición del color

EVERZOL AZUL MARINO ED					
% Colorantes	L^*	a^*	b^*	c^*	h^*
0,5	0.00	0.04	0.01	0.04	9.32
1	0.00	0.02	0.00	0.02	7.61
2	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En la **Tabla 12** se presentan los resultados obtenidos del colorante Negro ED-R luego del ensayo.

Tabla 12
Resultados del color medido

EVERZOL NEGRO ED-R					
% Colorantes	L^*	a^*	b^*	c^*	h^*
0,5	0.01	0.07	0.01	0.07	9.96
1	0.00	0.03	0.01	0.03	8.70
2	0.00	0.01	0.00	0.01	5.72
3	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96

En la **Tabla 13** se muestran los resultados obtenidos luego de la medición del colorante Rojo 3BS H/C.

Tabla 13
Resultado del colorante Rojo 3BS H/C

EVERZOL ROJO 3BS H/C					
% Colorantes	L*	a*	b*	c*	h*
0,5	7.17	29.04	12.36	31.56	23.05
1	5.53	27.48	9.53	29.08	19.13
2	3.10	18.61	5.34	19.36	16.02
3	1.54	10.00	2.66	10.35	14.84

Por último, la **Tabla 14** muestra los resultados luego de la respectiva medición del colorante Azul Royal EF-R.

Tabla 14
Medición del colorante Azul Royal EF-R

EVERZOL AZUL ROYAL EF-R					
% Colorantes	L*	a*	b*	c*	h*
0,5	0.02	0.18	0.04	0.18	11.79
1	0.01	0.12	0.02	0.12	11.28
2	0.01	0.11	0.02	0.11	10.24
3	0.00	0.04	0.01	0.04	8.53

3.1.2 Tablas de medición post – tintura por transmitancia

Los resultados tabulados en la Tabla 20, muestran la diferencia del color inicial y el analizado, **donde las numeraciones más bajas del DELTA E indican una mayor precisión, en el caso contrario, los niveles altos señalan una diferencia significativa de color.** El delta E se mide mediante una escala que va de 0 a 100 donde; 0 corresponde a una mínima diferencia del color, y 100 muestra que una distorsión completa (VIEWSONIC, 2021).

En la siguiente tabla se indican los valores y las descripciones de la medición del color en escala Delta E.

Tabla 15
Escala Delta E

ESCALA DE VALORACIÓN DELTA E	
VALORES	DESCRIPCIÓN
<= 1.0	No perceptible para el ojo humano
1-2	Perceptible a través de la observación cercana
2-10	Perceptible de un solo vistazo
11-49	Los colores son más similares que los opuestos
100	Los colores son exactamente lo contrario

Fuente: Adaptado de (VIEWSONIC, 2021)

Una vez realizadas las mediciones de pre tintura de todos los colorantes en sus diferentes concentraciones, se procede a tinturar y para posteriormente recolectar el agua residual de cada uno de ellos para analizarlo en el equipo de transmitancia mismos que, dieron como resultado los respectivos valores, dando a lugar una forma cuantitativa del colorante no transferido al sustrato textil en el proceso de tintura, se debe considerar que: A pesar de tener mediciones del equipo, estas señalan que si hubo agotamiento y se obtienen una respuesta en pantalla de “FAILED”, es decir, el colorante inicial tiene demasiada diferencia al de post tintura, de no ser así el colorante no ha tenido agotamiento, y si la muestra inicial con la final son similares el resultado se representa como “PASED” es decir no hay diferencia de color.

En esta medición los resultados obtenidos se indican mediante el Delta (Δ): ΔL , ΔA , ΔB , ΔC y ΔH , que representan las variaciones en las mismas coordenadas en CIELAB, es decir en la columna “Decmc” se tiene la diferencia total que existe entre la medición del colorante antes del proceso de tintura y el de post tintura.

La **Tabla 16**, indica los valores obtenidos en la medición por transmitancia del colorante residual Everzol Azul Marín ED.

Tabla 16
Medición del colorante Everzol Azul Marín ED

EVERZOL AZUL MARINO ED							
% Colorantes	DL*	DA*	DB*	DC*	DH*	Decmc	P/F Decmc
0,5	1.13 L	11.51 R	-22.24 B	25.01 B	-1.22 B	39.09	Failed
1	0.05 L	0.36 R	0.08 Y	0.37 B	0.01	0.58	Passed
2	0.02 L	0.18 R	0.04 Y	0.18 B	0.00	0.29	Passed
3	0.02	0.14	0.03	0.14	0.00	0.22	Passed

La **Tabla 17**, muestra los resultados de la medición del colorante Everzol Negro ED-R mediante el espectrofotómetro por transmitancia.

Tabla 17
Valores obtenidos del colorante Negro ED-R

EVERZOL NEGRO ED-R							
% Colorantes	DL*	DA*	DB*	DC*	DH*	Decmc	P/F Decmc
0,5	2.88 L	12.92 R	-25.92 B	28.92	-1.66 B	45.19	Failed
1	0.06 L	0.46 R	0.10 Y	0.47 B	0.01	0.74	Passed
2	0.05 L	0.37 R	0.08 Y	0.38 B	0.01	0.59	Passed
3	0.02 L	0.20 R	0.04 Y	0.20 B	0.00	0.32	Passed

La **Tabla 18**, señala los valores que se obtuvieron luego de la medición del colorante Everzol Rojo 3BS H/C.

Tabla 18
Colorante Rojo 3BS H/C

EVERZOL ROJO 3BS H/C							
% Colorantes	DL*	DA*	DB*	DC*	DH*	Decmc	P/F Decmc
0,5	27.51 L	27.98 R	-21.61 B	26.38 B	-24.46 R	36.30	Failed
1	9.73 L	11.57 R	16.78 Y	18.00 B	9.56 Y	15.46	Failed
2	5.02 L	14.22 R	8.66 Y	16.33 B	3.24 Y	11.66	Failed
3	6.09 L	23.55 R	10.50 Y	25.69 B	2.20 Y	22.07	Failed

A continuación, la **Tabla 19**, indica los valores obtenidos en la medición realizada en el equipo de transmitancia.

Tabla 19
Medición del Colorante Azul Royal EF-R

EVERZOL AZUL ROYAL EF-R							
% Colorantes	DL*	DA*	DB*	DC*	DH*	Decmc	P/F Decmc
0,5	34.35 L	0.74 R	-11.68 B	11.49 B	-2.20 B	38.13	Failed
1	15.41 L	5.62 R	-29.87 B	30.26 B	-2.76 B	49.41	Failed
2	6.68 L	15.05 R	-27.50 B	40.32 B	-2.66 B	62.99	Failed
3	0.53 L	4.21 R	-10.96 B	11.71 B	-0.86 B	18.34	Failed

3.1.3 Tabla Consolidada de Resultados

En la **Tabla 20**, se indica todos los resultados obtenidos en la medición del colorante residual en el espectrofotómetro por transmitancia misma que, permite analizar los datos de la normalidad y la varianza que cada una de las mediciones obtenidas.

3.2 Análisis de Confiabilidad

El análisis de confiabilidad tiene un rol muy importante dentro de toda investigación, ya que nos permite verificar los datos obtenidos en los ensayos realizados, dando lugar de esta manera a la veracidad de resultados si posee un valor $p > 0.05$, se tiene el 95% de confiabilidad.

3.2.1 Normalidad

La normalidad de los datos tiene como objetivo primordial verificar que las pruebas realizadas a cada una de las muestras en este caso de colorante residual se encuentren en la distribución normal, lo cual resulta de suma importancia ya que se puede realizar procedimientos estadísticos adecuados para poder analizar los datos obtenidos cualquier estudio. Para poder determinar la normalidad de este estudio se tomó en cuenta seis pruebas: Shapiro Wilk, Anderson Darlin, Lilliefors L, Jarque Bera, con este análisis de normalidad depende si se rechaza o se garantiza estos datos estadísticos (Flores & Flores, 2021).

En la **Figura 18**, e muestra los datos de normalidad de las seis pruebas más relevantes para la validez de los resultados, se puede deducir que las mediciones realizadas poseen más del 95% de confiabilidad.

Figura 18
Normalidad de Datos

NORMALIDAD DE DATOS								
	EVERZOL MARINO ED				EVERZOL NEGRO ED-R			
	0.5 %	1%	2%	3%	0.5 %	1%	2%	3%
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,9854	0,8849	0,8882	0,8879	0,9887	0,8841	0,8825	0,8809
Anderson-Darling A	0,1599	0,3936	0,3861	0,3936	0,1506	0,396	0,4001	0,4048
Lilliefors L	0,1526	0,2602	0,2509	0,2589	0,147	0,2596	0,262	0,2576
Jarque-Bera JB	0,2104	0,5933	0,58	0,5921	0,1959	0,5939	0,6029	0,5963
	EVERZOL ROJO 3BS H/C				EVERZOL AZUL ROYAL EF-R			
	0.5 %	1%	2%	3%	0.5 %	1%	2%	3%
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,7511	0,879	0,9554	0,8827	0,9024	0,9948	0,9827	0,982
Anderson-Darling A	0,7808	0,3651	0,1862	0,378	0,3302	0,1344	0,1639	0,1723
Lilliefors L	0,3666	0,2008	0,1593	0,2595	0,2066	0,1367	0,1762	0,1569
Jarque-Bera JB	0,9785	0,7396	0,521	0,7441	0,6461	0,1759	0,2723	0,2

3.2.2 Varianza

El análisis de la varianza conocida también como (ANOVA) son técnicas estadísticas que ayudan a comparar distintas muestras estudiadas, es decir las mediciones pueden variar en una o varias características los distintos resultados. Este análisis es uno de los más fundamentales para dar validez a la hipótesis planteada para la presente investigación, mejor comprensión de datos y descubrir posibles errores, es necesario que los datos se encuentren correctamente estructurados (Jorge Dagnino, 2014).

La varianza que se obtuvo con los resultados de la medición post tintura de los colorantes residuales se presenta en la **Figura 19**, en ella se puede observar que si existe variación en los resultados de cada una de las muestras analizadas en el espectrofotómetro por transmitancia.

Figura 19
Varianza de resultados

	COEFICIENTE DE VARIACIÓN							
	EVERZOL MARINO ED				EVERZOL NEGRO ED-R			
	0.5%	1%	2%	3%	0.5%	1%	2%	3%
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Min	-22,24	0,01	0	0	-25,92	0,01	0,01	0
Max	39,09	0,58	0,29	0,22	45,19	0,74	0,59	0,32
Sum	53,28	1,45	0,71	0,55	62,33	1,84	1,48	0,78
Mean	8,88	0,241667	0,118333	0,091667	10,38833	0,306667	0,2466667	0,13
Std. error	8,775467	0,09336	0,047217	0,035816	10,13381	0,119657	0,09545214	0,052599
Variance	462,053	0,052297	0,013377	0,007697	616,1641	0,085907	0,05466667	0,0166
Stand. dev	21,49542	0,228685	0,115658	0,087731	24,82265	0,293098	0,233809	0,128841
Median	6,32	0,22	0,11	0,085	7,9	0,28	0,225	0,12
25 prntil	-6,475	0,04	0,015	0,015	-7,725	0,0475	0,04	0,015
75 prntil	28,53	0,4225	0,2075	0,16	32,9875	0,5375	0,4325	0,23
Skewness	0,004583	0,471583	0,473032	0,429432	-0,02955	0,469289	0,451249	0,461202
Kurtosis	-0,17578	-1,51917	-1,45934	-1,59893	-0,07887	-1,52666	-1,601029	-1,55338
Geom. mean	0	0,120688	0	0	0	0,145783	0,1221283	0
Coeff. var	242,0655	94,62813	97,73877	95,70616	238,9474	95,57556	94,78745	99,10845

En la siguiente **Figura 20**, se muestran la varianza de los colorantes Everzol Rojo 3BS H/C y Azul Royal EF-R.

Figura 20
Coefficiente de Variación

	COEFICIENTE DE VARIACIÓN							
	EVERZOL ROJO 3BS H/C				EVERZOL AZUL ROYAL EF-R			
	0.5%	1%	2%	3%	0.5%	1%	2%	3%
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Min	-24,46	9,56	3,24	2,2	-11,68	-29,87	-27,5	-10,96
Max	36,3	18	16,33	25,69	38,13	49,41	62,99	18,34
Sum	72,1	81,1	59,13	90,1	70,83	68,07	94,88	22,97
Mean	12,01667	13,51667	9,855	15,01667	11,805	11,345	15,81333	3,828333
Std. error	11,18355	1,50897	2,103967	4,08591	8,309636	11,18578	13,07354	4,180945
Variance	750,4314	13,66195	26,56007	100,168	414,3003	750,7297	1025,505	104,8818
Stand. dev	27,394	3,696207	5,153646	10,0084	20,35437	27,39945	32,0235	10,24118
Median	26,945	13,515	10,16	16,285	6,115	10,515	10,865	2,37
25 prantil	-22,3225	9,6875	4,575	5,1175	-4,57	-9,5375	-8,87	-3,385
75 prantil	30,06	17,085	14,7475	24,085	35,295	35,0475	45,9875	13,3675
Skewness	-0,89731	0,051044	-0,09573	-0,21565	0,449947	-0,16067	0,2867695	0,048205
Kurtosis	-1,82263	-2,51187	-1,6907	-2,44745	-1,77922	0,151247	-0,2880123	-0,10058
Geom. mean	0	13,08769	8,515794	11,10788	0	0	0	0
Coeff. var	227,9667	27,34555	52,29474	66,64858	172,4216	241,5112	202,5095	267,5102

3.3 Interpretación

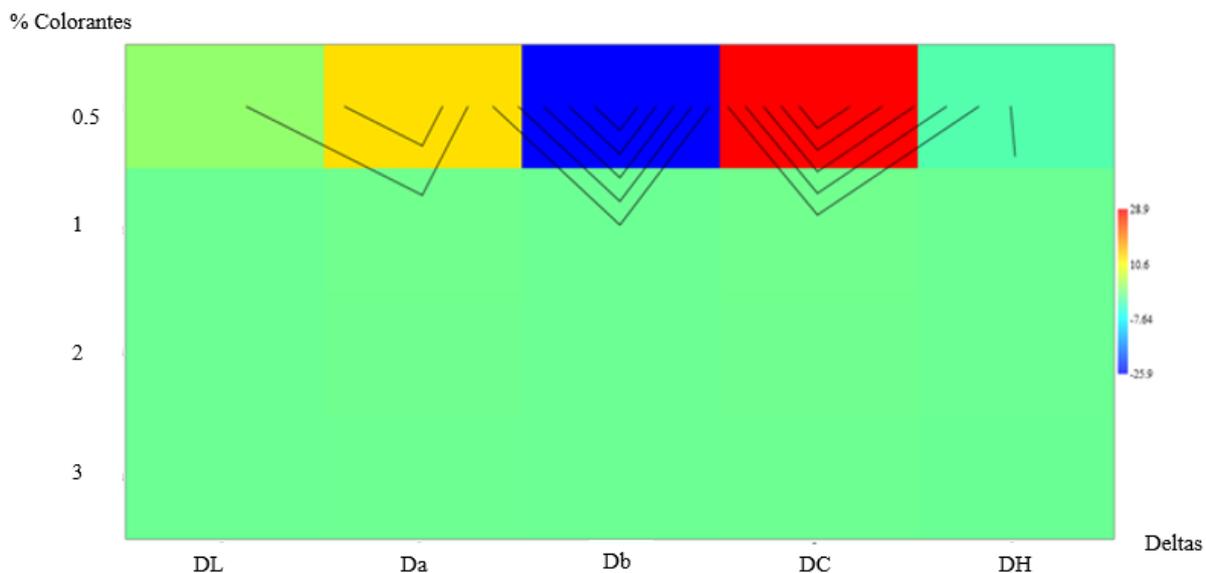
3.3.1 Gráficos Estadísticos

Por medio de la siguiente figura se representan los datos registrados en las distintas tablas, para realizar un análisis de los resultados se optó por utilizar el gráfico estadístico Matrix plot, donde se puede observar que la gama de colores que corresponde al rojo señala el valor máximo y el color azul el valor mínimo, mismos que permite la interpretación de resultados de cada una de las mediciones.

- Everzol Azul Marino ED

En la siguiente figura se puede observar en el eje de la “x” se representa el número de muestras, mientras que en el eje de la “y” indica las variables en Delta E según las coordenadas CIELAB.

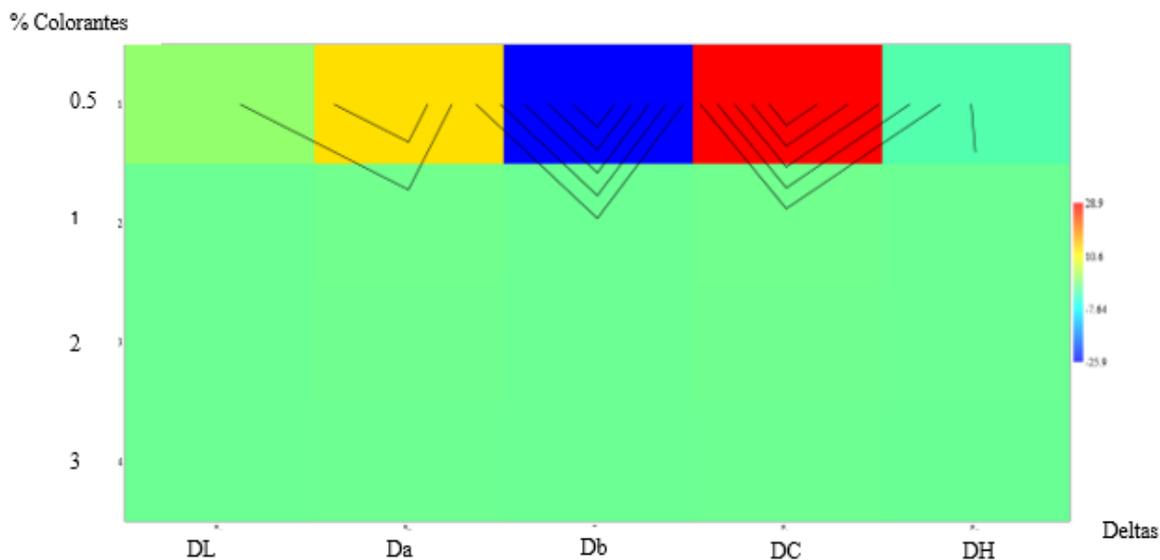
Figura 21
Everzol Azul Marino ED-Matrix Plot



En la figura se visualiza que en el DELTA B y C se presenta mayor diferencia de color en relación a los datos obtenidos en la primera probeta (0.5%) de colorante utilizado en esta medición, por tal razón la tonalidad de color rojo y azul sobresalen en dicha posición a diferencia de la tonalidad amarilla que se observa poca variación en DELTA A.

- **Everzol Negro ED-R**

Figura 22
Negro ED-R-Matrix Plot

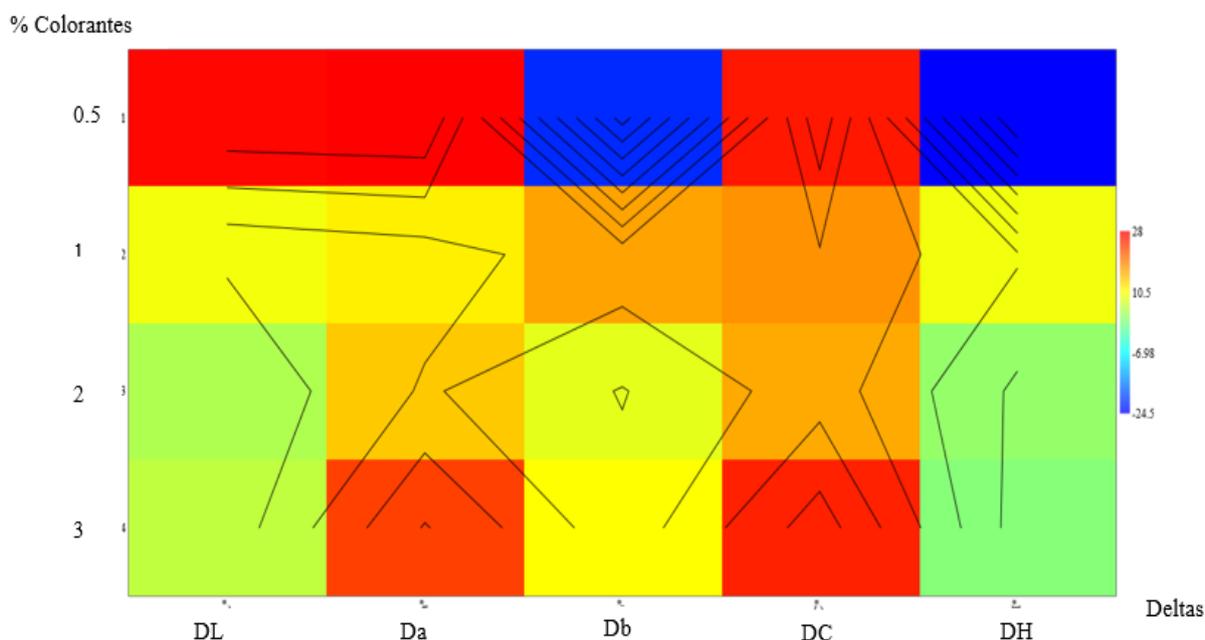


En este gráfico se puede observar que las variaciones obtenidas se asemejan al primer colorante, esto debido a que las tonalidades son oscuras, la probeta numero 1 que hace referencia al 0.5% de colorante Everzol Negro ED-R utilizado tiene mayor diferencia de color al inicial, mientras que siguientes muestras analizadas no presentan cambios de color del proceso de tintura, es decir el agotamiento es mínimo, teniendo como resultado una mala eficiencia tintórea en los porcentajes de 1%,2% y 3%.

- **Everzol Rojo 3BS H/C**

Figura 23

Rojo 3BS H/C-Matrix Plot

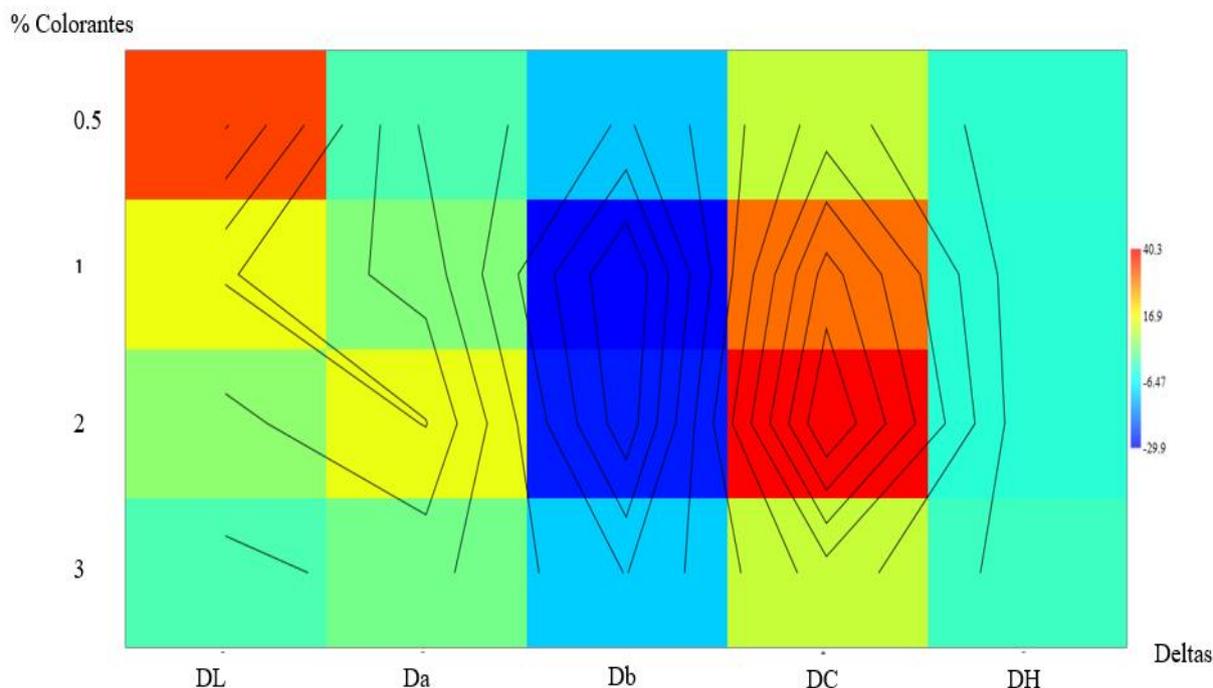


Esta gráfica, representa las variaciones del colorante Everzol Rojo 3BS H/C luego de la medición realizada en el espectrofotómetro por transmitancia, en la cual se puede observar que todas las probetas analizadas luego del proceso de tintura tuvieron cambios de color de manera notoria, es decir visualmente se puede deducir que si hubo agotamiento el cual indica que el colorante interactuó con la fibra. Las variaciones máximas en la primera probeta se encuentran: DL (luminosidad), el DC (croma), DA (coordenadas de color CIELAB), mientras que las mínimas están en DB (coordenadas de color CIELBA) y DH (matiz).

- **Everzol Azul Royal EF-R**

Figura 24

Azul Royal EF-R- Matrix Plot



Esta gráfica representa al colorante Everzol Azul Royal EF-R en las distintas dosificaciones utilizadas para su respectivo análisis, las cuatro probetas de 0,5%, 1%, 2% y 3% tienen cambios de color luego de realizar el proceso de teñido, observando así que en cada uno de los Deltas señalados existe una mayor variación de datos, es decir este ensayo hubo interacción del colorante con la fibra lo que significa que hubo agotamiento notorio durante el proceso, pero no en su totalidad.

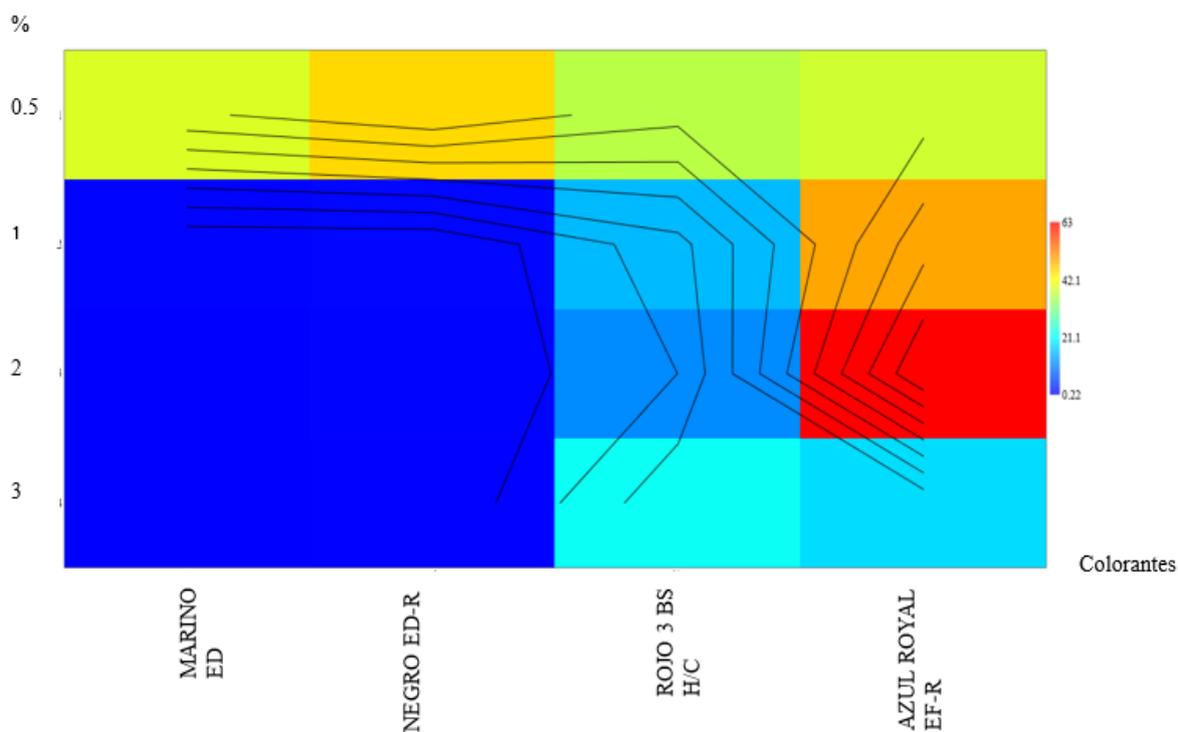
- **Gráfico General de Resultados**

En la **Figura 25**, se muestran los resultados obtenidos en la **Tabla 20**, que indica la diferencia de color de acuerdo a los porcentajes de colorantes utilizados para el ensayo. En la gráfica se puede observar las variaciones que dan como resultado en las mediciones realizadas por transmitancia luego del proceso de tintura. En los colorantes Everzol Azul Marino ED y Negro ED-R con una concentración de 0.5% se presentó agotamiento del colorante del 40% y

45.19% y en el baño, es decir la diferencia de color es elevada a simple vista y se sustenta con la medición, mientras tanto en los porcentajes de 1%, 2% y 3% no existe demasiada diferencia de color teniendo un porcentaje promedio del 0.46%, esto significa que no hubo un agotamiento significativo, dando lugar a una poca eficiencia tintórea de esos colorantes. Mientras que en los colorantes Rojo 3 BS H/C y Azul Royal EF-R, el porcentaje de agotamiento en el baño es del 68,2 %, el cual indica que cada una de las variaciones que se puede observar son distintas en cada uno de los rangos, es decir existe una gran diferencia de color inicial con el final como se puede observar en la **Tabla 20**, por ello en el espectrofotometro por transmitancia nos indica que no hay similitud de color, en ningun porcentaje utilizado, indicando así que estos colorantes si tienen un alto grado de agotamiento.

Figura 25

Gráfico de resultados-Matrix Plot



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

El desarrollo de la investigación, a lo largo de su proceso teórico y práctico ha permitido recolectar información valiosa y hallazgos importantes, mismos que sirven de sustento para la formulación de las siguientes conclusiones:

- Tras la realización de pruebas preliminares en laboratorio, se llegó a determinar la receta ideal del proceso de tintura, mismo que consta de: 0,5% -1% - 2% y 3% de colorante reactivo Everzol en las tonalidades azul marino ED, negro ED-R, rojo 3BC H/C y azul royal EFR, con sus respectivos auxiliares tales como: álcali y saltex a una temperatura de procesamiento de 60°C y por 60 minutos de agotamiento con una gradiente de subida y baja de 2°C/min, en tejido de punto 100% algodón, mismo que fue sometido a ensayos y caracterizaciones, necesarias para validar su estado.
- En lo referente a la recolección de aguas residuales, es importante la configuración del equipo y los materiales e insumos de tintura necesarios para el teñido, en este sentido se hace necesaria la utilización de agua blanda con un pH inicial de 7 a temperatura inicial de 40°C, mismos que garanticen la adhesión de colorante sobre la fibra, para finalmente obtener 4 probetas tinturas por cada color, que en total suman 16 muestras; de cada una de ellas, se recolecta el agua residual posterior al teñido, teniendo las características: pH post proceso 11,5; temperatura final 60°C y el grado de coloración característica de cada tono de colorante utilizado.
- Con relación a los ensayos espectrofotométricos realizados a las aguas residuales, se puede determinar que la medición espectrofotométrica por transmitancia, tiene como resultado valores de acuerdo a las coordenadas CIELAB (ΔL , Δa , Δb , Δc , ΔH) es decir,

los colorantes Everzol Azul Marino ED y Negro ED-R con una concentración de 0.5% presentó un agotamiento del colorante en un 40% y 45.19% notándose la mayor diferencia de color que se tiene luego del proceso de tintura, mientras tanto en las concentraciones del 1%, 2% y 3% el promedio de agotamiento es del 0.46% por ello el espectrofotómetro indica que existe similitud luego de la medición del baño inicial y el de post tintura, por tal razón los valores obtenidos hacen referencia a la interacción de la fibra con el colorante dando como resultado la eficiencia tintórea del proceso tal como se evidencia en la **Tabla 20**.

- Al realizar las respectivas mediciones de cada uno de los colorantes Everzol: Azul Marino ED, Negro ED-R, Rojo 3 BS H/C y Azul Royal EF-R, se pudo deducir que el equipo de transmitancia con el que cuenta el Laboratorio de la Carrera de Textiles da como resultados, valores de acuerdo con la escala DELTA E, que va de 0 a 100 siendo, 0 la similitud del color inicial con el final y esta puede ser observada a simple vista y 100 la mayor diferencia de color. De esta manera se pudo concluir que el colorante Rojo 3 BS H/C y el Azul Royal EF-R poseen un porcentaje promedio de agotamiento del 68.2% tal como se puede observar en la **Tabla 13**, notándose una diferencia en cada eje del espacio de color como se muestra en la **Tabla 14**, cada uno de los valores fueron sometidos al análisis de confiabilidad en el programa estadístico PASS 4, mismos que resultaron estar dentro del $p > 0.05$ que indica el 95% de confiabilidad de los datos obtenidos.
- En base al objetivo general planteado para esta investigación se puede concluir que en los ensayos realizados en el espectrofotómetro por transmitancia si se puede obtener la cantidad de colorante residual presente en el baño luego del proceso de tintura al igual que es posible conocer la diferencia de color que posee cada uno de los colorantes, los valores obtenidos son representados en el espectrofotómetro por transmitancia,

mostrando las leyendas: “FAILED” y “PASSED”, los cuales indican la diferencia y similitud de colores de acuerdo con los valores DELTA E. Además de ello se pudo deducir que los colorantes reactivos no dan lugar a la hidrólisis, esto significa que una vez ejecutado el proceso de tintura y observar mediante el espectrofotómetro por transmitancia que la diferencia de color es menor a 1, esto dando como equivalencia a que el baño de pre tintura es similar al de post tintura, y con este resultado se puede dar paso a la reutilización del mismo baño para un nuevo teñido, teniendo en consideración que las tonalidades resultantes serán bajas es decir en colores pasteles.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la caracterización previa del tejido a utilizar para el proceso tintóreo, esto con la finalidad de obtener un teñido uniforme y evitar alteraciones en el baño de tintura para su respectiva medición. Además de ello, es importante analizar las fichas técnicas de los productos a utilizar para garantizar la compatibilidad de cada uno de ellos.
- Al realizar esta investigación, se pudo determinar la importancia del kit de transmitancia en un espectrofotómetro textil; por ello, se recomienda estudiar con mayor profundidad la calibración del equipo y llevar un control de cada uno de los parámetros durante el proceso de teñido.
- Para la mejor interpretación de datos se sugiere realizar una tabla consolidada de resultados de cada uno de los colorantes y con ello, llevar a cabo un análisis comparativo con la ayuda de herramientas estadísticas; del mismo modo, verificar que las mediciones se encuentren dentro del parámetro estadístico de normalidad, es decir, p valor $>0,05$ que indica un 95% de confiabilidad.
- Al conocer los valores cuantitativos de agotamiento mediante DELTA E, se procedió a realizar una tintura con el baño residual, y se pudo observar que aún se puede obtener

un sustrato teñido, por ello, se recomienda indagar más sobre la posible reutilización del baño de colorantes reactivos con los distintos análisis que permitan verificar la calidad del producto.

- Para corroborar la presente investigación, se sugiere profundizar en el tema con la realización de banderas a distintas concentraciones y con distintos colorantes reactivos para determinar si todos estos tienen un buen grado de agotamiento en procesos de reutilización de baños de tintura.

Referencias bibliográficas

- Abel Niels Escobar Saraice. (2012). Universidad Nacional de Ingeniería Universidad Nacional de Ingeniería. *Revista Chilena de Ingeniería*, 21(505), 10–12. http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf
- Arias Pablo, Proal José, Chaires Isaías, A. H. (2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión Textile Industrial Dyes and optimal wastewater effluents treatments: A short review. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 19, 38–47. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/2216/1506>
- Bolaños Avalos, R. A. (2010). *Propuesta de recuperación del agua residual proveniente de la industria textil*. 150.
- Brañez Sánchez, M. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Campus*, 23(26), 129–143. <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03>
- Calidad, H. de alta. (2021). *Tintorería o Teñido Tintorería o Teñido*. 1–19. <https://www.hiladosdealtacalidad.com/tintoreria-o-tenido>
- Clingingsmith, T. (1984). Series flow tandem fan: A high-speed V/STOL propulsion concept. *SAE Technical Papers*, 1–8. <https://doi.org/10.4271/841496>
- Congreso Nacional del Ecuador. (2004). Ley de prevencion y control de la contaminacion ambiental. *Comision, LA Codificacion, D E Legislacion Y*, 374, 20-30–120. www.lexis.ec
- Connie. (2023). *Auxiliares de teñido*. 1–5. <https://es.htfine-chem.com/product/dyeing-auxiliaries/>
- Cotton. (2022). *Fundamentos de teñido Principios básicos*. 1–10.

<https://doi.org/www.cottonworks.com/es/temas/fuente-fabricacion/tenido/fundamentos-tenido/>

Esparza, D. J. (2016). “*Estudio comparativo del Nivel de contaminación de las Aguas Residuales generadas por los procesos textiles de tintura de lana, utilizando colorantes naturales y sintéticos.*” 2007, 1–11.

Flores, C., & Flores, K. (2021). Tests To Verify the Normality of Data in Production Processes : Anderson- Darling , Ryan-Joiner , Shapiro-Wilk and. *Societas Revistas*, 23(2), 83–97.
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/index.html>

Gabriela, A., & Recalde, V. (2019). *Tema : “ Establecimiento De Normas De Calidad En La Fabricación De Tela De Punto De Algodón En Tela Cruda Y Terminada En La Fábrica Pinto S. a .”*

García, R. D. (2018). Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro. *Avances En Química*, 3(13), 79–82.
www.saber.ula.ve/avancesenquimicaAvancesenQuímica,13

Giménez, A. (2021). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.*
https://www.academia.edu/16835717/Metodo_analitico_y_sintetico

Guanabara. (2017). *Métodos de investigación.* <http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>

Jordán, E., & Gallegos, M. (2009). *Desarrollo de un sistema de planificación de la producción para la elaboración de telas lycra, algodón y poliéster en una Empresa Textil.*

Jorge Dagnino, S. (2014). Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(4), 306–310.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvvn8k0.7>

- LABORTEKS. (2023). *IR DYER*. http://trrapid.com/pdf/irlab_labor.pdf
- Luis, J. (2014). El Método de la Investigación Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195–204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Maps, G. (2023). *Laboratorio CTEX*. 308–309.
- Martínez Adriana, Olivares Claudia, Lozada Adelfo, R. C. (n.d.). *Contaminación generada por colorantes de la industria textil*. Retrieved November 21, 2022, from <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>
- Martínez, I., Reyes, D., & Rosero, F. (2011). La Constituyente. *Alteridad*, 2(2), 74. <https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>
- Mcleod, S. (2023). *Métodos Experimentales En Psicología ¿ Qué Es Un Experimento ?* 1–10.
- Morillo, J. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de La Investigación Educativa*, 167–193. <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>
- Novasyn. (2017). *Colorantes Directos*. www.colorquimica.com.co
- Pantone. (2023). *PANTONE*. 1–11. [https://www.xrite.com/es/page/color-spectrophotometer#:~:text=Los espectrofotómetros del color permiten,en la línea de producción.](https://www.xrite.com/es/page/color-spectrophotometer#:~:text=Los%20espectrofot%C3%B3metros%20del%20color%20permiten,en%20la%20l%C3%ADnea%20de%20producci%C3%B3n.)
- Peñañiel, S. (2011). Fibras de Algodón. *Fibras de Algodón*, 3–25. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/1/capitulo1.pdf>
- Pérez-Folch, J., Valldeperas, J., Lis, M. J., Navarro, J. A., & Conde, I. (2006). Reducción electroquímica de colorantes sulfurosos. Vías de proceso. *Boletín Intexter Del Instituto de*

- Investigacion Textil y de Cooperacion Industrial*, 129, 29–34.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4693/7/reducci%F3n+electroqu%EDmica.pdf?sequence=1#:~:text=Los colorantes sulfurosos%2C utilizados en,y elevan los contenidos contaminantes>
- Piñán. (2023). *Universidad técnica del norte*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13633/2/04 IT 322 TRABAJO DE GRADO.pdf>
- Piñero-Di Blasi, J. I., Martínez-Torres, J., Pozo-Antonio, J. S., Iglesias-Comesaña, C., Cuesta, L., Taboada-Castro, J., Gajino-Núñez, P., & Tresaco-Vidaller, E. (2014). Desarrollo de una aplicación para la comparación rápida de pigmentos a partir de sus coordenadas colorimétricas. *DYNA (Colombia)*, 81(184), 49–54.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37715>
- Puente, M. (2012). Aplicación De Colorimetría En La Reproducción Del Color En Tejidos De Poliéster/Algodón a Través De Una Guía Técnica.
<Http://Repositorio.Utn.Edu.Ec/Bitstream/123456789/1007/1/REPORTE%20TECNICO.Pdf>. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1007/1/REPORTE TECNICO.pdf>
- Quiminet. (2006). *Auxiliares para el Teñido de Textiles*. 4–6.
<https://www.quiminet.com/articulos/auxiliares-para-el-tenido-de-textiles-13701.htm>
- Rizo Maradiaga, J. (2015). Técnicas de investigación Documental. *Univerddidad Autònoma de Nicaragua*, 0(0), 131. <https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>
- Solé, A. (2016). *Tintura de fibras celulósicas con colorantes reactivos. I*, 1–2.
<https://asolengin.files.wordpress.com/2016/06/tintura-de-fibras-celulc3b3sicas-con-colorantes-reactivos-i.pdf>

Solé, A. (2017). *Tintura De Fibras Celulósicas. Ii.*

Textil, R. de la industria. (2004). Una nueva gama de colorantes reactivos con excelente rendimiento de color y comportamiento ecológico - Colorantes Everzol ED. *Revista de La Industria Textil*, 422, 38–45.

Tirira, D. (2017). *Influencia De La Alta Temperatura En La Empleando Colorantes Reactivos De Base Vinyl Sulfónica (Everzol)*.
http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7411/1/04_IT_209_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

Torres, M., Gualotuña, M., Sierra, P., Pachacama, F., Patricio, N., Rivadeneira, M., & Carrión, I. (2018). *Nte Inen-Iso/Iec17025*. www.iso.org

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Convocatoria Investiga Utn*. 1–5.
<https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>

Vaca, P. (2012). *Normalizacion De Parametros En Las Variables Que Inciden En La Calidad De La Tela Jersey, Mezcla Algodón 30/1 /Elastano 40Denier, Colores Oscuros, En El Proceso De Prefijado Y Termofijado, En La Empresa Asotextil*. 1–183. http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPts/Textiles_Cadenadevalordelalgodon_Sole.pdf?locale=es

Vega, Z. (2019). Estudio técnico del nivel de degradación del color a la luz UV en las fibras de bambú y algodón. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 8.
http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7912%0Ahttp://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7912/1/04_IT_222_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

VIEWSONIC. (2021). *¿ Qué es Delta E ? ¿ Y por qué es importante para la precisión del color ? Why is Delta E Important to Professionals ? How to Calculate Delta E in Color Why You Should Choose a Monitor with Delta E of ≤ 2* . 1–4.

<https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/>

Vilaseca Vallvé, M. (2015). Eliminación del color de las aguas residuales procedentes de la tintura con colorantes reactivos. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*, 3, 272. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/95783/TMMVV1de1.pdf>

Wang, C. W. (2012). *Everlight Chemical Industrial Corporatio*.

Wang, C. W. (2015). *Everlight Chemical Industrial Corporation* (p. A-31).

X-Rite. (2002). *Entender la Comunicación del Color*. https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/110-001_a_guide_to_understanding_color_communication/110-001_understand_color_es.pdf

X-rite Ci76000 - Ci7800 Transmission Kit.pdf. (2020).

Yépez, K. (2012). *Determinación de las mejores condiciones de reproducibilidad de tintura con colorantes reactivos en algodón 100%*. *Figura 1*, 2–3. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20382/1/T-UCE-0017-IQU-078.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA TEXTIL



Ibarra, 05 de junio del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero Fausto Gualoto M. en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

CERTIFICO

Que la señorita **MALDONADO GUERRERO MELISSA SUSANA** portadora de la cédula de ciudadanía N°100508675-4, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE COLORANTE RESIDUAL EN EL BAÑO DE POST TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS EN UN TEJIDO JERSEY ALGODÓN 100%**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- IR DYER – Proceso de tintura.
- ESPECROFOTÓMETRO POR TRANSMITANCIA- Normas de referencia ISO 17025-Calidad de ensayos en el laboratorio y calibraciones y la ISO 105 - A06 2014- Medición del color en las coordenadas CIELAB.

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



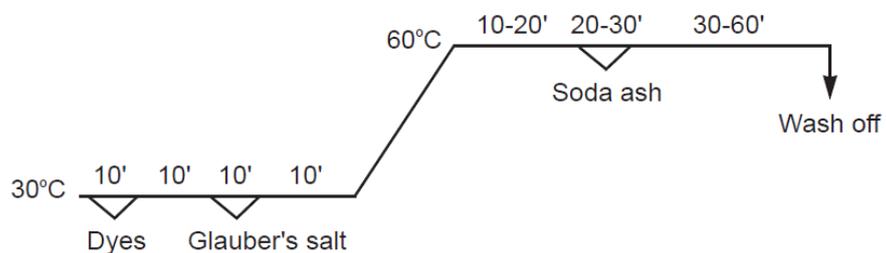
ING. GUALOTO FAUSTO M.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX

Anexo 2

Curva de procesos Catalogo Everzol

3. Exhaust dyeing :

(1) General method : Temperature rise method :



Anexo 3

Dosificaciones de Auxiliares

% Colorante	Saltex (g/L)	Marvacol ATP HSP (g/L)
Menor a 0,5	20	2
0,5 - 1,0	30	2
1,0 - 2,0	40	3
2,0 - 3,0	50	3 a 4
3,0 - 4,0	60	4
4,0 - 5,0	70	5
Mayor a 5,0	80	5 a 6

PARA MARINOS Y NEGROS

% Colorante	Saltex (g/L)	Marvacol ATP HSP (g/L)
2,0 - 3,0	60	3 a 4
3,0 - 4,0	70	4
4,0 - 5,0	80	5
Mayor a 5,0	90	5 a 6

Anexo 4

Ficha Técnica Marvacol ATP HSP

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

MARVACOL ATP HSP

Revisado/Aprobado por: Investigación y Desarrollo

Última revisión: 02/04/2018



DESCRIPCION GENERAL DEL PRODUCTO

MARVACOL® ATP HSP es un álcali especialmente diseñado para la tintura de colorantes reactivos. Reemplaza con múltiples ventajas los álcalis convencionales tales como soda cáustica, carbonato de sodio y bicarbonato de sodio en la tintura de dichos colorantes. Su efecto bufferizante permite un mayor control del pH, especialmente en máquinas de circulación con bajas relaciones de baño.

MARVACOL® ATP HSP tiene un poder alcalinizante superior, que permite obtener pHs de tintura altos a bajas dosificaciones de producto.

MARVACOL® ATP HSP esta exento de productos controlados por el Consejo Nacional de Estupefacientes de la república de Colombia en su resolución 01 de 2015.

Anexo 5*Proceso de Tintura y Medición de aguas residuales*



