



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,
MODALIDAD PRESENCIAL**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL TEJIDO DENIM
DECOLORADO CON HIPOCLORITO DE SODIO, PERMANGANATO DE
POTASIO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Textil

Línea de Investigación: Producción Industrial y Tecnología Sostenible

Autor: Chávez Quimbiulco Lizbeth Abigail

Director: MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

IBARRA – 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad 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	172611269-9		
APELLIDOS Y NOMBRES	Chávez Quimbiulco Lizbeth Abigail		
DIRECCIÓN	Cayambe-Juan Montalvo		
EMAIL	lachavezq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	022127778	TELF. MÓVIL:	0999318412

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL TEJIDO DENIM DECOLORADO CON HIPOCLORITO DE SODIO, PERMANGANATO DE POTASIO”
AUTOR:	Chávez Quimbiulco Lizbeth Abigail
FECHA:	20 de mayo 2024
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> Grado <input type="checkbox"/> Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera textil
DIRECTOR:	MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

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 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 20 días, del mes de mayo de 2024

EL AUTOR:

Firma:



Nombre: Chávez Quimbiulco Lizbeth Abigail

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 20 de mayo de 2024

MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de trabajo de Integración Curricular, 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: 100308393-6

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular **“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL TEJIDO DENIM DECOLORADO CON HIPOCLORITO DE SODIO, PERMANGANATO DE POTASIO”** elaborado por Lizbeth Abigail Chávez Quimbiulco, 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. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

C.C: 100308393-6

(f).....

MSc. Herrera Villareal Wilson Adrián

C.C: 100286804-8

DEDICATORIA

Dedico este proyecto investigativo a mi familia, han alentado la culminación de mis estudios y han apoyado incondicionalmente cada uno de mis logros.

Son los pilares de mi progreso que han nutrido mi sentido de responsabilidad, valores y ganas de progresar. Son una gran motivación para seguir adelante.

Me animan cada vez que estoy luchando y me dan ganas de seguir alcanzando mis metas. Mis hermanos tenían grandes expectativas y he podido demostrarles que con dedicación, trabajo duro y determinación se pudo lograr los objetivos propuestos.

Lizbeth Abigail Chávez Quimbiulco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y la oportunidad de cursar mis estudios en la Carrera de Textiles, misma que me ha permitido adquirir nuevos conocimientos y desarrollarme profesionalmente.

Gracias a mis profesores por su paciencia y dedicación, especialmente al MSc. Omar Godoy por guiarme y brindarme los conocimientos necesarios para el desarrollo de mi trabajo de tesis.

Gracias a mis padres por apoyarme, me dicen siempre que el trabajo duro dará sus frutos en el futuro y me permitirán tener éxito. Quiero agradecerles por sus sacrificios que me permitieron completar mi formación universitaria.

Infinitas gracias a la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Textiles.

Lizbeth Abigail Chávez Quimbiulco

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la resistencia del tejido denim decolorado con permanganato de potasio e hipoclorito de sodio; por lo cual, mediante un análisis previo se determinaron parámetros claves para el desarrollo de este estudio como: tiempo de procesamiento, temperatura, dosificaciones de los productos oxidantes y auxiliares, permitiendo someter a un tejido denim a procesos controlados de desengomado y decolorado. Para el proceso de bajado de tono se utilizó el equipo IR DYER a una relación de baño 1:10 y se procesaron 10 muestras (5 probetas de urdimbre y 5 de trama) en concentraciones de permanganato de potasio de: 0,15 g/L; 0,25 g/L; 0,35 g/L y de hipoclorito de sodio a dosificaciones de: 15 g/L; 25 g/L; 35 g/L; posteriormente, con ayuda del dinamómetro Titán 5, se desarrollaron ensayos dinamométricos, bajo la norma ISO 13934-2 2014 - determinación de la fuerza máxima por el método del agarre, tomando en cuenta los variables y especificaciones que conlleva el empleo de esta.

Los resultados encontrados muestran que un sustrato tratado con 8 g/L de permanganato de potasio pierde su resistencia en un 9,04% soportando una carga de 688,7 (N) en urdimbre y en trama el decrecimiento de la resistencia es del 5,72% soportando una carga de (592,26 N); asimismo, las muestras tratadas con 35 g/L de hipoclorito de sodio en sentido de la urdimbre, pierden resistencia en un 11,87 % (667,19 N) y en trama la pérdida de la resistencia bordea el de 8,77 tras el proceso de decoloración.

En síntesis, se concluye que la cantidad de producto es inversamente proporcional a la resistencia final del tejido, pues mientras más producto se añade a la receta la resistencia se reduce sustancialmente; y esto es más crítico inclusive, al utilizar hipoclorito de sodio en el proceso.

Palabras clave: Desengomado, índigo, IR DYER, autoclave, dinamómetro.

ABSTRACT

The present investigation aims to evaluate the resistance of faded denim fabric treated with potassium permanganate and sodium hypochlorite. To achieve this, key parameters for the development of this study were determined through a preliminary analysis, including processing time, temperature, dosages of oxidizing and auxiliary products. This allowed subjecting denim fabric to controlled processes of scouring and fading.

For the toning-down process, the IR DYER equipment was used at a bath ratio of 1:10, processing 10 samples (5 warp and 5 weft specimens) at concentrations of potassium permanganate: 0.15 g/L, 0.25 g/L, 0.35 g/L, and sodium hypochlorite dosages of: 15 g/L, 25 g/L, 35 g/L. Subsequently, using the Titan 5 dynamometer, dynamometric tests were conducted according to ISO 13934-2:2014 - Determination of maximum force using the grab method, considering the variables and specifications involved in its use.

The results indicate that a substrate treated with 8 g/L of potassium permanganate loses its strength by 9.04%, supporting a load of 688.7 N in warp and a 5.72% decrease in strength, supporting a load of 592.26 N in weft. Similarly, samples treated with 35 g/L of sodium hypochlorite in the warp direction lose resistance by 11.87% (667.19 N), and in the weft, the loss of resistance is approximately 8.77% after the fading process.

In summary, it is concluded that the amount of product is inversely proportional to the final fabric strength. Adding more product to the recipe substantially reduces resistance, and this effect is even more critical when using sodium hypochlorite in the process.

Keywords: Scouring, indigo, IR DYER, autoclave, dynamometer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL TEMA	1
ANTECEDENTES	2
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	3
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO I.....	6
1 ESTADO DEL ARTE	6
1.1 ESTUDIOS PREVIOS	6
1.1.1 Influencia de productos oxidantes en el tejido denim	6
1.1.2 El engomado en el denim	8
1.2 MARCO LEGAL.....	10
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	10
1.2.2 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	11
1.3 MARCO CONCEPTUAL	11
1.3.1 El tejido denim.....	11
1.3.2 Características del tejido denim.....	12
1.3.3 Fibras para la construcción del denim	13
1.3.4 El teñido del denim.....	14
1.3.5 Agentes de degradación del azul índigo	15
CAPÍTULO II.....	21

2	METODOLOGÍA	21
2.1	INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA.....	21
2.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.2.1	Método inductivo.....	21
2.2.2	Método deductivo	21
2.3	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	22
2.3.1	Experimental de laboratorio	22
2.4	FLUJOGRAMAS.....	22
2.4.1	Flujograma general	22
2.4.2	Flujograma muestral.....	23
2.5	CARACTERIZACIÓN DEL TEJIDO	25
2.6	MATERIALES, EQUIPOS Y PARÁMETROS	26
2.6.1	Materiales.....	26
2.6.2	Equipos.....	27
2.7	NORMAS TEXTILES	30
2.7.1	Norma ISO 13934-2: 2014 determinación de la fuerza máxima	30
2.8	PARÁMETROS.....	30
2.9	PROCEDIMIENTO EN LA LAVADORA DE PRENDAS.....	34
2.10	PROCEDIMIENTO AUTOCLAVE.....	35
2.11	PROCEDIMIENTO ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 13934-2.....	36
	CAPÍTULO III	38
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
3.1	RESULTADOS	38
3.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
3.2.1	Normalidad de datos	40

3.2.2 Análisis de varianza	42
3.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS	44
CAPÍTULO IV.....	47
4.1 CONCLUSIONES.....	47
4.2 RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bajado de tono con hipoclorito de sodio	7
Tabla 2 Bajado de tono con permanganato de potasio	10
Tabla 3 Propiedades físicas del permanganato de potasio.....	17
Tabla 4 Decoloración del índigo.....	18
Tabla 5 Propiedades físicas para el hipoclorito de sodio.....	20
Tabla 6 Caracterización de tejido	25
Tabla 7 Materiales usados en la fase práctica.....	26
Tabla 8 Receta de desengomado.....	31
Tabla 9 Receta del permanganato de potasio	32
Tabla 10 Receta del hipoclorito de sodio	33
Tabla 11 Resultados consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción en sentido de la urdimbre.....	39
Tabla 12 Resultados consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción en sentido de la trama	40
Tabla 13 Normalidad de los datos urdimbre.....	41
Tabla 14 Normalidad de los datos trama	42
Tabla 15 Análisis de la varianza de los datos de urdimbre.....	43
Tabla 16 Análisis de la varianza de los datos de trama	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la Planta Académica Textil CTEX.....	5
Figura 2 Curva de desengomado	9
Figura 3 Jeans Vintage Wrangler	12
Figura 4 Estructura química del permanganato de potasio	16
Figura 5 Estructura química del hipoclorito de sodio	19
Figura 6 Flujograma general	23
Figura 7 Flujograma Muestral	24
Figura 8 Tinturadora de prendas.....	27
Figura 9 Equipo IR DYER	28
Figura 10 Dinamómetro textil Titán 5.....	29
Figura 11 Curva de proceso del desengomado.....	31
Figura 12 Curva de proceso con permanganato de potasio.....	32
Figura 13 Curva de proceso con hipoclorito de sodio.....	34
Figura 14 Gráfico de barras de la resistencia a la tracción urdimbre	45
Figura 15 Gráfico de barras de la resistencia a la tracción trama.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de uso de laboratorio de la Carrera de Textiles	55
Anexo 2 Ficha técnica del permanganato de potasio	56
Anexo 3 Ficha técnica del Hipoclorito de Sodio.....	57
Anexo 4 Bajado de tono con hipoclorito de sodio y permanganato de potasio.	58
Anexo 5 Muestras decoloradas.....	58
Anexo 6 Ensayos dinamométricos	58

INTRODUCCIÓN

Dentro del presente proyecto se realizará un análisis comparativo de la degradación del tejido denim, mediante el uso del hipoclorito de sodio y permanganato de potasio, tomando en cuenta como única variable independiente las dosificaciones de estos agentes decolorantes, este análisis dará a conocer cuál de los dos productos incide en la resistencia a la tracción del tejido y por consiguiente en su durabilidad.

El proceso se lo realizó en los laboratorios de la Carrera de Textiles, utilizando el dinamómetro textil titán 5 aplicando la norma 13934-2, el cual permite analizar la resistencia a la tracción de los tejidos.

Las distintas muestras fueron sometidas a un proceso de decoloración con el fin de analizar cuál de los dos productos utilizados en el rubro de la producción de jeans afecta o no al tejido, se analizaron los resultados utilizando un programa estadístico PAST 4, permitiendo comparar los distintos resultados obtenidos durante los ensayos.

Descripción del tema

La industria textil moderna y el sector del vestido, bajo el concepto de la moda "*fast fashion*" y la fabricación de prendas a muy bajos costos, ha generado condiciones de manufacturas precarias, e involucrando la gestión inadecuada de los residuos resultantes de los procesos de teñido de los tejidos (Liébana, 2023), al igual que la fase de acabados, por la gran cantidad de remanentes con contaminantes químicos y tóxicos, mismo que, al no ser tratados de manera adecuada, afectan al ecosistema (Alvarado, 2017).

Dentro la industria textil se puede encontrar los procesos de acabados, ya que permite mejorar el sustrato textil de manera visual al igual que sus propiedades como: color, textura, resistencia, entre otros; esto conlleva a la utilización de productos con diferentes características (Dabedan, 2016), estos pueden ser el permanganato de potasio e hipoclorito de sodio, los cuales

son utilizados para el proceso de degradación del colorante índigo (Experimentación textil artesanal, 2016); la utilización de estos componentes químicos permite generar desgaste en la coloración del sustrato textil, esto permite analizar la posible variabilidad en la resistencia del tejido y comparar resultados finales pues, el uso del permanganato de potasio genera problemas de calidad, y tiene baja intensidad de decoloramiento (Estrada Cano, 2014).

Un punto por considerar es la concentración del permanganato de potasio y sus dosificaciones, esto permite generar distintos resultados como, por ejemplo: mayor desgaste de color al igual que la resistencia de la fibra. Se deduce que el uso de este compuesto químico puede beneficiar su utilidad en el proceso de degradación del colorante en el sustrato textil y no se ha tomado en cuenta la degradación de la resistencia de la fibra.

Al reemplazar el permanganato de potasio por el hipoclorito de sodio se observará diferencias entre los remanentes de cada proceso, e incluso como cambia la tonalidad de acuerdo con las diferentes concentraciones que serán aplicadas durante el proceso de acabado del textil y se podrá analizar la resistencia a la tracción del sustrato.

Antecedentes

Dentro de la industria de la moda, se ha ido generando diversos acabados, jugando con la tonalidad del tejido, influenciando el color o el acabado, permitiendo así, crear gran variedad de diseños, logrando tener distintos usos, por ejemplo: vestuario para el trabajo dentro de las industrias.

El denim es uno de los tejidos más versátiles dentro de la industria textil, también es conocida como jeans o vaquero. Este sustrato textil, generalmente está formado por la urdimbre con hilos azules e hilos de trama blanca, este tejido generalmente es teñido con un azul índigo, de allí su nombre característico (Rios, 2023); al cual, se lo puede dar un bajado de tono aplicando distintos acabados.

Un proceso de acabado químico de decoloración o bajado de tono, implica el uso de hipoclorito de sodio y el permanganato de potasio, los cuales permiten generar la degradación del color. Esto depende del porcentaje de químico utilizado en cada muestra, también influye la temperatura, el pH, y la adición de otros compuestos químicos que pueden ayudar al proceso de acabado de los tejidos y afectar a la resistencia de este.

Gracias al uso de las fichas técnicas de estos químicos, se puede conocer sus dosificaciones y aplicarlas en otras áreas que no involucran al sector textil, como: el uso de hipoclorito de sodio en la desinfección de frutas y verduras.

Importancia del estudio

Las innovaciones tecnológicas en cuanto a los acabados del denim tienen diferentes procesos mecánicos y químicos con el fin de dar un mejor aspecto, dando características adicionales al tejido denim con el fin de satisfacer la demanda del mercado textil. Se presentan alternativas como la decoloración o el envejecido de tejido denim. La durabilidad del teñido depende de las concentraciones utilizadas para el bajado de tono, al igual que los procesos y productos utilizados, los cuales reaccionan directamente con la fibra (Méndez, 2017).

Por consiguiente, el presente trabajo consiste en ampliar una nueva línea de investigación con relación a la influencia del hipoclorito de sodio y el permanganato de potasio en la resistencia a la tracción del tejido denim, que permita evaluar la afectación real a la muestra o la generación de una mayor resistencia o la disminución de la misma, de acuerdo al porcentaje del producto oxidante utilizado.

Para lograr este tipo de acabado se puede usar el proceso físico como es el uso de la piedra pómez que permite generar la degradación del color azul índigo, permitiendo así, el deterioro del denim en un determinado tiempo (Costa, 2015).

Se puede encontrar otros tipos de acabados los cuales son aplicados en el proceso de lavandería como el SAND BLASTING FÍSICO el cual es causado por chorros de arena que crea efectos de degeneración o envejecimiento (Lugo, 2017). De acuerdo con otros estudios se puede realizar los análisis comparativos sobre los procesos de acabados.

Esta investigación ha sido factible de poner en marcha, ya que se contó con los recursos económicos que cubran los gastos necesarios, además de la utilización de los equipos normalizados y productos seleccionados, garantizan los resultados idóneos que, a vez, permitan a futuro promover nuevos estudios con respecto al tema.

Objetivo general

Evaluar la resistencia a la tracción de la decoloración del tejido denim con hipoclorito de sodio, permanganato de potasio.

Objetivos específicos

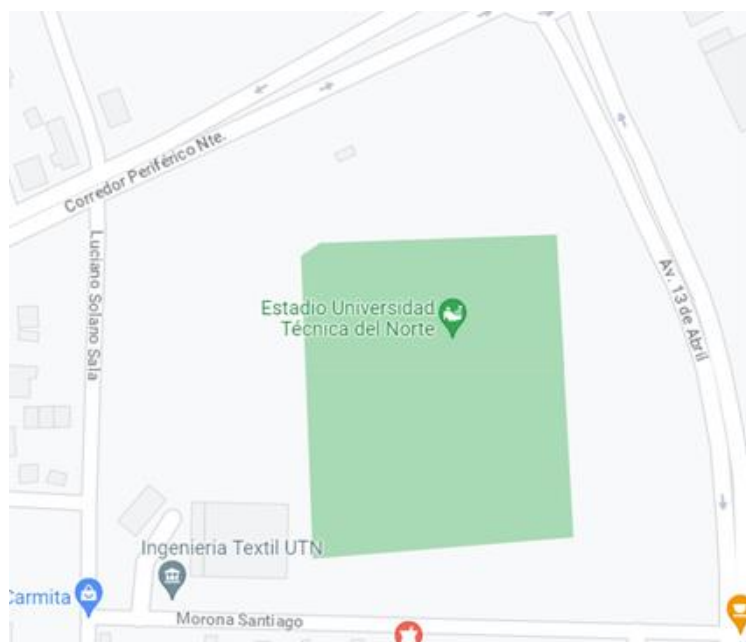
- Investigar en fuentes bibliográficas las propiedades del hipoclorito de sodio y permanganato de potasio en la decoloración de tejido denim.
- Decolorar el colorante índigo del tejido denim con hipoclorito de sodio y permanganato de potasio a diferentes concentraciones.
- Evaluar los resultados mediante la norma ISO 13934-2 resistencia a la tracción de las distintas muestras a realizarse en el laboratorio a diferentes concentraciones.

Características del sitio del proyecto

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra en los laboratorios de la Carrera de Textiles perteneciente a la Universidad Técnica del Norte (ver **Figura 1**), en donde se dispone de distintas máquinas y equipos de alta tecnología, los cuales están estandarizados y normalizados, su ubicación es en el barrio Azaya, campus de estadio universitario.

Figura 1

Ubicación geográfica de la Planta Académica Textil CTEX



Nota. La imagen muestra la ubicación del laboratorio de CTEX al año 2023. Fuente: (Google maps, 2023).

CAPÍTULO I

1 ESTADO DEL ARTE

1.1 Estudios previos

En la industria textil se ha buscado diferentes métodos para realizar el envejecimiento del tejido en especial del denim, también conocido como tejido vaquero como menciona García (2022) en su investigación de envejecimiento del denim con enzimas, en este caso la celulasa aplicada previo al desengomado, con el fin de hidrolizar parcialmente la superficie de la fibra en el cual establecieron los parámetros de “temperatura a 40-65°C, pH 4.5-7, tiempo de operación: 15-60 minutos y relación de baño 1:3-1:15” (p.14).

Continuando con un subproceso se tiene el bajado de tono utilizando el “Permanganato de Potasio 0,25 g/L, Volumen agua 30 L, Temperatura Ambiente, Tiempos 10 min” (p.31).

Además, García (2022) sugiere el uso del hipoclorito de sodio como agente blanqueador que es necesario aplicar en el proceso de lavado para obtener un bajado de tono a través de las siguientes dosificaciones: “Hipoclorito de sodio 15 g/L, Volumen agua 30 L, Temperatura 35-40 °C, pH 11, Tiempos 20 min” (p.40), obteniendo así un denim azul claro; de igual forma, destacó que al unir un agente blanqueador y piedra pómez se denomina lavado con hielo, el cual genera la decoloración del tejido.

1.1.1 Influencia de productos oxidantes en el tejido denim

El lavado ácido o lavado de luna son procesos de blanqueo tediosos los cuales, al finalizar el proceso de bajado de tono, el permanganato potásico debe ser removido del tejido empleando el metabisulfito.

El proceso de blanqueado con hipoclorito es rápido, eficiente y barato, pero también sufre de un número de desventajas como el manejo incorrecto de las dosificaciones, las cuales

pueden llegar a causar daño en el tejido. Este proceso no permite obtener el mismo nivel de blanqueo en diferentes corridas.

Tabla 1

Bajado de tono con hipoclorito de sodio

Etap	Auxiliares	Dosificación	Agua	Temperatura	pH	Tiempo
		(g/L)	(L)	(°C)		(min)
A	Antiquiebre	3,0	30	Ambiente	7	15
	Alfamilasa (10%)	0,3				
	Descontaminante- Humectante	2,0				
B	Celulasa Híbrida	0,15	30	40	7	30
	Descontaminante- Humectante	0,15				
C	Hipoclorito de sodio	15,0		35-40	11	20
	Sosa cáustica	0,167	30			
D	Metabisulfito de sodio	2,0	30	30-40	7	10
E	-	-	60	Ambiente	-	5
D	Suavizante	4,0	30	Ambiente	5	10
	Ácido Acético	0,15				

Nota. Las etapas con abreviaturas, A: desengomado, B: abrasión, C: bajado de tono, D: neutralizado, E: enjuague y D: suavizado. Adaptada de (Chávez, 2017).

En la **Tabla 1** destacan los procesos que se realiza al tejido vaquero, el cual inicia con un desengomado donde se aplica una enzima denominada alfamilasa que acelera el proceso y evita dañar al tejido, luego en el proceso de abrasión se utiliza piedra pómez con el fin de dar

un acabado, luego realiza un bajado de tono con hipoclorito de sodio, posteriormente, se sugiere un neutralizado con metabisulfito y finalmente un enjuague por 10 minutos a temperatura ambiente.

Además, el hipoclorito de sodio es un químico nocivo que puede dañar tejidos de celulosa, causando la pérdida de la resistencia en el sustrato textil, las roturas en poros de las costuras y bolsillos, ya que el hipoclorito de sodio es un elemento corrosivo y se debe tener precaución en su empleo durante los procesos en las plantas de producción (Coats, 2023).

1.1.2 El engomado en el denim

Según Rivilla Osler & Wilson Santos, (2003), todo tejido plano para ser enviado a la tejeduría tiene un previo tratamiento denominado engomado o encolado, el cual se trata de sumergir los hilos de la urdimbre por una solución denominada almidón y otro producto con el fin de mejorar la resistencia.

Este proceso consta de dos fases

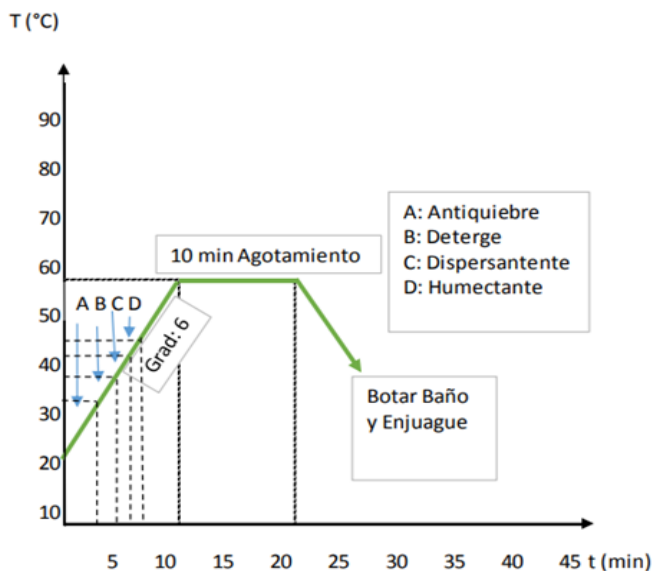
- **Inmersión.** Los hilos de urdimbre son introducidos en una tina con una solución de cola, para que el pegamento penetre en la fibra y de esta manera este sea engomado.
- **Exprimido.** En esta etapa se retira el exceso de pegamento de la fibra, controlando el contenido de esta mediante el pick up.

Cabrera (2022) menciona que el desengomado se realiza con el objetivo de eliminar la goma de los hilos, el cual fue agregado en el proceso de tejeduría. Las enzimas más utilizadas son las alfaamilasas, permitiendo remover las ceras, grasas y la suciedad que venga del área de hilatura. Se debe realizar antes del descrude y blanqueo el cual permite eliminar los productos empleados es el engomado, esto se lo debe realizar con el fin que el teñido sea efectivo, ya que el engomado no permite la correcta absorción de los auxiliares y colorantes en los procesos

posteriores. A continuación, en la **Figura 2** se observa el proceso de desengomado de una curva de referencia.

Figura 2

Curva de desengomado



Nota. La figura muestra la curva del desengomado donde da a conocer el tiempo y la temperatura en la que se realiza este proceso. Fuente: (Pepe, 2017).

En la **Figura 2**, se observa la curva del proceso de desengomado, en la cual se inicia a 20°C , continuando con el tratamiento se aplica los productos de anti quiebre, detergente, dispersante, humectante y el sustrato textil, se prosigue a subir la temperatura de acuerdo con la curva hasta llegar a 60°C donde se mantiene un tiempo de agotamiento de 10 minutos y luego se procede a botar el baño y finalmente se realiza el enjuague de las muestras.

En la **Tabla 2** se destacan los procesos que se realiza al tejido vaquero, se inicia con un desengomado en el cual se aplica la enzima alfaamilasa que acelera el proceso y evita dañar al tejido, luego en el paso de abrasión se utiliza piedra pómez con el fin de dar un acabado, después se realiza un bajado de tono con permanganato de potasio y finalmente, sugiere un neutralizado con el fin de eliminar el amarillamiento del producto.

Tabla 2*Bajado de tono con permanganato de potasio*

Etapa	Auxiliares	Dosificación	Agua	Temperatura	pH	Tiempo
		(g/L)	(L)	(°C)		(min)
A	Antiquiebre	3,0	30	Ambiente	7	15
	Alfamilasa (10%)	0,3				
	Descontaminante- Humectante	2,0				
B	Celulasa Híbrida	0,15	30	40	7	30
	Descontaminante- Humectante	0,5				
C	Permanganato de potasio	0,25	30	35-40	>5	10
D	Neutralizante PP	2,0	30	Ambiente	>5	15
	Metabisulfito de Sodio	2,0	30	60	-	15
	Ácido Oxálico	1,0				
E	-	-	60	Ambiente	-	5

Nota. Las etapas con abreviadas, A: desengomado, B: abrasión, C: bajado de tono, D: neutralizado y E: enjuague. Adaptada de (Chávez, 2017).

1.2 Marco legal

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Con base a la Constitución de la Republica de Ecuador menciona los siguientes artículos referentes al medio ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

Art. 83.- Literal 6 detalla: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

El Art. 395.- Literal 1 menciona: El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones (pp. 41-188).

1.2.2 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La presente investigación se encuentra relacionada con las siguientes líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte y de la Carrera de Textiles:

- Producción Industrial y Tecnología Sostenible (Universidad Técnica del Norte, 2022).

1.3 Marco conceptual

1.3.1 El tejido denim

El denim es un tejido compuesto principalmente de hilos de algodón los cuales son entrelazados, dando forma a una estructura resistente; sin embargo, este se lo puede fabricar con poliéster, lycra, tencel o modal (Muñetón, 2017). Este sustrato textil crudo es transformado a una gran variedad de prendas, siendo un material muy versátil y lo hace adecuado para los diferentes usos (Castro, 2023), utilizando diferentes colores, tonos y acabados, se puede teñir el tejido denim con el colorante azul índigo, el cual es el más común, sin embargo se puede teñir con cualquier color. Al denim se puede aplicar distintos procesos de acabados como químicos o mecánicos llegando a obtener prendas acordes a la tendencia a nivel mundial. Este tejido sin sus tratamientos es muy rígido por lo cual se debe aplicar distintos procesos que permitan que este tenga mayor flexibilidad y comodidad, llegando a tener una apariencia personalizada, satisfaciendo las necesidades de los consumidores y la moda (Zhang et al., 2023).

Este tejido se caracteriza por resistencia, su capacidad de adaptación y color. También este tejido se ha modificado, por lo cual este es más liviano y confortable, llegando a adaptarse a las distintas tendencias de la moda. Cabe destacar que la producción de este tejido requiere grandes químicos y recursos naturales, los cuales afectan al medio ambiente (Hernandez, 2023).

Figura 3

Jeans Vintage Wrangler



Fuente: (Etsy, 2023)

El tejido denim o vaquero, esta introducido en el área industrial ya que este es resistente y es usado para el trabajo y a su vez este también es empleado de manera cotidiana e incluso este juega un papel muy importante en la industria de la moda por su variedad, acabados, combinaciones o usos que se le otorga.

1.3.2 Características del tejido denim

a) Composición

Los hilos de trama en el proceso de fabricación del denim son los que se encuentran dispuestos en sentido transversal al urdido, pueden ser hilos de algodón, poliéster, lyocell, crudos, teñidos o blanqueados, o pueden ser hilos de poliéster blancos o preteñidos, también se utilizan hilos core spun con elastano (Chávez, 2015).

La marca Wrangler se enfoca en el cuidado del planeta de modo que esta trabaja con materiales reciclados:

- EcoRegen para el lavado ligero y la decoloración con láser en la mezclilla

La gama de hilos 100% de lyocell está fabricada con la pulpa de madera de origen sostenible. Este es reciclable, biodegradable y compostable ya que este es de origen celulósico; además de reducir la huella de carbono o la contaminación ambiental, ofrece comodidad y durabilidad (corte).

- Hilos EcoVerde 100% reciclados

El hilo de poliéster reciclado ofrece la misma durabilidad y calidad que los materiales vírgenes para la mezclilla e incluye Dual Duty EcoVerde, Epic EcoVerde y Gral EcoVerde.

- Tre Cerchi Vero y Vero +

Estos hilos de algodón 100% están fabricados con materias primas sostenibles de primera calidad y aportan costuras atractivas y brillantes a una amplia gama de productos (Coats, 2022).

b) Ligamento

Los ligamentos del tejido denim generalmente son sargas que producen una unión diagonal que sobresale en la superficie del tejido, cuando esta va direccionada hacia la derecha se denomina “*right hand twill*” (RHT), cuando esta va direccionada hacia a izquierda se denomina “*left hand twill*” (Chávez, 2015).

1.3.3 Fibras para la construcción del denim

a) Poliuretano

Fibra que proporciona elasticidad, estiramiento y recuperación de los tejidos, este genera resistencia a las arrugas y una mejor apariencia a las prendas elaboradas con esta fibra (Chimborazo, 2020).

b) Tencel

Esta fibra tiene una baja huella de carbono, por su proceso de fabricación de círculo cerrado, la cual consiste en la transformación de la pulpa de madera en fibras (Vargas & Cardenas, 2021).

c) Polialgodón

Esta fibra es de origen natural, la cual es amalgamada con las fibras sintéticas, llegando a tener características de resistencia, durabilidad, transpirabilidad, suavidad y de fácil cuidado. Generalmente su composición se encuentra entre 65% poliéster y 35 % algodón (Iliuc, 2022).

1.3.4 El teñido del denim

Según Chávez (2017, p. 8) menciona que la máquina lavadora de prendas es el equipo más importante en el proceso de lavado y teñido del denim. Todo el lavado se da dentro de estas máquinas, las cuales poseen un tambor rotatorio el cual gira permitiendo el contacto de las prendas con el agua y los distintos auxiliares químicos empleados. Este equipo es de los más utilizados en las lavanderías de prendas denim, estas están compuestas de materiales de alto grado, las cuales resisten choques mecánicos y las acciones químicas.

La industria química desarrolla un amplio estudio de colorantes sintéticos, permitiendo el acceso a una gran variedad de tonalidades, estos colorantes deben fijarse en la fibra, resistente al lavado y la luz (Acosta & Brisneda, 2018).

La manipulación de cada tinte o colorante se debe realizar con procedimientos individuales, ya que estos tienen diferentes estructuras moleculares, contenido de tinte puro, alcalinidad, concentración de agente reductor, agitación, área superficial específica del licor del

tinte, temperatura. Para fijar el color índigo se emplean mecanismos de óxidos de reducción complejos, ya que el índigo es insoluble en el agua y no tiene afinidad con las fibras celulósicas (Quintero & Cardona, 2010).

El colorante índigo también puede ser reducido por agentes reductores como el ditionito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), hidroxiacetona, hidrógeno o mediante métodos electroquímicos.

El proceso de reducción se lo realiza en el medio alcalino (pH 11-14) por hidróxido de sodio, solución de potasio, sales metálicas. El donador de hidrógenos es el agente reductor, esto permite sustraer el oxígeno o a su vez adiciona electrones a otros químicos empleados en el proceso.

Durante este proceso el agente reductor se oxida. El índigo se reduce (forma anión leuco enolato) este llega con menos color y logra a ser soluble en el agua, permitiendo así tener afinidad por las fibras celulósicas y de esta manera este ingresara a los espacios abiertos de las fibras.

Después del proceso de tenido, las fibras son expuestas al aire y la molécula de tinte se oxida y esta vuelve a su forma insoluble. Las partículas de tinte insolubles quedan atrapadas en las fibras, permitiendo que tiña de azul permanentemente a la prenda.

1.3.5 Agentes de degradación del azul índigo

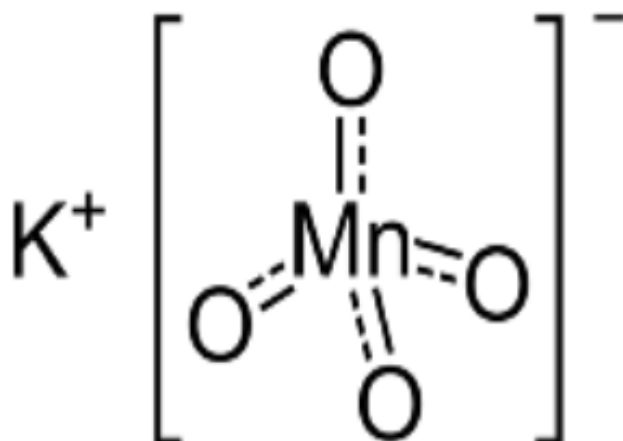
a) Permanganato de potasio (KMnO_4)

El permanganato de potasio (ver **Figura 4**) es una sustancia estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Este auxiliar es un oxidante fuerte pero no es combustible, pero esta sustancia puede causar fuego en contacto llega a generar reacción con agentes

reductores o combustibles, e incluso llega a formar vapores tóxicos. Este tiene una gran variedad de aplicaciones, actúa como oxidante para tratamiento del agua.

Figura 4

Estructura química del permanganato de potasio



Nota: La imagen muestra la estructura química del permanganato de potasio (KMnO₄). Fuente: (Chimica-Online, 2023).

La aplicación de este químico produce una reacción de oxidación tornando la tela de color oxido, facilitando la descarga de color con un neutralizado adecuado, no produce pérdida de resistencia sobre el algodón y sus mezclas. Esta descarga permite obtener tonos blancos-celestes (Mejía, 2018).

El neutralizado es un proceso necesario durante el proceso de bajado de tono, con el fin de eliminar los agentes oxidantes en el sustrato textil, evitando el amarillamiento. Obteniendo una prenda sin residuos químicos, siendo un tejido apto para procesos posteriores (Cabrera, 2022, p. 24).

La **Tabla 3** detalla las propiedades físicas del permanganato de potasio, el cual se encuentra en estado sólido, este es soluble en alcohol metílico, ácido acético, acetona y piridina.

Tabla 3*Propiedades físicas del permanganato de potasio*

Propiedades	Valor
Punto de ebullición (°C)	No aplica
Estado físico	Sólido
Punto de fusión (°C)	240 (descomposición)
Presión de vapor (mmHg)	No reportado
Gravedad específica (Agua = 1)	2.703
Densidad de vapor (Aire =1)	5,4
pH	No aplica
Solubilidad en agua (g/100g H ₂ O)	6,34; 20 °C
Límites de inflamabilidad (% vol)	No reportado
Temperatura de auto ignición (°C)	No reportado
Punto de inflamación (°C)	No reportado

Adaptada de: (Ideam, 2023, p. 321)

El permanganato de potasio actúa como un agente oxidante permitiendo generar el bajado de tono de los tejidos, se debe aplicar el metabisulfito para realizar un neutralizado y retirar este producto del tejido para evitar su continua degradación, también se lo utiliza como preservativo de frutas y flores, además se lo maneja para el tratamiento de agua potable y la purificación de plantas de tratamiento de aguas residuales. La inhalación de este compuesto causa la falta de respiración y sus altas concentraciones pueden llegar a producir un edema pulmonar, por consiguiente, al ser expuesta a la piel, a este producto se recomienda lavar con abundante agua y jabón.

Pepe (2017) en su investigación relacionado a las pruebas de tintura de índigo, destaca que la relación de baño óptima es de 1:10, además en los resultados en la solidez al planchado la temperatura adecuada es de 150 °C. Por ello, en la **Tabla 4**, se muestra la receta idónea para la decoloración del índigo.

Tabla 4

Decoloración del índigo

Productos	Concentraciones
Permanganato de potasio	0,5 %
Metabisulfito de sodio	1 g/L
Detergente	0,25 g/L
Ácido oxálico	0,5 g/L
Dispersante	0,25 g/L

Adaptado de (Pepe, 2017, p. 133)

En base a la tabla anterior en el cual aplica 0,5 % de permanganato de potasio, se realizó la siguiente curva de tintura de 20 °C con una gradiente de 2 °C/min hasta llegar a los 30 °C, con un tiempo de agotamiento de 10 min, posterior a ello se bota el baño y se realiza un enjuague.

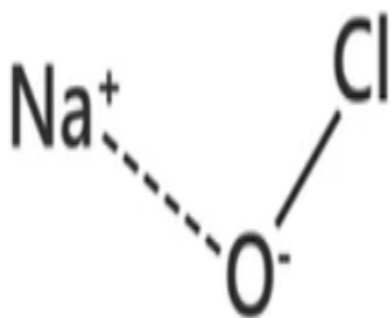
b) Hipoclorito de sodio (NaClO)

El hipoclorito de sodio (ver **Figura 5**) es generalmente utilizado como un agente oxidante.

A la fecha, el “**blanqueador de cloro**” es el agente de blanqueo más efectivo para índigo debido a que todos los tonos pueden obtenerse de él (Coats, 2023). El método de "blanqueador blanco" es una variación del blanqueador normal en el cual, el blanqueador de cloro es realizado dos o tres veces, una después de la otra en diferentes baños de tratamiento.

Figura 5

Estructura química del hipoclorito de sodio



Nota. La imagen muestra la estructura química del hipoclorito de sodio (NaClO). Fuente: (Shutterstock, 2023).

Blanqueado con hipoclorito. Dosis Óptima: 40 g/l cuando se utiliza un hipoclorito con 12% de cloro disponible. El aumento de la dosis de hipoclorito aumenta efectivamente el desvanecimiento del color hasta cierto límite.

Ideam (2023) menciona sobre el hipoclorito de sodio el cual actúa como un agente de desinfección y eliminación de microorganismos en el agua como otra opción se presenta el blanqueo, por lo cual es empleado en el tratamiento fibras celulósicas.

A continuación, en la **Tabla 5** se observan las propiedades físicas del hipoclorito de sodio, como su peso molecular, densidad, punto de fusión y pH, se debe considerar que su olor es fuerte y desagradable:

Tabla 5*Propiedades físicas para el hipoclorito de sodio*

Propiedades	Valor
Peso Molecular (g/mol)	74,4
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	120
Punto de Fusión (°C)	8,6
Densidad del Vapor (Aire = 1)	No reportado
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Reportado
Solubilidad en Agua	Soluble en agua fría, se descompone en agua caliente
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No combustible
Temperatura de Auto ignición (°C)	No reportado
Punto de Inflamación (°C)	No reportado
pH	12 (Concentración cloro activo: 6,5%) 9 -10 (5% de NaOCl en agua)

Adaptada de: (Ideam, 2023, p. 279)

En la **Tabla 5** se da a conocer el estado físico del hipoclorito de sodio el cual se encuentra en estado líquido. Este al entrar en contacto con ácidos genera gases tóxicos, mientras que al inhalar de los vapores llega a causar irritaciones de las vías respiratorias, dando paso a la dificultad de la respiración y al estar en contacto con la piel provoca quemaduras.

CAPÍTULO II

2 Metodología

2.1 Investigación cuantitativa

La investigación cuantitativa permite adquirir conocimientos necesarios para elegir un modelo adecuado que permita conocer de manera imparcial los resultados al momento de recoger y analizar los datos de las variables. La recopilación de la información obtenida se lo hace de manera estructurada las cuales se las examinarán en las distintas herramientas informáticas y estadísticas para obtener resultados veraces (Neill, 2017).

En este tema de investigación se aplicó la investigación cuantitativa para obtener datos que permitan conocer el desarrollo de recetas de la decoloración del color del tejido denim, el cual permitió analizar distintas variables según los datos obtenidos en el equipo dinamométrico, mediante el análisis de la resistencia a la tracción aplicando la norma ISO 13934-2.

2.2 Métodos de investigación

2.2.1 Método inductivo

El método inductivo es el razonamiento que permite llevar de lo particular a lo general. Acción que resulta en conectar una proposición con otra. Parte de hechos específicos (un caso específico) y saca conclusiones generales sobre a qué tipo pertenecen los hechos específicos bajo consideración. El objetivo del método inductivo es extraer conclusiones mediante la observación sistemática y cíclica de acontecimientos reales relacionados con el fenómeno en estudio para descubrir relaciones constantes resultantes del análisis y, a partir de ello, plantear hipótesis que, si se prueban, alcanzarán el grado de ley o categoría (Carlos, 2014).

2.2.2 Método deductivo

Por medio de la deducción se establecen criterios e hipótesis que se aprueban o rechazan como válidas después de obtener datos o registrar hechos a través de la investigación. La

deducción es, entonces, “el razonamiento derivado de las premisas o proposiciones conducentes a una verdad más concreta y especificada. Método por el cual se procede de lo universal a lo particular, de lo conocido a lo desconocido” (Carlos, 2014, p. 5).

2.3 Técnica de investigación

2.3.1 Experimental de laboratorio

Uno de los métodos de investigación experimental es la investigación cuantitativa, la cual se considera favorable cuando la investigación

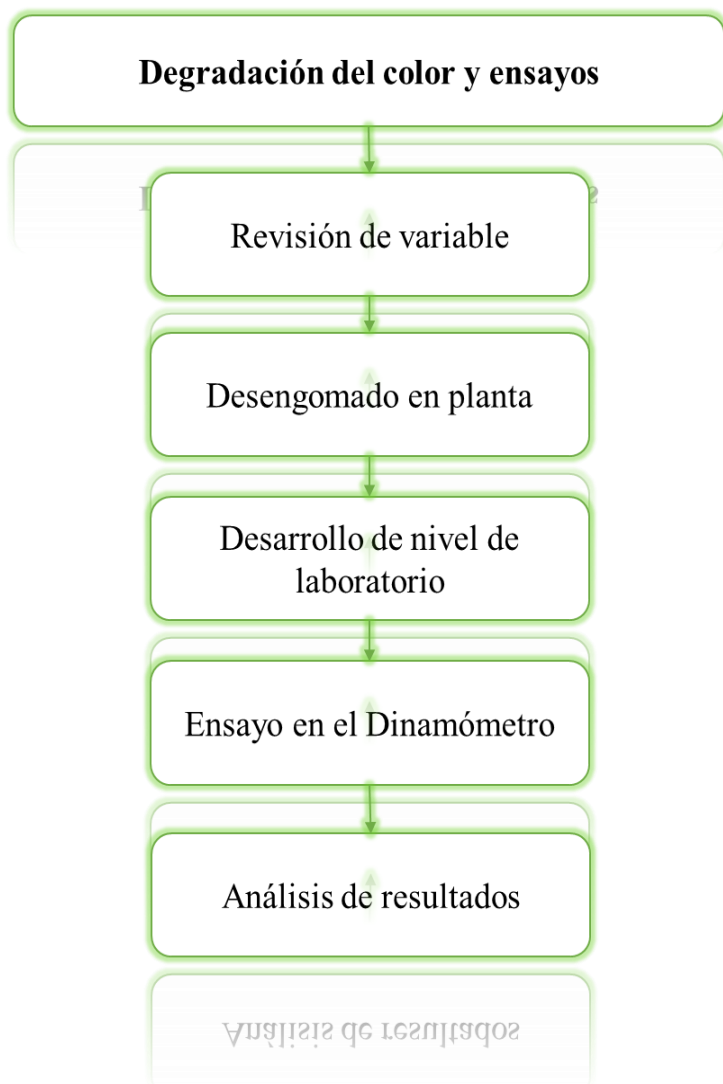
La investigación experimental es uno de los métodos de investigación cuantitativa principales. Una verdadera investigación experimental se considera exitosa sólo cuando el investigador confirma que un cambio en la variable dependiente se debe a la manipulación de la variable independiente.

Es importante establecer la causa y el efecto de un fenómeno, lo que significa que debe ser claro que los efectos observados en un experimento se deben a la causa. Una investigación de tipo experimental es una prueba de laboratorio. Siempre que la investigación se realice bajo condiciones científicamente aceptables, se califica como una investigación experimental.

2.4 Flujogramas

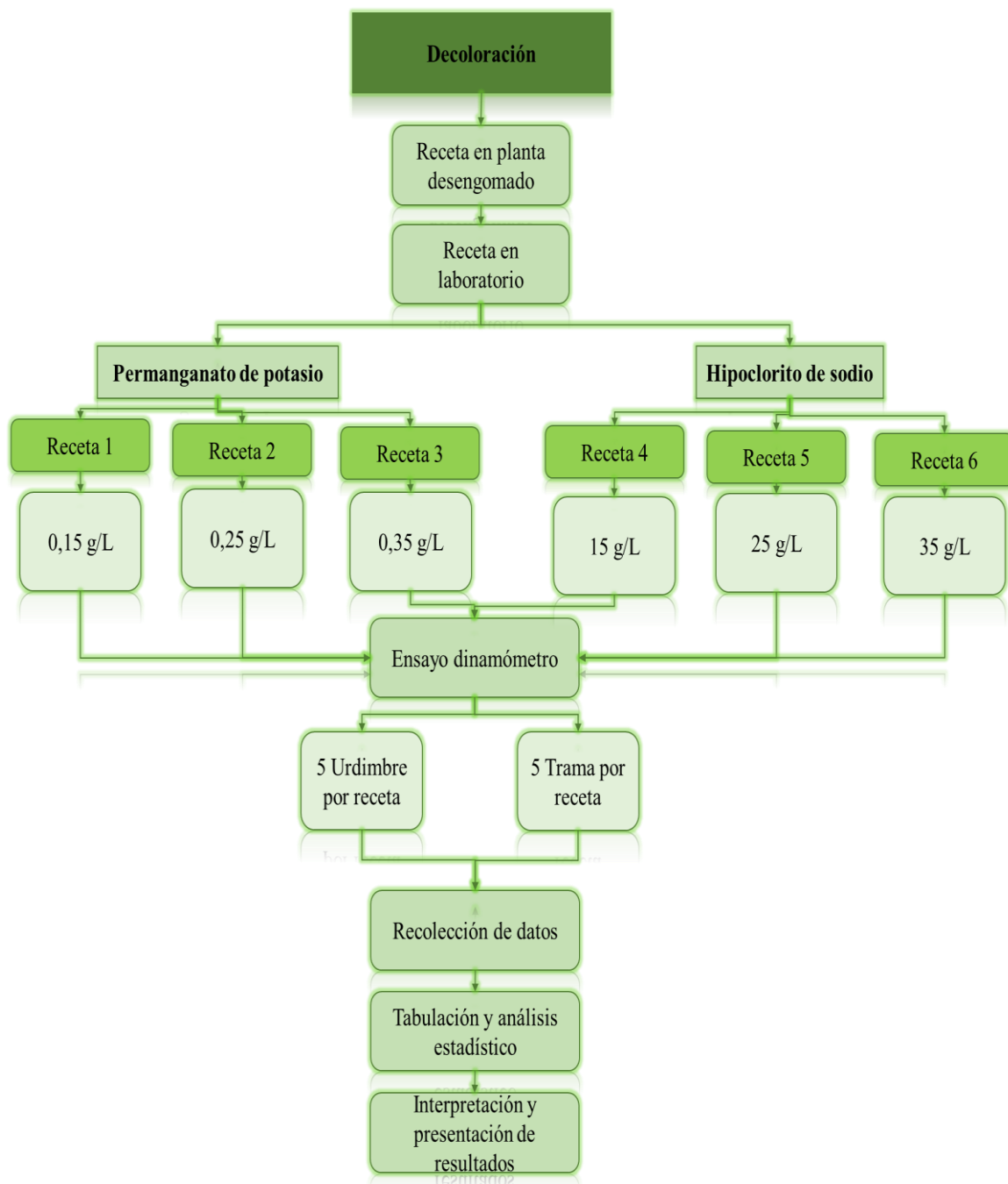
2.4.1 Flujograma general

El flujograma general presentado en la **Figura 6**, muestra la parte práctica del trabajo de investigación, iniciando con la determinación de la receta idónea para la aplicación del hipoclorito de sodio y del permanganato de potasio, con el fin de evaluar la resistencia a la tracción del tejido denim en el dinamómetro bajo la norma ISO 13934-2, posteriormente tabular, analizar e interpretar los resultados obtenidos.

Figura 6*Flujograma general*

2.4.2 Flujograma muestral

El flujograma muestral que se aprecia en la **Figura 7**, detalla el proceso investigativo realizado en laboratorio de la Carrera de Textiles, dando inicio con el desengomado del tejido en planta, posterior a ello, se el material se dividió en dos grupos: el primero para la aplicación del permanganato de potasio con 3 distintas dosificaciones y el segundo, con 3 diferentes dosificaciones para tratamiento con hipoclorito de sodio.

Figura 7*Flujograma Muestral*

Todo el proceso desarrollado, fue ejecutado en laboratorio bajo estrictos controles; posterior a ello, las probetas fueron analizadas en urdimbre y trama, en el dinamómetro, para

medir la resistencia a la tracción con la norma ISO 13934-2; continuando con la tabulación, análisis a través del programa estadístico Past 4 y finalizando con la interpretación de los datos.

2.5 Caracterización del tejido

El material textil para analizar es un tejido denim, resaltando la importancia de establecer las características más relevantes y que se muestran en la **Tabla 6**; se destacan los datos técnicos del tejido como: tipo de tejido, composición, gramaje y rendimiento. Además, es de consideración que al momento de obtener el gramaje bajo la norma ISO 3801 se utilizó una cortadora de 100 cm² que permitió cortar cinco muestras y obtener un promedio; mientras para el rendimiento se aplicó la norma ASTM D 3774-18.

Tabla 6

Caracterización de tejido

Datos técnicos	
Tipo	Tejido plano
Composición	70 % Algodón 19% Poliéster 8% Rayón viscosa 3% Spandex
Ligamento	Sarga 3:1 82 hilos urdimbre / 1 pulg 57 hilos trama / 1 pulg
Ancho	5 m
Gramaje	$3,41 \frac{g}{m^2}$
Rendimiento	$1,88 \frac{m}{Kg}$



Nota. Para el corte de probetas se realizó de forma escalonada para abarcar todo el rapport, además se realizó a la distancia de 15 cm del orillo.

2.6 Materiales, equipos y parámetros






La parte práctica de la investigación se realizó en el laboratorio de la Carrera de Textiles; para el proceso físico y químico fue necesaria la utilización de materiales y equipos; que, en concordancia con las normas respectivas, se aplicó el proceso idóneo.

2.6.1 Materiales

Para seguir un procedimiento en laboratorio y planta se utilizaron diferentes materiales; a continuación, en la **Tabla 7** se presentan las características más sobresalientes de los materiales empleados.

Tabla 7

Materiales usados en la fase práctica

Materiales	Características	Figura
Jarra graduada	Tiene graduaciones para mayor precisión.	
Balanza analítica	Permite el pesaje de los productos en gramos, miligramos y si calibración interna.	
Vasos de acero	Tiene gran resistencia y durabilidad, además de soportar temperaturas altas, son ubicadas dentro del equipo autoclave cerrado.	
Permanganato de potasio	Es de color púrpura, no tiene olor y es un producto oxidante.	
Hipoclorito de sodio	Es conocido como cloro, tiene un olor fuerte y es un producto oxidante.	

2.6.2 Equipos

a) Tinturadora de prendas

Este equipo (ver **Figura 8**), pertenece a los sistemas discontinuos. Las máquinas más modernas están equipadas con sistemas rotatorios, donde se aplican bajas relaciones de baño y el material se carga en una canastilla perforada, que gira a velocidad variable. Por lo cual, es primordial controlar la temperatura y velocidad de giro para tener un proceso optimo. Una vez que el proceso de tintura se ha completado, el sistema elimina el baño excedente de la tela mediante un centrifugado.

Figura 8

Tinturadora de prendas



Nota. Equipo de lavado de jeans que se encuentra en la carrera de textiles.

Este equipo permite realizar el desengomado de los tejidos provenientes de la tejeduría, a su vez, puede realizar acabados o decoloración mediante el uso de auxiliares que permite el desgaste del sustrato textil. Por ende, se realizó el desengomado para continuar con las dosificaciones de permanganato de potasio e hipoclorito de sodio y que estos auxiliares, penetren sin problema hasta el interior del tejido.

b) Equipo IR DYER

El IR DYER (ver **Figura 9**) es una máquina de teñido tipo “Infrarrojos” de laboratorio compacta, que proporciona un método de teñido de muestras versátil y, lo que es más importante, limpio para el medio ambiente, los tinteros se calientan desde la parte superior mediante radiadores infrarrojos, el ángulo de inclinación de los tinteros al disco giratorio está conseguir una buena circulación del licor mediante la rotación del disco. Se asegura una excelente repetibilidad del teñido y nivelación del color (Tüm Hakları Laborteks’e aittir, 2013).

Figura 9

Equipo IR DYER



Nota. Equipo IR DYER el cual se encuentra en la carrera de textiles.

Dentro de la industria textil los autoclaves juegan un papel importante, como lo es el teñido de prendas, en este caso, se utilizó este equipo de laboratorio para realizar el proceso de bajado de tono con el uso de hipoclorito de sodio y permanganato de potasio, logrando automatizar el proceso y así llegar a obtener los resultados esperados de acuerdo a las dosificaciones empleadas de cada producto.

c) **Dinamómetro textil**

El dinamómetro textil (ver **Figura 10**) está diseñado para realizar ensayos de tracción para examinar y medir las propiedades físicas y mecánicas de las películas de plástico, materiales compuestos, materiales flexibles para embalaje, cintas sensibles a presión, vendajes medicinales telas no tejidos, cauchos, etc.

El equipo puede realizar varios tipos de ensayos como de tracción, deformación, rasgadura, sellado caliente, adhesivo, fuerza de punción, fuerza de apertura, etc.

Figura 10

Dinamómetro textil Titán 5



Nota. Equipo de medición de resistencia a la tracción que se encuentra en la carrera de textiles.

La aplicación de la norma ISO 13934-2 2014 menciona el uso del dinamómetro el cual es de vital importancia para conocer la resistencia a la tracción y elongación del tejido, al finalizar el uso de este equipo de laboratorio se dieron a conocer los resultados de las distintas muestras de acuerdo con las dosificaciones empleadas, las cuales mediante programas de análisis estadístico se podrán analizar y obtener un resultado más concreto.

2.7 Normas textiles

Las normas ISO se encargan de regular tanto a nivel nacional como internacional mediante acuerdos que involucran a múltiples partes, asegurando la confiabilidad y calidad de los resultados. Estas garantizan la calidad de los elementos fabricados, la seguridad de funcionamiento, procesos de elaboración, mejorando los procesos de producción en áreas científicas, industriales o económicas con el fin de ordenar y mejorarlas (Pérez, 2014).

2.7.1 Norma ISO 13934-2: 2014 determinación de la fuerza máxima

La norma ISO 13934-2 determina la fuerza máxima de los textiles, este ensayo aplica principalmente a tejidos de calada incluyendo tejidos con características elásticas impartidas por la presencia de una fibra elastomérica y tratamiento mecánico o químico. Puede aplicarse a tejidos producidos por otras técnicas. Normalmente no se aplica a los tejidos elásticos, a los geotextiles, a los no tejidos, a los tejidos recubiertos, a los tejidos de vidrio textil y a los tejidos de fibras de carbono o de hilos procedentes de cintas de poliolefinas (Instituto ecuatoriano de normalización, 2014).

2.8 Parámetros

Para el desarrollo de esta investigación se consideró la aplicación de la norma ISO 13934-2, la cual trata sobre el análisis de la resistencia a la tracción, por ende, a base de la norma se debe tener como mínimo 5 muestras de urdimbre y 5 de trama. Por ello para cada receta se aplicó esta cantidad de probetas.

a) Receta de desengomado

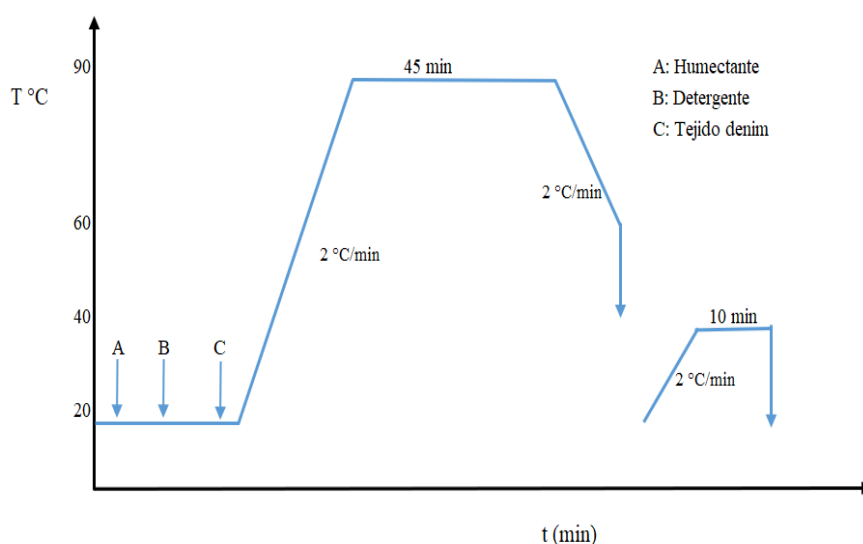
A continuación, en la **Tabla 8** se puede observar la receta aplicada para el proceso de desengomado:

Tabla 8*Receta de desengomado*

Tejido: Denim	RB: 1:30	Peso de la probeta: 1,6 Kg	Volumen de agua: 4,8 L	
Proceso	ITEM	Auxiliares	Dosificación	Cantidad
Desengomado	1	Humectante	2 g/L	9,6 g
	2	Detergente	1 g/L	4,8 g

Nota. Esta receta de desengomado fue elaborada en planta, por ello se manejó el peso de tejido denim de 1,6 Kg y volumen de agua de 4,8 L.

A continuación, en la **Figura 11** se presenta la respectiva curva de proceso de desengomado con el fin de preparar el tejido denim para el bajado de tono:

Figura 11*Curva de proceso del desengomado*

Se inicia a una temperatura de 20 °C en la cual se coloca el sustrato textil, con sus auxiliares, luego se aumenta la temperatura a 90 °C con una gradiente de 2 °C/min, y se mantiene a esta temperatura durante 45 minutos, se continua a bajar la temperatura hasta 60 °C y se bota el baño. Finalmente se hace un enjuague a 40 °C durante 10 minutos.

b) Receta con permanganato de potasio

Una vez realizado el desengomado se prosigue con el bajado de tono, aplicando 3 diferentes dosificaciones de permanganato de potasio, como se observa en la **Tabla 9**, en la cual también se señala la aplicación del metabisulfito que permite realizar el neutralizado:

Tabla 9

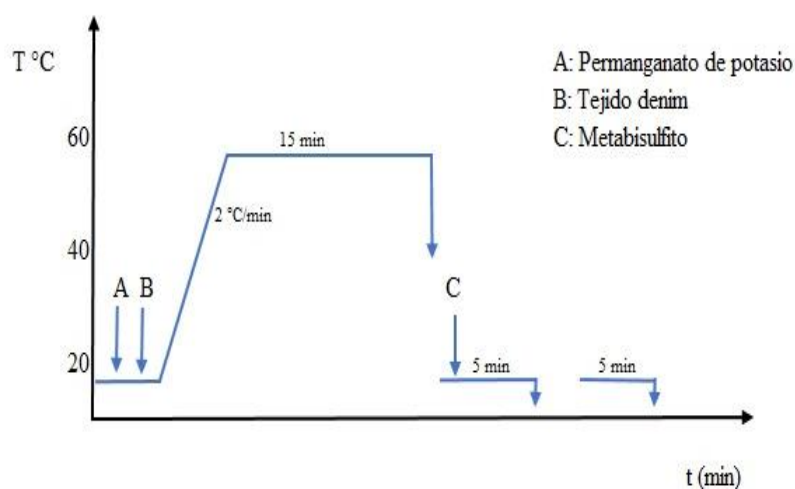
Receta del permanganato de potasio

Proceso	Receta	Auxiliares	Dosificación	Cantidad
Tejido: Denim	RB: 1:10	Peso de la probeta: 8,77 g	Volumen de agua: 88,3 ml	
	1		0,15 g/L	0,0132 g
Bajado de tono	2	Permanganato de potasio	0,25 g/L	0,0220 g
	3		0,35 g/L	0,0309 g
Neutralizado	4	Metabisulfito	2 g/L	0,1766 g

A continuación, en la **Figura 12** se presenta la curva de proceso para el bajado de tono con permanganato de potasio:

Figura 12

Curva de proceso con permanganato de potasio



En la **Figura 12** se observa el proceso de bajado de tono, que inicia a una temperatura de 20 °C, en la cual se aplicó una gradiente de 2 °C/min hasta llegar a los 60 °C manteniendo un agotamiento de 15 min y se procede a botar el baño. Como siguiente paso se realizó un neutralizado con metabisulfito de sodio de 0,17 g para cada probeta.

c) Receta con hipoclorito de sodio

En la **Tabla 10** se observa la receta del bajado de tono con tres diferentes dosificaciones de hipoclorito de sodio, en la cual se consideró el peso de la probeta de 8,77 g para la aplicación de las distintas recetas:

Tabla 10

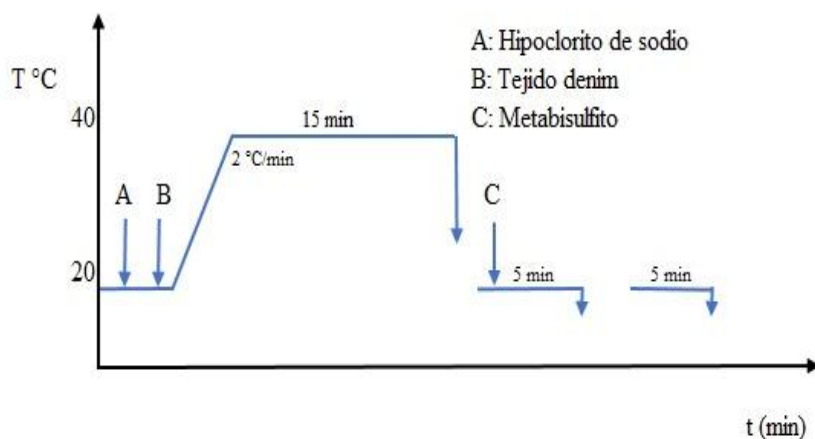
Receta del hipoclorito de sodio

Tejido: Denim		RB:1: 10		Peso de la probeta: 8,77 g		Volumen de agua: 88,3 ml	
Proceso	Receta	Auxiliares	Dosificación	Cantidad			
Bajado de tono	1	Hipoclorito de sodio	15 g/L	1,3245 g			
	2		25 g/L	2,2075 g			
	3		35 g/L	3,0905 g			
Neutralizado	4	Metabisulfito	2 g/L	0,1766 g			

En la **Figura 13** se observa la curva del hipoclorito de sodio, la cual inicio con una temperatura de 20 °C y se prosiguió a subir de temperatura con una gradiente de 2 °C/min hasta llegar a 40 °C, se mantuvo en proceso de agotamiento durante 15 minutos y se procedió a botar el baño, prosiguiendo el proceso se realizó un neutralizado de las muestras durante 5 minutos y posteriormente un lavado a temperatura ambiente sin la aplicación de ningún auxiliar.

Figura 13

Curva de proceso con hipoclorito de sodio



2.9 Procedimiento en la lavadora de prendas

Durante el proceso de desengomado los parámetros a analizar fueron la temperatura y el tiempo. Para el uso de este equipo se trabajó con 2 metros de tejido con un peso de 1,6 Kg, además se tomó en cuenta la relación de baño permitiendo conocer la cantidad de líquido a emplear durante el proceso, también se conoció la dosificación de los auxiliares a utilizar para el desengomado del tejido denim.

Se debe tomar en cuenta que ese equipo trabaja con diésel por lo tanto se debe recordar que para el uso de esta máquina se debe precalentar el caldero previo al uso de este que a su vez este envía vapor a la lavadora de prendas.

Es indispensable utilizar las respectivas herramientas de protección durante la manipulación de los equipos de laboratorio, permitiendo así evitar posibles accidentes durante la manipulación de estos. Los pasos de a seguir son:

- Precalentar el caldero para disponer de vapor necesario para el proceso de desengomado del tejido.

- Es indispensable iniciar con un lavado y depurado del caldero para que no exista manchas en los procesos posteriores.
- Agregar el agua necesaria de acuerdo con los cálculos realizados para llevar a cabo este procedimiento.
- Introducir el tejido dentro del equipo y cerrar de acuerdo con las indicaciones de la persona encargada de esta área.
- Al llegar a 90 °C se debe agregar los auxiliares de manera cuidadosa mientras el equipo está en movimiento.
- Cerrar nuevamente el equipo y seguir con el proceso, tomando en cuenta la curva que se aplicó para el desarrollo del desengomado.
- Al finalizar el proceso se bajó la temperatura de manera adecuada y se procedió a botar el baño.
- El proceso finalizó con un enjuague en frío con la misma dosificación del agua.
- Se usó el equipo de centrifugado para eliminar el exceso de agua y el túnel de secado, donde se manejó una temperatura de 180 °C para facilitar el proceso de secado.

2.10 Procedimiento autoclave

Los parámetros utilizados para el uso de este equipo fueron la temperatura y el tiempo, por lo cual se aplicó una curva que empezó en 20°C donde se añadió la dosificación de permanganato al 0,15 g/L, el cual, al realizar los cálculos, se establece la dosificación de 0,013 g por muestra, de acuerdo con el peso de la probeta y la relación de baño 1:10, considerando que se realizaron 5 muestras de urdimbre y 5 de trama. El proceso siguió los siguientes pasos:

- Cortado de muestras de acuerdo con la norma ISO 13934-2 2014, 5 de urdimbre de 15 cm x 10 cm y 5 de trama de 10 cm x 15 cm.

- Pesaje de cada muestra y los cálculos de permanganato de potasio e hipoclorito de sodio de acuerdo con la relación de baño 1:10, así se obtuvo el volumen de agua a utilizar y las dosificaciones de los productos a aplicar durante el proceso.
- Colocación de la cantidad de agua de acuerdo con la relación de baño y el peso del tejido, la cual fue 88,3 mL, esta cantidad de líquido se colocó en cada frasco de acuerdo con las muestras necesarias.
- En el caso del permanganato de potasio se calentó el agua para que este producto llegue a disolverse de manera correcta.
- Se procedió a pesar los gramos de permanganato de potasio para cada muestra y se agregó en cada frasco, continuamente se disolvieron los productos mediante la agitación de los dos elementos.
- Se introdujo cada muestra en los frascos tomando en cuenta que cada frasco tiene su numeración, por lo tanto, del 1 al 5 se colocó las muestras de urdimbre y del 6 al 10 se añadió las muestras de trama las cuales también fueron señaladas mediante cortes para poder identificarlas, se procedió a cerrar cada frasco e introducir en el autoclave.
- Se añadió la curva en el equipo en la cual de 20 °C subió a 60 °C y mantuvo un tiempo de agotamiento de 15 minutos, prosiguiendo con el proceso se botó el baño.
- Continuamente se realizó el neutralizado en frío con metabisulfito de acuerdo con su ficha técnica se trabaja con 2 g/L, que de acuerdo con los cálculos se utilizó 0,176 gramos por muestra neutralizada.

2.11 Procedimiento ensayo según la norma ISO 13934-2

Este equipo permite analizar la resistencia a la tracción aplicando la norma ISO 13934-2: 2014 la cual consiste en medir la resistencia a la tracción de los tejidos, tomando en cuenta la fuerza máxima de alargamiento por el método de agarre.

- Se debe tomar en cuenta los parámetros de la norma la cual pide 10 muestras a analizar, 5 muestras de urdimbre de 15 cm x 10 cm y 5 muestras de trama con una dimensión de 10cm x 15 cm.
- La muestra se debe acondicionar 24 horas previo al ensayo a realizarse, se debe tomar en cuenta las condiciones ambientales del laboratorio la cuales permitirán obtener resultados sin ningún error.
- Temperatura 25 °C y humedad del 65%.
- Obtener probetas de una dimensión de 17x 10 cm, las probetas se deben cortar en sentido de la urdimbre y en sentido de la trama en forma escalonada para considerar todo el rapport.
- Realizar 5 probetas de urdimbre y 5 probetas de trama, de cada variable a ejecutarse en el laboratorio e identificar cada muestra con señales con el fin de no tener confusiones.
- Configurar el dinamómetro de acuerdo con la norma 13934-2, tomando en cuenta cada instrucción especificada para su calibración.
- Ubicar la probeta a analizar en las mordazas superior e inferior del dinamómetro.
- Ejecutar el procedimiento anterior con cada muestra tanto de urdimbre y en trama.
- El equipo dinamométrico utiliza un software que permite conocer la media de las muestras sometidas al ensayo de la resistencia a la tracción, por lo tanto, esto ayudará a obtener los valores necesarios de manera más fácil.
- Registrar los resultados obtenidos para después consolidarlos y analizarlos mediante programas estadísticos e interpretarlos de manera grafica para una mejor comprensión de estos.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos en el laboratorio, se analizan los datos obtenidos en el dinamómetro, identificando los resultados por cada variable empleada; también, se realiza un análisis utilizando herramientas estadísticas las cuales facilitaron la interpretación de los datos a través de tablas y gráficas de fácil comprensión.

3.1 Resultados

Para la obtención de los resultados se utilizaron 5 muestras de urdimbre y 5 muestras de trama por cada una de las seis recetas empleadas para decolorar el tejido denim, tomando en cuenta que se mantuvieron las mismas variables de acuerdo al producto empleado (temperatura y tiempo de proceso); también, se manejaron muestras sin ningún tratamiento, para obtener los resultados de la muestra “0” para establecer el grado de afectación del permanganato e hipoclorito de sodio al aplicar las distintas dosificaciones a las muestras. Estas probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a la tracción bajo la norma ISO 13934-2. Por consiguiente, se obtuvieron datos resumidos en una tabla general de resultados, para que, con la ayuda del programa estadístico Past 4 y Excel, se analicen, grafiquen y permitan garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos.

3.2 Discusión de resultados

Mediante la aplicación del ensayo de la resistencia a la tracción en el equipo dinamométrico de la Carrera de Textiles UTN, se obtienen valores que fueron analizados en el programa estadístico Past 4, los cuales arrojan los umbrales de normalidad y varianza, para posteriormente establecer el grado de confiabilidad del estudio.

En la **Tabla 11**, se muestran los datos consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción, en la cual se presenta la media y la comparación de las muestras sometidas al procesos

de decoloración con los distintos productos oxidantes, cabe desatacar que las recetas fueron realizadas en base a investigaciones en fuentes bibliográficas; por lo tanto, las dosificaciones empleadas son: 0,15g/L; 0,25g/L y 0,35g/L tanto para el permanganato de potasio como para el del hipoclorito de sodio. Por consiguiente, para el análisis del comportamiento de la resistencia se considera la media obtenida del ensayo de la resistencia a la tracción, de esta manera se analiza el impacto los productos oxidantes en la degradación de la resistencia.

Tabla 11

Resultados consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción en sentido de la urdimbre

Probeta Urdimbre	SP	0,15 g/L	15 g/L	0,25 g/L	25 g/L	0,35 g/L	35 g/L
	MF ₀ U	MF ₁ PU	MF ₄ HU	MF ₂ PU	MF ₅ HU	MF ₃ PU	MF ₆ HU
1	762,5	732,02	659,73	717,71	577,31	771,55	682,06
2	689,67	830,04	725,74	704,28	669,65	634,4	707,77
3	774,95	702,8	641,49	804,31	654,54	676,64	658,59
4	718,06	646,11	674,61	642,88	765,36	708,71	665,87
5	840,4	790,22	775,09	784,66	717,87	652,2	621,66
Media	757,12	740,23	695,33	730,77	676,94	688,7	667,19

Nota: Interpretación de las siglas: **MF₀U**: Máxima fuerza de la muestra sin decolorar en urdimbre, **MF (1, 2, 3) PU**: Máxima fuerza de la muestra decolorada con 0,15 g/L; 0,25 g/L y 0,35 g/L de permanganato de potasio en sentido de la urdimbre, **MF (4, 5, 6) HU**: Máxima fuerza de la muestra decolorada con 15 g/L; 25 g/L y 35 g/L de hipoclorito de sodio en sentido de urdimbre.

En la **Tabla 12** se observan los datos consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción, realizadas en el equipo dinamométrico, en la cual se muestra la comparación en sus g/L entre las probetas decoloradas en sentido de la trama. Estas fueron sometidas al bajado de

tono con permanganato de potasio e hipoclorito de sodio, empleando distintas concentraciones y las mismas variables (temperatura, tiempo) por cada auxiliar empleado; por lo tanto, estos datos permitirán estudiar la afectación provocada por el empleo de los productos oxidantes en la resistencia del tejido.

Tabla 12

Resultados consolidados del ensayo de la resistencia a la tracción en sentido de la trama

Probeta Trama	SP	0,15 g/L	15 g/L	0,25 g/L	25 g/L	0,35 g/L	35 g/L
	MF ₀ T	MF ₁ PT	MF ₄ HT	MF ₂ PT	MF ₅ HT	MF ₃ PT	MF ₆ HT
1	619,68	594,35	539,24	549,87	516,02	552,33	607,9
2	636,56	602,25	598,32	609,8	602,12	594,45	587,48
3	633,54	624,5	625,14	604,94	586,48	613,86	571,62
4	619,15	600,83	624,9	602,74	644,25	593,13	563,38
5	632,1	678,7	656,73	610,11	553,58	607,53	535,29
Media	628,21	620,13	608,87	595,49	580,49	592,26	573,13

Nota: Interpretación de las siglas: **MF₀T**: Máxima fuerza de la muestra sin decolorar en sentido de la trama, **MF (1, 2, 3) PT**: Máxima fuerza de la muestra decolorada con 0,15 g/L; 0,25 g/L y 0,35 g/L de permanganato de potasio en sentido de la trama, **MF (4, 5, 6) HT**: Máxima fuerza de la muestra de trama decolorada con 15 g/L; 25 g/L y 35 g/L de hipoclorito de sodio.

3.2.1 Normalidad de datos

Las distintas pruebas de normalidad como: Lillierforms, Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Jarque-Bera JB, se consideran alternativas para determinar la normalidad de los datos (Zuluaga et al., 2013), su análisis permite conocer la confiabilidad de estos; por lo tanto, al introducir los datos consolidados al programa estadístico Past 4; se obtuvieron datos valiosos,

mismo que se detallan en la **Tabla 13**, determinando que los valores son mayores a $p > 0,05$ por lo cual se considera que los ensayos tienen una confiabilidad del 95%.

Tabla 13

Normalidad de los datos urdimbre

Método	MF ₀ U	MF ₁ PU	MF ₄ HU	MF ₂ PU	MF ₅ HU	MF ₃ PU	MF ₆ HU
N	6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,962	0,986	0,9503	0,9616	0,9719	0,945	0,9592
p(normal)	0,8352	0,9773	0,7425	0,8316	0,905	0,7001	0,8139
Anderson-Darling A	0,2295	0,1575	0,2172	0,2106	0,2155	0,2364	0,2628
p(normal)	0,6694	0,9042	0,7185	0,7445	0,7253	0,6423	0,5507
p(Monte Carlo)	0,7457	0,9598	0,7904	0,8179	0,7988	0,7273	0,6373
Lilliefors L	0,1984	0,1667	0,1667	0,1667	0,1948	0,1728	0,2141
p(normal)	0,6477	0,8675	0,8676	0,8678	0,675	0,8311	0,526
p(Monte Carlo)	0,6428	0,8829	0,8838	0,8879	0,67	0,8432	0,5301
Jarque-Bera JB	0,21	0,2098	0,543	0,2501	0,1202	0,5575	0,09223
p(normal)	0,9003	0,9004	0,7623	0,8825	0,9417	0,7567	0,9549
p(Monte Carlo)	0,9179	0,9164	0,5565	0,8942	0,9667	0,5225	0,9787

La **Tabla 14** muestra de manera detallada los resultados obtenidos de la evaluación de los datos en el programa estadístico Past 4; en el cual se realizó un análisis para conocer la validez de los datos, obteniéndose una normalidad de los datos, con valores $p > 0,05$. Por consiguiente, al ser mayor a 0,05 se determina que la información analizada tiene una distribución normal y tienen una confiabilidad del 95%.

Tabla 14*Normalidad de los datos trama*

Método	MF ₀ T	MF ₁ PT	MF ₄ HT	MF ₂ PT	MF ₅ HT	MF ₃ PT	MF ₆ HT
N	6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,8878	0,8116	0,9184	0,6981	0,9876	0,8405	0,9753
p(normal)	0,3068	0,07456	0,4941	0,005907	0,9824	0,1316	0,9258
Anderson-Darling A	0,3551	0,5639	0,3461	0,8788	0,1686	0,5328	0,21
p(normal)	0,3224	0,0804	0,3415	0,009621	0,8837	0,09914	0,7466
p(Monte Carlo)	0,3617	0,0812	0,3737	0,0074	0,9358	0,1053	0,8164
Lilliefors L	0,2112	0,2772	0,2279	0,3333	0,1667	0,3333	0,1772
p(normal)	0,5482	0,1581	0,4249	0,03603	0,8677	0,036	0,8029
p(Monte Carlo)	0,5485	0,1593	0,4344	0,0374	0,8825	0,0382	0,8138
Jarque-Bera JB	0,6664	1,594	0,6264	2,666	0,1174	1,243	0,09533
p(normal)	0,7166	0,4506	0,7311	0,2637	0,943	0,537	0,9535
p(Monte Carlo)	0,3681	0,0475	0,4226	0,0057	0,9715	0,0787	0,978

3.2.2 Análisis de varianza

El análisis de la varianza ANOVA permite analizar los datos y ayuda a determinar si existe una diferencia significativa entre los grupos que necesitan ser comparados, (Dagnino, 2014).

En la

Tabla 15 se muestran valores del ensayo de la resistencia a la tracción, donde la variable a analizar son las distintas dosificaciones empleadas de los productos oxidantes para el bajado de tono y determinar cómo influye en el desgaste del tejido denim.

Tabla 15*Análisis de la varianza de los datos de urdimbre*

MÉTODO	SP	0,15 g/L	15 g/L	0,25 g/L	25 g/L	0,35 g/L	35 g/L
	MF ₀ U	MF ₁ PU	MF ₄ HU	MF ₂ PU	MF ₅ HU	MF ₃ PU	MF ₆ HU
N	6	6	6	6	6	6	6
Min	689,67	646,11	641,49	642,88	577,31	634,4	621,66
Max	840,4	830,04	775,09	804,31	765,36	771,55	707,77
Sum	4542,7	4441,42	4171,99	4384,61	4061,67	4132,2	4003,14
Mean	757,1167	740,2367	695,3317	730,7683	676,945	688,7	667,19
Std. error	21,10103	26,38928	19,9013	23,7411	25,80336	19,74057	11,57085
Variance	2671,52	4178,364	2376,37	3381,84	3994,88	2338,141	803,3073
Stand. dev	51,68674	64,64027	48,74802	58,15359	63,20507	48,35433	28,34268
Median	759,81	736,125	684,97	724,24	673,295	682,67	666,53
25 prcnil	710,9625	688,6275	655,17	688,93	635,2325	647,75	649,3575
75 prcnil	791,3125	800,175	738,0775	789,5725	729,7425	724,42	688,4875
Skewness	0,4716622	-0,0420549	0,8426552	-0,2218484	-0,2863675	0,9717569	-0,3282072
Kurtosis	0,7364928	-0,1658333	0,1358709	-0,2596345	0,8871153	1,146561	1,412063
Geom. mean	755,6623	737,8688	693,9404	728,8167	674,4387	687,3228	666,6844
Coeff. var	6,826787	8,732378	7,010759	7,957869	9,33681	7,021102	4,248067

La

Tabla 16 indica el comportamiento de la varianza de los datos sometidos al programa past 4 con el fin de analizar la dispersión de los valores obtenidos del ensayo con las distintas dosificaciones empleadas en cada receta, las cuales fueron las variables planteadas para el estudio.

Tabla 16*Análisis de la varianza de los datos de trama*

MÉTODO	SP	0,15 g/L	15 g/L	0,25 g/L	25 g/L	0,35 g/L	35 g/L
	MF ₀ T	MF ₁ PT	MF ₄ HT	MF ₂ PT	MF ₅ HT	MF ₃ PT	MF ₆ HT
N	6	6	6	6	6	6	6
Min	619,15	594,35	539,24	549,87	516,02	552,33	535,29
Max	636,56	678,7	656,73	610,11	644,25	613,86	607,9
Sum	3769,24	3720,76	3653,2	3572,95	3482,94	3553,56	3438,8
Mean	628,2067	620,1267	608,8667	595,4917	580,49	592,26	573,1333
Std. error	2,98947	12,65745	16,09544	9,38362	17,74787	8,755362	9,906368
Variance	53,62159	961,2669	1554,379	528,314	1889,921	459,9382	588,8167
Stand. dev	7,322676	31,0043	39,42561	22,98508	43,47322	21,44617	24,26555
Median	630,155	611,19	616,885	603,84	583,485	593,79	572,375
25 prentil	619,5475	599,21	583,55	584,085	544,19	582,2775	556,3575
75 prentil	634,295	638,05	633,0375	609,8775	612,6525	609,1125	592,585
Skewness	-0,4348724	1,721419	-1,080082	-2,166041	-0,0653891	-1,521157	-0,2131429
Kurtosis	-1,886913	3,183936	2,122639	4,860768	0,5205151	3,062234	0,9445038
Geom. mean	628,171	619,5038	607,7652	595,1075	579,1247	591,928	572,7029
Coeff. var	1,165648	4,999673	6,475245	3,859849	7,489056	3,621073	4,23384

3.3 Representación gráfica de los resultados

Los datos presentados en la **Figura 14** se obtuvieron del ensayo de la resistencia a la tracción bajo la norma ISO 13934-2, donde se observa el desgaste que llegaron a sufrir las probetas después de realizar el ensayo de laboratorio. La muestra MF₀U llegó a obtener una resistencia de 757.12 (N) siendo el 100% siendo la muestra pivote, de esta manera se compara con las muestras MF₁PU y MF₄HU, las cuales trabajan con las variables de 0,15 g/L y 15 g/L

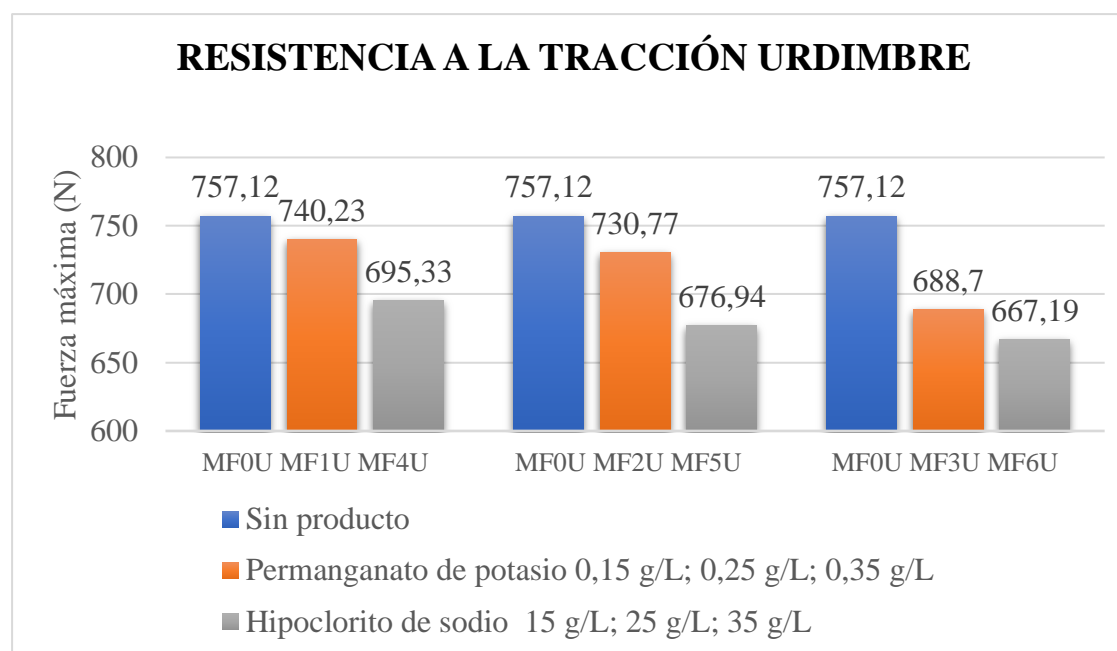
de permanganato de potasio e hipoclorito de sodio con 97,76% y 91,84 % con un deterioro de la resistencia de 5,93%.

La barra MF₂PU identifica la resistencia de la muestra con 730,77 (N) a comparación de la muestra MF₅HU 676,94 (N) las cuales tienen una dosificación de 0,25 g/L y 25 g/L, se llegó a tener una variación de resistencia de 7,10%. A diferencia de las muestras MF₃PU y MF₆HU con una dosificación de producto de 0,35 g/L y 35 g/L se determinó una reducción de la resistencia de la fibra de 2,84%.

La muestra MF₃PU la cual se decoloro con permanganato de potasio, llegando a tener una resistencia de 688,7 (N); comparando así con la muestra MF₆HU de hipoclorito de sodio la cuál llegó a tener un desgaste considerable de 667,19 (N) teniendo un porcentaje de desgaste la resistencia de 2,84%. Por lo tanto, se determina que el uso de hipoclorito de sodio degrada con más rapidez al tejido denim a comparación del permanganato de potasio, considerando que la única variable fueron las dosificaciones empleadas.

Figura 14

Gráfico de barras de la resistencia a la tracción urdimbre

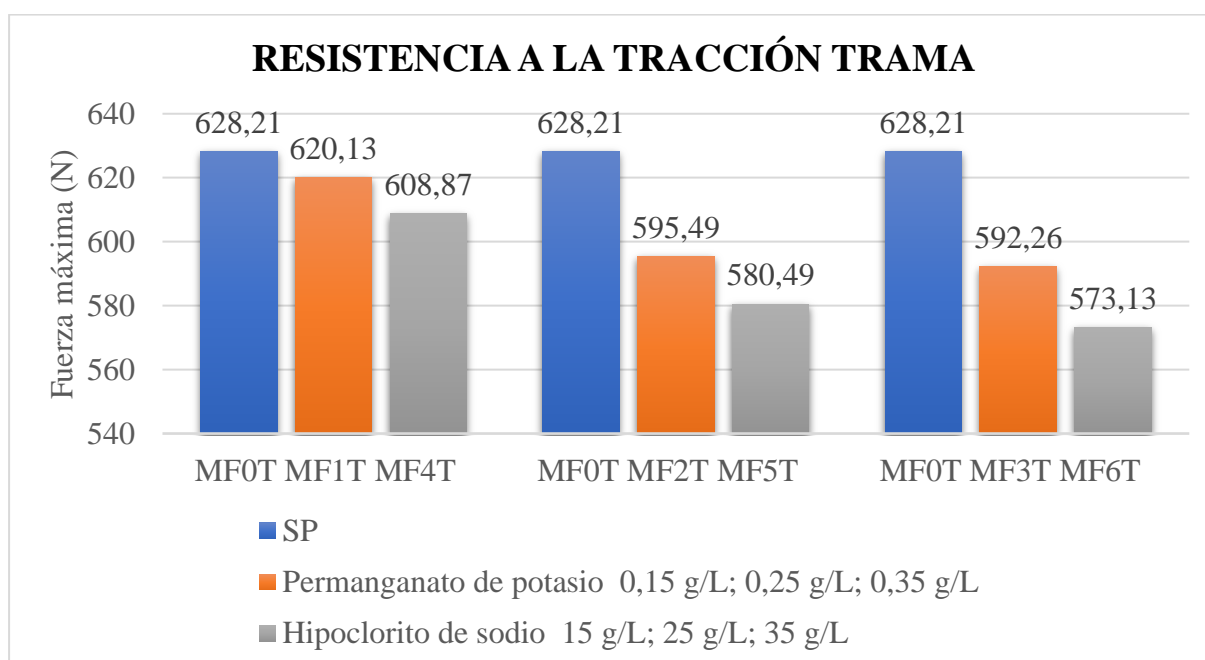


En la **Figura 15**, se observa como la probeta MF₀T en sentido de la trama, obtuvo una resistencia de 628,21 (N) siendo la media entre las probetas analizadas sin realizar la decoloración del tejido. Por lo tanto, se consideró a este valor como punto de referencia; de tal forma que se realiza una comparación con las muestras MF₁PT y MF₄HT las cuales obtuvieron un porcentaje de 98,71% y 94,92% teniendo en cuenta la dosificación de 0,15 g/L de permanganato de potasio y 15 g/L de hipoclorito de sodio, con una diferencia del desgaste de 1,28% entre la muestra MF₀T y la muestra MF₁PT; también se debe considerar el desgaste de la muestra MF₀T y la muestra MF₄HT dando una reducción de la resistencia de 3,07%.

Al analizar las muestras MF₂PT y MF₅HT las cuales se trabajaron con una dosificación de 0,25 g/L y 25 g/L de productos oxidantes se obtuvo una disminución de la resistencia de 94,79 % y 92,04%; las cuales al comparar con la muestra MF₀T da una diferencia de 5,20% y 7,59 de decrecimiento de la resistencia, finalmente las muestras MF₃PT tratadas con 0,35 g/L de permanganato y MF₆HT decolorada con 35 g/L de hipoclorito, obtuvieron un decrecimiento de la resistencia de 5,72% y 8,76% al comparar con la muestra pivote.

Figura 15

Gráfico de barras de la resistencia a la tracción trama



CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con las evaluaciones, ensayos y análisis estadísticos de los datos obtenidos de la prueba de resistencia a la tracción de las distintas muestras decoloradas con permanganato de potasio e hipoclorito de sodio se concluye que:

- La búsqueda de información en fuentes bibliográficas fue imprescindible, para tal fin, fue necesaria la indagación de artículos científicos, libros digitales y revistas, con lo cual se puede sustentar el desarrollo de este ensayo. Por lo cual, se obtuvo información que explica los efectos del permanganato de potasio e hipoclorito de sodio al aplicarlos en el tejido denim para su decoloración.
- Al realizar la decoloración de tejido denim, se pudo determinar que si existe una variación del tono inicial del género textil tratado con estos dos agentes decolorantes a dosificaciones de: 0,15g/L; 0,25g/L; 0,35g/L de permanganato de potasio y 15g/L; 25g/L; 35g/L de hipoclorito de sodio, concluyendo que para esta investigación se considera una temperatura inicial de 20 °C con una gradiente de 2 °C/min hasta llegar a 60°C durante 15 minutos de agotamiento, el equipo utilizado es un IR DYER con una relación de baño 1:10.
- Al tratar una muestra con permanganato de potasio y analizar el comportamiento de la urdimbre, los resultados de la probeta MF₃PU evidencian una disminución del 9,04% es decir 688,7 N como carga máxima soportada. Asimismo, la muestra MF₆HU tratada con hipoclorito de sodio, presenta un decrecimiento en la resistencia del 11,88% (667,19 N); estableciendo una relación inversamente proporcional entre la dosificación del producto frente y la resistencia a la tracción del tejido, es decir, mientras más alta la dosificación de producto, la resistencia del tejido será menor.

- Para el caso de la trama, en la probeta MF₃PT tratada con permanganato de potasio y MF₆HT con hipoclorito de sodio, se logra evidenciar una pérdida en la resistencia del tejido, pues se evidencia una pérdida del 5,72% (592,26 N) y 8,76% (573,13 N) respectivamente en consideración de la muestra pivote MF₀ que tiene una resistencia inicial de (628,21 N).

4.2 RECOMENDACIONES

- Para que el trabajo investigativo dentro de las instalaciones de un laboratorio de ensayos textiles se lleve a cabo de la mejor manera, se debe proveer y utilizar los equipos de protección personal individual como guates, mandil, gafas de seguridad ya que los investigadores manipulan o tienen contacto con productos y/o sustancias peligrosas.
- La búsqueda de información en fichas de seguridad, fichas técnicas, manuales de funcionamiento y demás documentación relacionada a la seguridad industrial se hacen imprescindibles en el diario ejercicio investigativo; pues, esta información minimiza o elimina las fuentes de peligro que pueden desencadenar enfermedades profesionales, accidentes de trabajo o alguna lesión mayor al usuario.
- Se recomienda realizar ensayos con otros productos oxidantes para decolorar el índigo, con el fin de evaluar la resistencia, de esta manera se conocerá que otro producto afecta la resistencia del tejido, por ende, esto permitirá que las personas ligadas a este rubro puedan determinar que químico emplear, sin que estos disminuyan la durabilidad del tejido utilizado, en función al uso final y características del tejido al cual será aplicado.
- Realizar análisis del nivel de contaminación de las aguas residuales luego del proceso de decoloración del índigo, así se conocerá el grado de contaminación de estas, por ende, se tomará las medidas adecuadas para determinar si es necesario un tratamiento o no para ser vertidas a las alcantarillas, logrando reducir el impacto ambiental, generado por la calidad de los residuos de este proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., & Brisneda, J. (2018). Propuesta para la reducción de colorante azul índigo en aguas residuales de industria textil mediante la oxido reducción para la empresa comercial Dacetex Ltda. In *Gender and Development* (Vol. 120, Issue 1). <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6691/1/6131082-2018-1-IQ.pdf>
- Alvarado, A. C. (2017). *Los jeans también contaminan, pero hay soluciones*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/entretenimiento/jeans-contaminacion-fabricas-mezclilla-jeanologia.html>
- Cabrera, A. (2022). *Innovación en procesos de lavandería de denim*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12170>
- Carlos, D. (2014). Método comparativo. *Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a La Investigación En Ciencias Sociales*, 223–251. [http://eprints.uanl.mx/9802/1/Estudio Comparado.pdf](http://eprints.uanl.mx/9802/1/Estudio%20Comparado.pdf)
- Castro, J. (2023). *Experimentación de tinturado natural sobre denim*.
- Chávez, C. (2017a). Estudio De La Reducción Del Consumo De Agua En El Proceso Enzimático De Lavado De Pantalones Demin Mediante Combinación De Etapas. In *Escuela Politécnica Nacional*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17350>
- Chávez, C. (2017b). *Estudio de la reducción del consumo de agua en el proceso enzimático de lavado de pantalones denim mediante combinación de etapas*.
- Chávez, O. (2015). *Estudio de factibilidad para la creación de una lavandería para confeccionistas en la ciudad de Atuntaqui* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7968/1/04> IT 187 TRABAJO

GRADO.pdf

Chimborazo, M. (2020). *Elaboración de calzado femenino sostenible con la utilización de prendas usadas en denim*. Universidad Técnica de Ambato.

Chimica-Online. (2023). *Permanganato de potasio*. <https://www.chimica-online.it/composti/permanganato-di-potassio.htm>

Coats. (2022). *¿No tiene fin el reinado del denim como tejido rey de la moda? - Coats*. <https://www.coats.com/es/coats-in-action/is-there-no-end-to-denims-reign-as-king-of-fashion-fabrics>

Coats. (2023). *Lavado de Mezclilla*. <https://www.coats.com/es/information-hub/denim-wash>

Constitución de la República del Ecuador. (2008). La Constituyente. *Alteridad*, 2(2), 74. <https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>

Costa, M. (2015). *Los Efectos Superficiales sobre el índigo: Parte I - APTT*. <http://apttperu.com/los-efectos-superficiales-indigo-parte-i/>

Dabedan. (2016). *Tintura y acabados textiles*. <https://www.dabedan.com/tintura-y-acabados-textiles.html>

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

Estrada Cano, M. L. (2014). *Diseño de investigación para la determinación del tiempo de duración de una solución de permanganato de potasio para la decoloración en pantalones de lona, para mejorar la productividad*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1420_Q.pdf

Etsy. (2023). *Jeans Vintage Wrangler*. <https://www.etsy.com/mx/listing/1073843919/jeans->

vintage-wrangler-todas-las-tallas

Experimentación textil artesanal. (2016). *Focalizado con permanganato*.

<https://experimentaciontextilartesanal.wordpress.com/2016/06/08/focalizado-con-permanganato/>

García, E. (2022). *Efectos de envejecimiento en tejido denim mediante tratamientos*

enzimáticos. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/186568/Alonso - EFECTOS DE ENVEJECIMIENTO EN TEJIDO DENIM MEDIANTE TRATAMIENTOS ENZIMATICOS.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/186568/Alonso%20-%20EFECTOS%20DE%20ENVEJECIMIENTO%20EN%20TEJIDO%20DENIM%20MEDIANTE%20TRATAMIENTOS%20ENZIMATICOS.pdf?sequence=1)

Google maps. (2023). *Ubicación de la Carrera de Textiles*.

<https://www.google.com.ec/maps/@0.3791852,-78.1221375,17.79z?hl=es>

Hernandez, L. (2023). *El denim y su capacidad de adaptación a lo largo del tiempo* [Institución

Universitaria Pascual Bravo].

https://repositorio.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2047/1/Rep_IUPB_Pro_Dis_Ves_Denim.pdf

Ideam. (2023). *Hipoclorito de sodio* (Vol. 4).

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia18.pdf>

Iliuc, P. (2022). *18 Tipos de Tejido*. <https://www.domestika.org/es/blog/12248-18-tipos-de-tejido>

tejido

Instituto ecuatoriano de normalización. (2014). Textiles. Propiedades de los tejidos frente a la

tracción. *Textiles. Propiedades de Los Tejidos Frente a La Tracción. Parte 2: Determinación de La Fuerza Maxima Por El Método Del Agarre (ISO 13934-2:1999, IDT)*, 14.

Liébana, D. (2023). *La moda sostenible según Ecoalf y Adolfo Domínguez: un análisis*

comparativo de sus prácticas. [Universidad de Valladolid].

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61670/TFG-N.>

[2217.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61670/TFG-N.2217.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lugo, E. (2017). *Estudio de la influencia de los parámetros del proceso de sandblast sobre acabado superficial de placas metálicas de acero aisi 1018. Caso de estudio: construcciones industriales tapia.*

Mejía, S. (2018). *Tela denim ECO-D. innovación para la industria* [Universidad del Azuay].

<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8121>

Méndez, S. (2017). *Análisis Comparativo De La Resistencia Del Denim En Los Procesos De Acabado Enzimático Y Stone Wash.* 1(1), 1–7.

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7201>

Muñetón, V. (2017). *Procesos del denim* [Universidad Pontificia Bolivariana].

<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3838>

Neill, D. A. (2017). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica.*

Pepe, E. (2017a). *Curva de desengomado.*

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6857/1/04 IT 195 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6857/1/04_IT_195_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)

Pepe, E. (2017b). *Diseño, construcción y puesta a punto de una máquina de pruebas para el tinturado en tela índigo en la empresa Javitex, empleando materiales reutilizables.*

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6857/1/04 IT 195 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6857/1/04_IT_195_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)

Pérez, M. (2014). *Estandarización de procesos de la empresa textiles técnicos* [Universidad

Técnica de Ambato].

https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7345/1/Tesis_t884id.pdf

Quintero, L., & Cardona, S. (2010). *Tecnologías para la decoloración de tintes índigo e índigo carmín*. 77. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000200037

Rios, M. (2023). *Revestimientos para espacios interiores con remanentes denim generados en la industria de confección de Pelileo* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/4232>

Rivilla Osler, & Wilson Santos. (2003). *Diseñar la automatización del sistema de engomado para hilos de la fabrica textil SINTOFIL*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5189/1/CD-4569.pdf>

Shutterstock. (2023). *Determinación indirecta del hipoclorito de sodio*. <https://www.shutterstock.com/es/search/naclo>

Tüm Hakları Laborteks'e aittir. (2013). *Rapid / IR DYER Laboratory Infra-Red Type Dyeing Machine*. http://trrapid.com/ProductDetail/en-US/2053/iR_DYER_Laboratory_infra_Red_Type_Dyeing_Machine.aspx

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Línea de Investigación UTN*. <https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>

Vargas, M., & Cardenas, L. (2021). *Proyecto de grado creación de empresa: Utopia*. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/4597>

Zhang, X., Lou, J., Yuan, J., Xu, J., & Fan, X. (2023). Style decolorization treatment of denim fabric: Decomposition of indigo dyes via horseradish peroxidase/H₂O₂ system at room temperature. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35, 101233. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2023.101233>

Zuluaga, E., Millán, J., & Mosquera, J. (2013). *Análisis comparativo del desempeño de algunas pruebas de normalidad bajo diferentes escenarios de simulación.*

[https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/8310ba4f-6a20-4af9-8334-](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/8310ba4f-6a20-4af9-8334-88806ff75c5e)

[88806ff75c5e](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/8310ba4f-6a20-4af9-8334-88806ff75c5e)

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de uso de laboratorio de la Carrera de Textiles



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



Ibarra, 17 de octubre del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. Fausto Gualoto** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita **CHÁVEZ QUIMBIULCO LIZBETH ABIGAIL**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 172611269-9, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL TEJIDO DENIM DECOLORADO CON HIPOCLORITO DE SODIO, PERMANGANATO DE POTASIO”**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **BALANZA ELECTRÓNICA**
- **TÚNEL DE SECADO**
- **TINTURADORA DE PRENDAS:** Proceso de desengomado
- **AUTOCLAVE DE LABORATORIO IR DYER:** Empleado para realizar el bajado de tono del tejido denim.
- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410:** Determinación de la fuerza máxima por el método de agarre bajo la NORMA ISO 13934-2.


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

Atentamente:

MSc. GUALOTO FAUSTO
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX

Anexo 2

Ficha técnica del permanganato de potasio



SYQ 0078

PERMANGANATO DE POTASIO

GENERALIDADES

El Permanganato de potasio, (KMnO_4) es un compuesto químico formado por iones potasio (K^+) y permanganato (MnO_4^-). Es un fuerte agente oxidante. Tanto sólido como en solución acuosa presenta un color violeta intenso.

APLICACIONES

El permanganato de potasio se utiliza en algunas ocasiones para realizar lavados gástricos en ciertas intoxicaciones ejemplo: fósforo blanco ref: Uribe Granja Manuel G., Heredia de C. Elsa. Fósforo, intoxicación por fósforo inorgánico. También en dermatología, por su acción antiséptica, astringente y desodorante en concentración de 1/10.000 ref:

Es utilizado como agente oxidante en muchas reacciones químicas en el laboratorio y la industria.

PELIGROS

El KMnO_4 sólido es un oxidante muy fuerte, que mezclado con glicerina pura provocará una reacción fuertemente exotérmica. Reacciones de este tipo ocurren al mezclar KMnO_4 sólido con muchos materiales orgánicos. Sus soluciones acuosas son bastante menos peligrosas, especialmente al estar diluidas. Mezclando KMnO_4 sólido con ácido sulfúrico concentrado forma Mn_2O_7 que provoca una explosión. La mezcla del permanganato sólido con ácido clorhídrico concentrado genera el peligroso gas cloro.

El permanganato mancha la piel y la ropa (al reducirse a MnO_2) y debería por lo tanto manejarse con cuidado. Las manchas en la ropa se pueden lavar con ácido acético. Las manchas en la piel desaparecen dentro de las primeras 48 horas. Sin embargo, las manchas pueden ser eliminadas con un sulfito o bisulfito de sodio.

La información contenida en esta ficha técnica es de carácter general y se debe evaluar en cada caso específico, por lo cual no representa un compromiso de nuestra parte.

Anexo 3*Ficha técnica del Hipoclorito de Sodio*

	CC/01-10 CERTIFICADO DE ANÁLISIS	F.2C6.17 Revisión 02	
		15/6/2017	Pág. 1 de 1

DIVISIÓN CLORO-SODA QUITO

PRODUCTO: HIPOCLORITO DE SODIO
FÓRMULA: NaOCl
PESO MOLECULAR: 74,45 g/mol

CLIENTE:	
LOTE:	18-JUL-2022
FECHA TERMINACIÓN BATCH:	18-07-2022
FECHA ANÁLISIS:	20-07-2022

PARÁMETROS	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS
Estado Físico:	Líquido Cristalino	CUMPLE
Color:	Amarillo Verdoso	CUMPLE
Contenido de Cloro Disponible	mínimo 100 g/l	117.85
Contenido de Cloro Disponible en %ww	mínimo 8.77%	10.09
Estabilidad*	máximo 15 g/l	*
Contenido de Sedimentos	máximo 0.15%	0.03
Contenido de Alcalí (NaOH)	máximo 15 g/l	4.96
Densidad:	mínimo 1.140 g/cm3	1.168
pH. (17.2°C)	>12.50	12.93

*Nota: Pérdida del contenido de cloro disponible luego de 14 días para uso industrial de la fecha de producción del hipoclorito de sodio

Jorge Álvarez
Analista de Calidad


Responsable de Control de Calidad

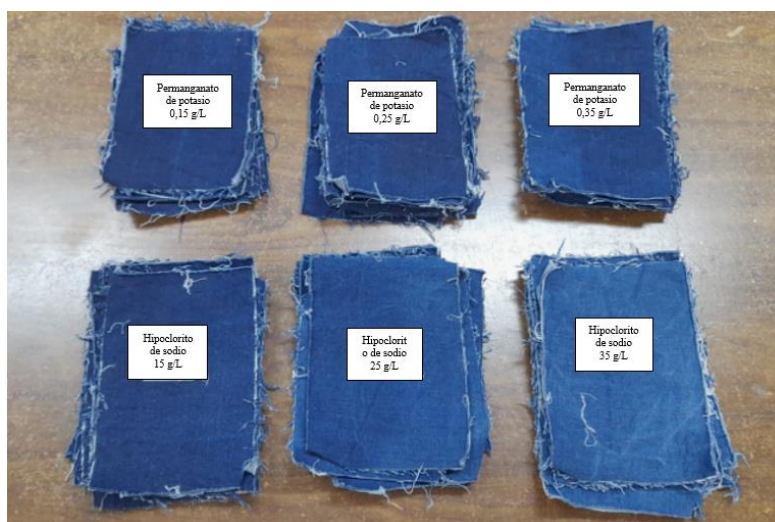
Anexo 4

Bajado de tono con hipoclorito de sodio y permanganato de potasio.



Anexo 5

Muestras decoloradas.



Anexo 6

Ensayos dinamométricos

