



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

MODALIDAD PRESENCIAL

PLAN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

**“EFECTO DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN LA RESISTENCIA DEL
HILO DE TRAMA CON ELASTANO EN UN TEJIDO DENIM”**

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

AUTORA: Morillo Espinoza Dalma Isabel

DIRECTOR: MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián

Ibarra – 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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	1725805970
APELLIDOS Y NOMBRES	Morillo Espinoza Dalma Isabel
DIRECCIÓN	Ulpiano de la Torre y Rafael Varela
EMAIL	dimorilloe@utn.edu.ec
TELÉFONO MOVIL	0995557638

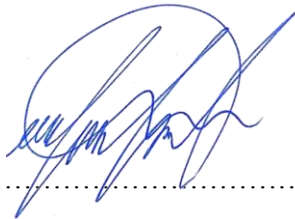
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“EFECTO DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN LA RESISTENCIA DELHILO DE TRAMA CON ELASTANO EN UN TEJIDO DENIM”
AUTORA	Morillo Espinoza Dalma Isabel
FECHA	04-10-2023
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/> PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA	INGENIERÍA TEXTIL
DIRECTOR	MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló sin violar derechos de autores 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 esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días, del mes de octubre de 2023

LA AUTORA:



Firma:

Nombre: Morillo Espinoza Dalma Isabel

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 04 de octubre de 2023

MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifica:

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

(f) 

MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián

C.I: 1002868048

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité Calificador del trabajo de Integración Curricular **“EFECTO DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN LA RESISTENCIA DEL HILO DE TRAMA CON ELASTANO EN UN TEJIDO DENIM”** elaborado por Morillo Espinoza Dalma Isabel, 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. Herrera Villarreal Wilson Adrián

C.I: 1002868048

(f).....


MSc. Naranjo Toro Marco Francisco

C.I: 1706870464

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, sin ellos nada de lo que he logrado en mi vida podría haberse hecho realidad incluyendo la culminación de mi carrera, su dedicación y amor incondicional han sido pilares fundamentales en mi camino hacia la felicidad y el éxito.

AGRADECIMIENTO

Estimados padres; Elva Espinoza y Fabian Morillo a través de estas palabras, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo incondicional que me han brindado durante mi trayectoria universitaria sus palabras de aliento, la confianza que han tenido en mis capacidades y el constante respaldo económico han sido de vital importancia para alcanzar mis metas educativas.

Quiero agradecer a mis queridos hermanos, por su presencia constante, amor incondicional y consejos los cuales fueron un pilar fundamental en mi vida. Vuestra presencia amorosa ha sido un regalo que no tiene precio y me siento verdaderamente bendecida de tener hermanos como ustedes.

Agradezco profundamente a mi tutor Ing. Wilson Herrera y asesor Ing. Marco Naranjo por la paciencia que me han sabido tener y la guía que me han brindado a lo largo del desarrollo del trabajo investigativo, a los profesores de la carrera de textiles por el tiempo que han invertido en brindarnos una educación de calidad y la contribución a nuestra formación académica.

Me gustaría agradecer a mis amigos por la amistad brindada, han sido un regalo precioso que valoro y aprecio profundamente, gracias por escucharme sin juzgar, por brindarme consejos sinceros y compartir experiencias, han hecho de mi estadía en la universidad una experiencia invaluable.

RESUMEN

Este proyecto de investigación estudia los efectos de usar el hipoclorito de sodio como agente reductor de color sobre los hilos a base de elastano que se encuentran dispuestos en el sentido de la trama en un tejido denim, la receta fue desarrollada basándose en un estudio previo que buscaba disminuir el consumo de agua en los procesos de lavandería, los parámetros identificados como relevantes para el desarrollo de este estudio fueron: la dosificación del hipoclorito, temperatura del desengomado, auxiliares para un proceso de neutralizado y el tiempo de exposición para cada proceso. La valoración de la resistencia de los hilos se realizó aplicando la norma ISO 2062:2009- Análisis de la resistencia a la tracción de hilos extraídos de paquetes, se analizaron las muestras con concentraciones de 15 g/L, 20g/L y 25 g/L los resultados obtenidos valoraban dos aspectos la fuerza a la rotura en cN y la elongación a la rotura en %, de las tres muestras la probeta uno muestra los mejores resultados siendo la menos afectada por el auxiliar en comparación con la probeta cero que no fue sometido a ningún proceso. Debido a esto se determina que existe una relación inversamente proporcional entre el volumen del hipoclorito de sodio y la resistencia del hilo en cN antes de que se genere una rotura.

Palabras claves: Elastano, resistencia, Hipoclorito de sodio, Bleach



ABSTRACT

This research project studied the effects of using sodium hypochlorite as a color reducing agent on elastane-based yarns that are arranged in the weft direction in a denim fabric. The recipe was developed based on a previous study that sought to reduce water consumption in laundry processes. The parameters identified as relevant for the development of this study were: hypochlorite dosage, desizing temperature, auxiliaries for a neutralizing process and exposure time for each process. Yarn strength assessment was performed by applying ISO 2062:2009- Analysis of tensile strength of yarns extracted from packages. Samples with concentrations of 15 g/L, 20 g/L and 25 g/L were analyzed. The results obtained evaluated two aspects, the breaking strength in cN, and the elongation at break in %. From the three samples, specimen one showed the best results, being the least affected by the auxiliary in comparison with specimen zero, which was not subjected to any process. Because of this, it was determined that there is an inversely proportional relationship between the volume of sodium hypochlorite and the strength of the yarn in cN before a breakage is generated.

Keywords: elastane, strength, sodium hypochlorite, Bleach.

Reviewed by:
MSc. Luis Paspuezán Soto
CAPACITADOR-CAI
Septiembre 11, 2023

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
CONSTANCIA.....	iii
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema	1
Antecedentes	1
Importancia del estudio	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	4
Características del sitio del proyecto	4
CAPÍTULO I	5
1 MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Estudios previos	5
1.1.1 Proceso de lavandería del denim.....	5
1.1.2 Denim Elástico.....	6
1.1.3 Elastano.....	9
1.1.4 Bleaching	10
1.2 MARCO LEGAL.....	12
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	12

	xi
1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	12
1.3 MARCO CONCEPTUAL	13
1.3.1 Denim.....	13
1.3.2 Hipoclorito de sodio.....	13
1.3.3 Desengomado.....	14
CAPÍTULO II.....	15
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1 Tipos de investigación a aplicar	15
2.1.1 Investigación bibliográfica.....	15
2.1.2 Investigación analítica	16
2.1.3 Investigación experimental	16
2.1.4 Investigación comparativa	16
2.2 Flujogramas.....	17
2.2.1 Flujograma General	17
2.2.2 Flujograma Muestral.....	18
2.3 Equipos y Materiales	18
2.3.1 Lavadora de prendas	19
2.3.2 Caldero.....	19
2.3.3 Túnel de secado.....	20
2.3.4 Hipoclorito Sódico	21
2.3.5 Sosa Cáustica	21
2.3.6 Ácido Fórmico	21
2.3.7 Detergente.....	21
2.3.8 Humectante	22
2.3.9 Suavizante.....	22
2.4 Caracterización del tejido.....	23
2.4.1 Análisis cuantitativo de fibras Norma AATCC 20A.....	23
2.5 Procedimiento para el bajado de tono	25
2.6 Formulaciones de las recetas para el proceso Bleach	27
2.7 Dinamómetro.....	30
2.7.1 Determinación de la fuerza o carga de rotura, ISO 2062:2009.....	30
2.7.2 Titulación de hilos.....	31
2.7.3 Descripción de la prueba.....	32
CAPÍTULO III.....	33

	xii
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33
3.1 Resultados	33
3.1.1 Tabla de resultados de resistencia a la tracción del hilo.....	33
3.1.2 Tablas generales de los resultados de laboratorio	38
3.2 Discusión de resultados.....	40
3.2.1 Análisis de la varianza.....	40
3.2.2 Normalidad de los datos	41
3.3 Análisis de resultados.....	43
CAPÍTULO IV	46
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
4.1 Conclusiones.....	46
4.2 Recomendaciones	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los procesos para el acabado del denim.....	5
Tabla 2 Tipos de tejido denim según la composición.....	7
Tabla 3 Aplicación del denim según el peso	8
Tabla 4 Características principales del elastano	9
Tabla 5 Hoja del proceso bajo combinación de etapas.....	11
Tabla 6 Caracterización del tejido.....	23
Tabla 7 Receta 1 dosificación de 15g/L de NaClO	27
Tabla 8 Receta 2 dosificación de 20 g/L de NaClO	28
Tabla 9 Receta 3 dosificación de 25 g/L de NaClO	29
Tabla 10 Parámetros del dinamómetro.....	30
Tabla 11 Tabla referencia sobre los pesos	31
Tabla 12 Muestra sin acabado	34
Tabla 13 Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 1	35
Tabla 14 Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 2.....	36
Tabla 15 Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 3.....	37
Tabla 16 Resultados generales de la fuerza a la rotura.....	38
Tabla 17 Resultados generales del alargamiento a la rotura.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estadio UTN.....	4
Figura 2 Flujograma del proceso	17
Figura 3 Flujograma de las diferentes dosificaciones.....	18
Figura 4 Maquina Lavadora de prendas	19
Figura 5 Caldero de la planta textil.....	20
Figura 6 Túnel de Secado	20
Figura 7 Auxiliares empleados en el proceso	22
Figura 8 Caracterización cuantitativa del sustrato textil.....	24
Figura 9 Curva del proceso.....	25
Figura 10 Desarrollo del proceso BLEACH.....	26
Figura 11 Determinación del coeficiente de variación de la fuerza a la rotura	40
Figura 12 Determinación del coeficiente de variación de la elongación a la rotura.....	41
Figura 13 Determinación de la normalidad de la fuerza a la rotura.....	42
Figura 14 Determinación de la normalidad de la elongación a la rotura	42
Figura 15 Gráfico resultados fuerza a la rotura	43
Figura 16 Grafico general elongación a la rotura	44
Figura 17 Promedio de resistencia y elongación	45

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

El objetivo principal de este estudio de investigación es determinar la resistencia del hilo a base de elastano dispuesto en el sentido de la trama en el tejido denim, el cual ha sido expuesto a diferentes concentraciones de hipoclorito sódico para generar un acabado de envejecido. La resistencia será evaluada aplicando la Norma ISO 2062:2009, en el equipo de laboratorio identificado como dinamómetro. Con los resultados se pretende generar una fuente de información que permita a los productores elegir la opción con menos efectos sobre la resistencia del tejido, llevando un mejor control sobre la dosificación del producto.

El hipoclorito de sodio comúnmente conocido como cloro es un compuesto químico manejado en la industria textil como reductor de color y agente blanqueador, sus principales consumidores son las lavanderías industriales dedicadas a generar acabados que modifiquen el aspecto visual de los jeans, gracias a sus características antimicrobianas también es usado para la esterilización de hospitales, pisos y se lo añade al agua para poder potabilizarla.

La tela destinada al análisis se obtuvo de un productor nacional, se desarrollaron cinco recetas con dosificaciones diferentes, las mismas fueron aplicadas en la máquina lavadora de prendas de la Planta Académica Textil de Azaya. Para el análisis de los resultados se tomará en consideración el hilo con elastano dispuesto en la trama sabiendo que en los tejidos de calada como el denim se emplea el hilo de spandex con la finalidad de otorgar confort y elasticidad.

Antecedentes

La importancia de conocer la resistencia de un tejido radica en la necesidad de garantizar la calidad del género textil, especialmente sobre aquellas telas sometidas a procesos abrasivos. Para iniciar la indagación sobre los efectos del hipoclorito de sodio sobre la

resistencia del hilo de elastano, ha sido necesario recopilar información que permite establecer un punto de partida; es así que, en este apartado se reúnen estudios, hallazgos y reflexiones de autores asociados al tema de investigación.

En este sentido, Eryuruk (2019), llevo a cabo una investigación orientada a conocer los efectos de los procesos de acabado en las propiedades de rendimiento de los tejidos de mezclilla, en los análisis de resistencia al desgarro, rigidez y caída se concluyó que las telas que contienen en su estructura elastano presentan menor resistencia al desgarro a comparación con las compuestas en un 100% por algodón, sin embargo, se puede afirmar que la presencia de elastano en el tejido aumenta las característica de caída y disminuye los valores de rigidez.

Reazuddin, Tarikul, Halim, Rezaul y Muhammad (2021), en su estudio sobre las propiedades de la tela de mezclilla después de someterlos a diferentes lavados industriales, pudo concluir que el proceso de lavado afecta en la resistencia al desgarro tanto en dirección de la urdimbre como de la trama, pero en porcentajes diferentes, esta variación se ve ligada al tipo de acabado empleado.

Cabrera (2022), en su trabajo de grado menciona la importancia de innovar los procesos de lavandería del denim, puesto que, en diferentes ciudades del país como Ambato, algunas empresas se han limitado a replicar los proceso afectando su producción, la necesidad de conocer los efectos, así como el nivel de desgaste que tienen los procesos físicos como químicos en la prenda, es de suma importancia, ya que la innovación en la producción de mezclilla es necesaria para ampliar el mercado.

Importancia del estudio

Aunque se cuenta con información sobre los procesos para realizar acabados sobre el denim, estos no son suficientes para solventar la necesidad de datos confiables sobre el efecto que tiene el hipoclorito en un tejido plano constituido por un elastómero. Con la investigación

se crea una base que ayude a controlar las dosificaciones del cloro, considerando que el desgaste de color es uno de los acabados más utilizados en esta industria. En este sentido, Reazuddin, et al (2021) menciona que:

Algunos trabajos de investigación sobre los efectos del lavado en la fibra de elastano que contienen las prendas de mezclilla se han hecho principalmente para establecer un diseño novedoso o una moda de alto rendimiento; por lo cual, se debe generar mayor cantidad de información sobre los cambios en las propiedades de productos de mezclilla con elastano incorporado.

Palacios & Tenezaca (2016) afirman en su investigación que la calidad del producto textil debe estar garantizado con un análisis de laboratorio, más que con una revisión visual, claro que con el segundo proceso se puede identificar la presencia de manchas y fallas en las costuras, dejando de lado aspectos importantes como la resistencia, sobre todo si se considera el número de procesos a los que es sometido y los agentes químicos usados.

Se puede evidenciar la necesidad de fuentes bibliográficas que contengan datos con validez enfocados en describir los efectos en las características mecánicas del prelavado en el denim, buscando ayudar a los principales productores de mezclilla a analizar sus procesos para llegar a un acabado adecuado sin afectar la estructura del género textil. No se puede dejar de lado la importancia de usar elastano en el tejido porque ofrece grandes ventajas, como lo es la flexibilidad, comodidad y libertad de movimiento, es fácilmente combinable por lo que su mezcla proporciona propiedades mixtas, además las prendas son fáciles de cuidar y mantener.

Objetivo general

Analizar el efecto del hipoclorito de sodio en la resistencia del hilo de trama con elastano en un tejido denim.

Objetivos específicos

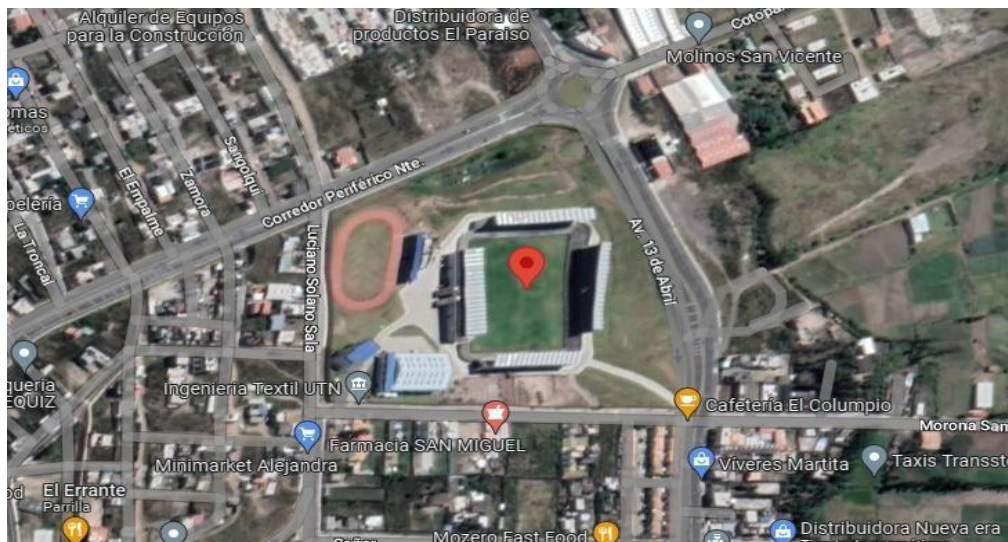
- Aplicar el hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones en el tejido denim mediante el proceso de prelavado para la obtención de muestras de hilos de trama.
- Realizar pruebas en el hilo de trama mediante el uso del equipo de laboratorio denominado dinamómetro para la obtención de resultados estadísticos sobre la resistencia a la tracción aplicando la norma ISO 2062: 2009.
- Analizar los datos obtenidos en laboratorio para determinar el grado de resistencia del hilo, utilizando diferentes programas estadísticos incluyendo el software PAST 4.

Características del sitio del proyecto

Para el desarrollo del proyecto de investigación se dio uso de los equipos normalizados pertenecientes a los laboratorios de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte. En la **Figura 1** se presenta una vista satelital de la Planta Académica, la cual se localiza frentes al anillo vial, por la autopista 13 de abril y la calle Morona Santiago.

Figura 1

Estadio UTN



Tomado de: (GoogleMaps, 2020)

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1. Estudios previos

En este apartado se mencionan las diferentes fuentes bibliográficas utilizadas como base para el desarrollo del trabajo investigativo.

1.1.1 Proceso de lavandería del denim

El término lavandería solía asociarse al lugar que ofrece servicios de limpieza y secado de ropa. Actualmente, el significado de dicha palabra se ha modificado para utilizarla cuando se hable sobre la secuencia de procesos a los que se somete una prenda o tejido con el fin de obtener diseños originales y únicos, pudiéndose emplear para ello enzimas u otras sustancias químicas con las que se genera un desgaste visible. Existen dos procesos que difieren de los elementos empleados para generar un acabado sobre dicho sustrato textil, permitiendo cubrir así la necesidad de cambiar el aspecto visual y la percepción al tacto del denim, como se detalla en la *Tabla 1*, estos procesos pueden ser de carácter físico o químico.

Tabla 1

Clasificación de los procesos para el acabado del denim

PROCESOS QUÍMICO	PROCESOS FÍSICOS
Desengomado	Sandblasting
Stone Washing	Hand (Lija)
Lavado Enzimático	Bigotes
Bajado	Desgaste Localizado
Blanqueado	Rotos
Tinturado o Teñido	Resinado
Suavizado	Láser
Secado	Esponja

Adaptado de: (Chávez, 2017)

Existen aspectos importantes que deben tomarse en cuenta cuando se busca dar un acabado al género textil, Méndez (2017) en su estudio habla sobre la importancia de considerar el tipo de tela con el cual se trabaja:

Es fundamental que el género textil que va a someterse a un proceso de lavado cumpla con los requisitos de densidad, grosor, resistencia y peso adecuado, estos factores son necesarios para que el textil pueda resistir un lavado abrasivo sin desgarrarse, lo cual afectaría su calidad final.

Además del género textil con el que se trabaja, existen otros factores asociados al proceso que pueden influir tanto positiva como negativamente en el producto final. “Los distintos factores que están presentes dentro de los procesos de lavandería y que influyen en el resultado de este son: la temperatura, el tiempo, el pH del agua y la relación de baño” (Cabrera & Gálvez, Freddy, 2022).

El tema propuesto en esta investigación ha sido abordado en otros estudios como: “Innovación en procesos de lavandería” (2022), publicada por la Universidad del Azuay, en el cual se propone la necesidad de crear nuevas técnicas de prelavado con el objetivo de ofrecer acabados que hagan de las prendas productos atractivos comercialmente.

1.1.2 Denim Elástico

El denim es un tejido compuesto de algodón asargado que en tiempos pasados por su característica de durabilidad y resistencia se utilizaba para fabricar velas de barcos, tiendas de campaña y lonas, posteriormente se empleó para la confección de pantalones de trabajo y actualmente lo podemos ver en pasarelas estructurando diferentes prendas. El ligamento característico de este tejido es la sarga (Carrera, Capdevila, & Escusa, 2022) determinaron que:

El efecto que tienen distintos diseños de tejidos planos se ven ligados a sus propiedades mecánicas, resistencia a la tracción, resistencia al desgarramiento, rigidez, flexión y formación

de pilling, estos son más elevados en el tafetán que en la sarga; Aunque, se marca una diferencia significativa en la resistencia al desgarró, ya que resulta ser mayor en el ligamento tipo sarga.

Este tejido presenta en el sentido de la urdimbre hilos de algodón, mientras que en la trama se pueden encontrar además del algodón otras fibras, como lo es el caso del nylon que aporta resistencia y brillo. Recientemente se han incorporado fibras como el rayón, el lyocell o modal en conjunto con filamentos de elastano otorgando elasticidad al tejido, de allí nace el término denim elástico. En el mercado podemos encontrar diferentes mezclas, véase la **Tabla 2**, donde cada uno de ellos depende del uso final que tendrá la prenda confeccionada.

Tabla 2

Tipos de tejido denim según la composición

TIPO	COMPOSICIÓN	ANCHO	PESO	COLOR
Mezclilla Spandex	97% Co / 3% spandex	140 cm	12 onzas	azul
Mezclilla	100% Co	160 cm	10 onzas	azul
Mezclilla Long Ring	80% Co /18% Pes/ 3% spandex	140 cm	10 onzas	azul
Mezclilla Spandex	80% Co/18% Pes/ 2% spandex	150 cm	9,5 onzas	azul
Mezclilla Cross Ring	100% Co	180 cm	10 onzas	azul
Denim Spandex	97% Co	54,56 in	8 onzas	azul

Recuperado de: (Sánchez, 2020)

El incorporar elastano en el sentido de la trama fue una estrategia enfocada a ofrecer al consumidor una prenda cómoda, como se mencionó con anterioridad, dicho filamento otorga diferentes características positivas a la prenda. “La mezclilla elástica compuesta por una pequeña cantidad de Lycra entre 1% a 5% agrega libertad de movimiento y mayor elasticidad,

el denim elástico está marcando una nueva generación gracias a su suavidad, usos y comodidad; además, respeta la apariencia y el tacto auténtico de la mezclilla” (Padhye & Nayak, 2010).

Existen parámetros significativos a tomarse en cuenta cuando se busca trabajar con denim elástico, primero tenemos la composición; si bien es cierto, que las diferentes fibras o filamentos otorgan propiedades nuevas al textil los mismos limitan su tratamiento. Erazo (2011) en su investigación propone que: “Los acabados se ven limitados por la composición de la tela, primero debe confirmarse de que material está constituido el textil, si son de algodón 100% o si son de algún tipo de mezcla (poliéster – algodón – lycra), (lycra – algodón)”.

Este parámetro resulta importante para saber que agentes químicos pueden modificar al tejido, otro factor de igual importancia es el gramaje, este es asociado mayormente con el diseño de la prenda, puesto que según el peso se sabrá que utilidad se le puede dar. Chavéz (2018) afirma que la comercialización del denim está basada en su densidad, las unidades con las cuales se identifica a nivel internacional son las onzas o yardas cuadradas. El peso puede variar entre 4 a 16 oz/ yd², tal como se detalla en la **Tabla 3**, el mismo se ve determinado por el título de los hilos tanto de la trama como de la urdimbre, pudiendo encontrar títulos entre 6 a 15 Ne.

Tabla 3

Aplicación del denim según el peso

Tipo	Peso	Uso
Tradicional	10 - 16 onzas	Pantalones, mochilas
Semipesado	08 - 10 onzas	Chompas, Prendas para niños
Semiliviano	06 - 08 onzas	Camisas, vestidos
Liviano	hasta 05 onzas	Jeans licrados

Adaptado de: (Tenezaca, 2020)

1.1.3 Elastano

Fibra de origen sintético patentada por la empresa DuPont con el nombre de LYCRA, mientras que el término spandex nace del anagrama expands (expandir) empleado para referencia al material, existen nombres comerciales empleados para comprar este material como lo son DORLASTAN, ELASPAN, ACEPORA y NUMA su nombre dependerá de la empresa que lo produzca. “Se trata de un copolímero uretano-urea que fue inventado en 1959 por los químicos Sandquist y Shivers” (De La Cruz, 2018). En la **Tabla 4** se muestran algunas de las características de este filamento.

Tabla 4

Características principales del elastano

PROPIEDADES	
FÍSICAS	
Extensión a la rotura	400 % a 800%
Densidad	1.2 a 1.4 g/cm ³
Titulo	8 - 2500 dctx
Conductor	No
Tenacidad	0.64 a 0.91 gr/dctx
Recuperación	95%
Temperatura de Ablandamiento	175°C
QUÍMICAS	
Punto de fusión	230°C
Resistente	álcalis, sudor, lociones y detergentes.
Sensibilidad	aceites saturados, grasas, agentes blanqueadores

Adaptada de: (Haro, 2011)

“Algo que se busca principalmente en una prenda, es que se estiren de acuerdo con los movimientos del cuerpo y que posterior a esta acción conserve su forma original sin deformarse, cuando una tela no tiene tanta flexibilidad se produce una deformación identificada como embolsada” (Ozdil, 2008). Debido a la demanda de ropa cómoda, que sea ajustable al

cuerpo y tenga características elásticas, se confirma un aumento en la necesidad de telas compuestas por elastano, de igual forma las telas de mezclilla que contienen elastano para la confección de ropa casual han sido solicitadas en mayor proporción.

“Las fibras de spandex son vulnerables al daño de una variedad de fuentes, incluyendo el calor, la luz, contaminantes atmosféricos y el cloro. Por esta razón, se añaden estabilizantes para proteger las fibras” (Flores, 2015). Pese a estas desventajas su mayor característica es la de tener una buena extensión a la rotura y su recuperación es rápida cuando se libera la tensión, por lo cual se la utiliza mayormente en la confección de ropa deportiva, trajes de baño, corsetería y en telas tejidas y de punto.

1.1.4 Bleaching

“Más del 80% de los procesos de bajados de tono se realizan con la ayuda del hipoclorito, para eliminar o destruir el color se combinan la agitación mecánica aportada por las lavadoras de tambor y de la adición de productos químicos que oxiden el colorante” (Bechtold, Turcanu, Campese, Maier, & Schrott, 2006). Este proceso consiste en degradar el color índigo típico del tejido denim ayudándose de un agente oxidante como lo es el hipoclorito de sodio, aunque también se puede usar el permanganato de potasio o la glucosa en el caso de tratarse de colorantes sulfurosos, el primero se realiza con mayor frecuencia por la facilidad que tiene para obtener una amplia gama de tonos azulados. Chávez (2017) propone que: “El proceso de bajado de tono puede verse afectado por diversos factores siendo los más importantes la temperatura y el pH, con respecto al primer punto se sugiere trabaja a una temperatura de 70° C, mientras que el pH debe estar en un rango de 9 y 10”.

En este mismo sentido Erazo (2011), habla sobre el uso del hipoclorito de sodio por lo que recomienda: “Trabajar con cantidades que oscilan entre el 2 % al 20 %, dependiendo de la

tonalidad que se requiera obtener. El tiempo de tratamiento es de 10 minutos, un mayor tiempo implica pérdida de resistencia y descomposición del algodón”.

En la **Tabla 5** se muestra una receta empleada por una empresa para realizar el proceso de bajado de color, el mismo se compone de 6 etapas siendo una de las más importantes el neutralizado. Jarrín (2018) explica la necesidad de: “Adicionar al bajado de tono un proceso de neutralizado del cloro para evitar la aparición de una coloración amarillenta, para ello intervienen químicos como el metabisulfito de sodio y ácido oxálico”.

Tabla 5

Hoja del proceso bajo combinación de etapas

Etapas	Auxiliares Químicas	(g/L)	Volumen Agua L	Temperatura (°C)	pH	Tiempo (min)
Desengomado	Antiquiebre	3				
	Alfamilasa 10%	0,3	30	Ambiente	7	15
	Humectante	2				
Abrasión	Celulasa Híbrida	0,15	30	40	7	30
	Humectante	0,5				
	Hipoclorito de sodio	15	30	35 - 40	11	20
Bajado	Sosa cáustica	0,167				
	Metabisulfito de sodio	2,0	30	30 - 40	7	10
Enjuagado (2)	-	-	60	Ambiente	-	5
Suavizado	Suavizante	4	30	Ambiente	5	10
	Ácido Acético	0,15				

Adaptado de: (Chávez, 2017)

1.2 MARCO LEGAL

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó como fundamento legal la constitución de la república del Ecuador, específicamente la Ley Orgánica de Educación Superior, en la misma se plantea en el artículo 350 que: “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 las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo” (LOES, 2010)

"La tecnología e innovación aporta al bienestar social y la productividad del país, en la medida que estén pensadas en términos de rentabilidades sociales, económicas y ambientales. Por lo que su mayor desafío constituye reducir brechas socioeconómicas y, a su vez, elevar la sofisticación de bienes y servicios en el mercado nacional, así como aumentar, la competitividad en mercados internacionales." - Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021).

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte tiene como visión el formar profesionales con valores y ética, que tengan capacidades de liderazgo y criterio. Además de motivar la innovación, para que contribuyan al desarrollo social, económico y cultural del País. Para el cumplimiento de esta esta investigación emplea el área y línea de investigación nueve: Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

1.3 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se realiza una revisión bibliográfica de los temas generales a partir de los cuales se sustenta la investigación.

1.3.1 Denim

El tejido denim, también conocido como blue jean, es uno de los materiales más populares y versátiles en la industria textil. Se utiliza en la confección de pantalones, chaquetas, camisas y faldas. García (2022) menciona que: “Generalmente este tipo de tejido se tiñe en color azul índigo mediante un mecanismo en el que el tinte permanece en la superficie de las fibras. Es decir, durante el proceso de teñido, las moléculas de tinte penetran hasta cierto punto, quedando confinadas a la superficie y permaneciendo las capas internas del cuerpo de la fibra incoloras.”

Algunas innovaciones incorporadas al tejido son la mezcla de fibras, ya que por ser originalmente un textil rígido se ayudó de diferentes fibras como el elastano, que minimiza esta característica, “El Denim elástico es sin duda el tejido más cómodo. Es muy similar al tradicional, pero también tiene spandex. Como no es rígido, se estira y puedes moverte con más libertad que con otros tipos de Denim” (Velasco, 2017).

1.3.2 Hipoclorito de sodio

Uno de los usos habituales para el hipoclorito de sodio es la decoloración de telas, suele diluirse en agua por eliminar las manchas detectadas en prendas, en esta presentación se lo conoce como lejía. En este sentido Vélez (2015) menciona que “El hipoclorito de sodio es un compuesto químico, fuertemente oxidante de fórmula NaClO . Contiene cloro en estado de oxidación +1. Debido a esta característica se utiliza como desinfectante, además destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador”.

“El hipoclorito de sodio se descompone fácilmente a temperaturas de 40° C o en presencia de ácidos fuertes, generando gas cloro. Reacciona vigorosamente con materiales orgánicos y otros agentes reductores pudiendo generarse un incendio por sí solo” (MEXICHEM, 2010, pág. 1). Estudios realizados sobre los efectos ecológicos que puede tener el desecho del hipoclorito de sodio en corrientes de aguas, mencionan que esta temática es un problema de salud pública. Causil, y otros (2017) definen al NaClO como:

Es un compuesto altamente tóxico por lo cual se vende en concentraciones relativamente bajas a nivel comercial (0,5 a 5,25%) debido a los efectos tisulares que podría causar cuando no se manipula correctamente (Juárez y Lucas, 2001). Dentro de los usos más comunes se cuentan labores de limpieza doméstica, en industria para el tratamiento y potabilización del agua, como blanqueador de textiles y diversos procedimientos en medicina

1.3.3 Desengomado

“Tiene como objetivo eliminar la goma o apresto que recubre los hilos de urdimbre dispuestos en el tejido denim que se ha aplicado en el proceso de tejeduría” (Cabrera & Gálvez, Freddy, 2022). En otras palabras, se entiende que el proceso de desengomado se realiza antes de darle un acabado al tejido para aumentar su permeabilidad, puesto que gracias a la goma que se utiliza para dar rigidez al tejido también se genera una capa semejante a un laminado repelente o impermeable.

Según Azcorra (2013) “Para el proceso de desengomar la tela solo se requiere de un buen detergente, lavarlo a 50°C de temperatura durante 15 minutos, para posteriormente darle un enjuague con agua fría durante 10 minutos”.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se abordan los distintos tipos de investigación aplicados para alcanzar los objetivos planteados, además se determina el enfoque adecuado que oriente la investigación pudiendo ser de tipo cuantitativo o cualitativo. De igual forma se detalla el proceso óptimo a seguir para obtener el acabado deseado incluyendo la descripción de auxiliares, insumos y maquinaria empleados. Conjuntamente, se especifica la norma utilizada que garantice el desarrollo del análisis. Para este caso en específico, la investigación tomará un enfoque cuantitativo, puesto que se dará uso de programas estadísticos para interpretar los datos obtenidos tanto de pruebas como ensayos de laboratorio

2.1 Tipos de investigación a aplicar

El presente trabajo de investigación está enfocado en determinar el efecto que tiene el hipoclorito de sodio en la resistencia del hilo compuesto por elastano, para ello se fueron empleados cuatro distintos tipos de investigación, los mismos permitieron construir de manera ordenada el proceso de análisis que permitió el desarrollo de este trabajo, las distintas investigaciones son de tipo: bibliográfico, analítico, experimental y comparativo.

2.1.1 Investigación bibliográfica

La búsqueda de la información debe realizarse de manera profesional, por ello se debe evitar recurrir a fuentes no confiables, de preferencia deben definirse documentos reconocidos con el objetivo de ganar tiempo en la investigación, una estrategia que permite cumplir este objetivo es la delimitación de la búsqueda. De acuerdo con González (2022) la investigación documental es un método de estudio e interpretación apoyado en la lectura de libros y revisión de: artículos, vídeos, documentales, revistas, grabaciones, monografías o tesis. De tal manera

se lo puede identificar como un proceso de recopilación, organización y análisis de una serie de datos que tratan sobre un tema en particular.

2.1.2 Investigación analítica

La investigación analítica busca crear un juicio o criterio mediante el análisis, para ello descompone un todo en partes estratégicas lo que le permite encontrar de forma sencilla el problema. McMillan & Schumacher (2005) afirman que este método de investigación utiliza testimonios orales y residuos informáticos para obtener un análisis comprensivo para el lector. El investigador debe considerar diferentes parámetros para dar solución al problema ya sean estos la cronología del proceso, el espacio o el tiempo.

2.1.3 Investigación experimental

El método experimental consiste en alterar una variable (variable independiente) y observar los cambios y efectos generados sobre otra variable diferente (variable dependiente). “Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular” (Murillo, 2011).

2.1.4 Investigación comparativa

Una investigación comparativa se emplea para establecer tanto similitudes como diferencias entre dos o más objetos de estudio. Este tipo de investigación se aplica en diversos campos como la sociología, psicología, educación, medicina entre otros. Pérez (2010) menciona que “la investigación comparativa es una estrategia analítica que proporciona ayuda tanto con fines descriptivos como explicativos, mediante su aplicación se busca poner a prueba una hipótesis”.

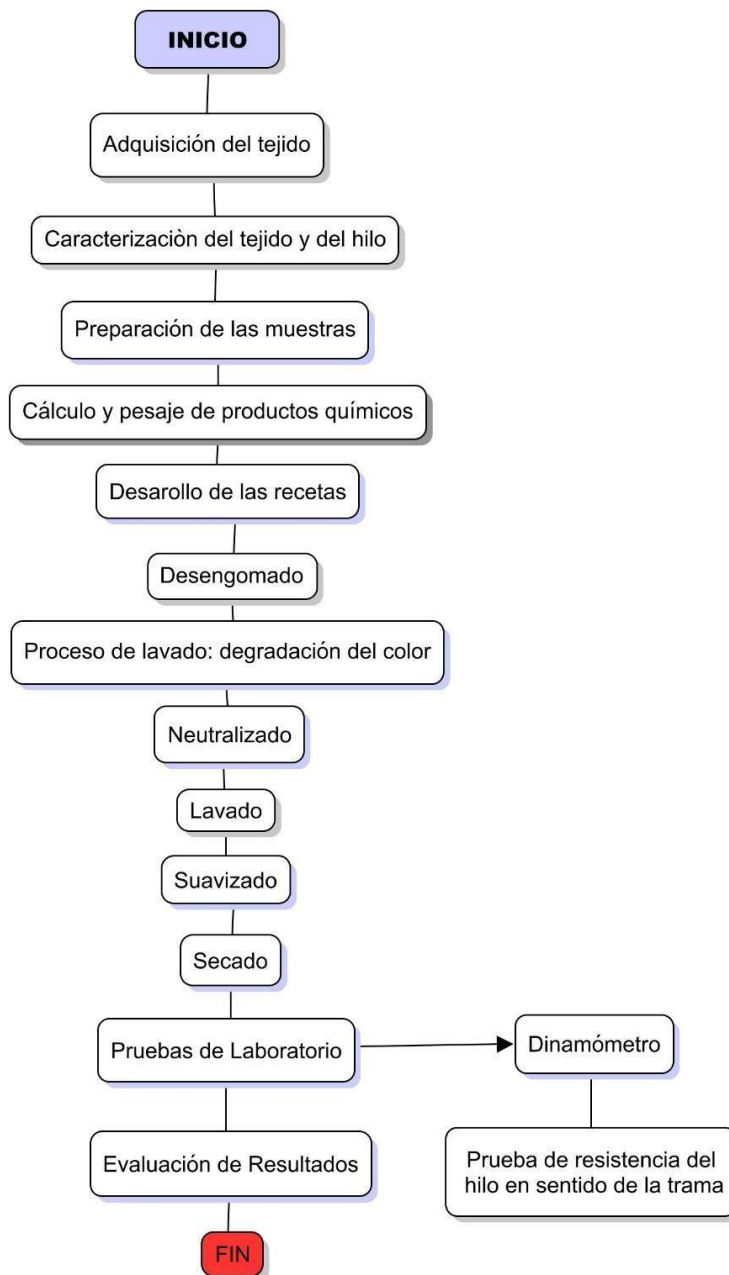
2.2 Flujogramas

En este apartado se plasma gráficamente el proceso necesario para obtener las diferentes probetas, partiendo de un diagrama de flujo general y sintetizando todo en uno muestral.

2.2.1 Flujograma General

Figura 2

Flujograma del proceso

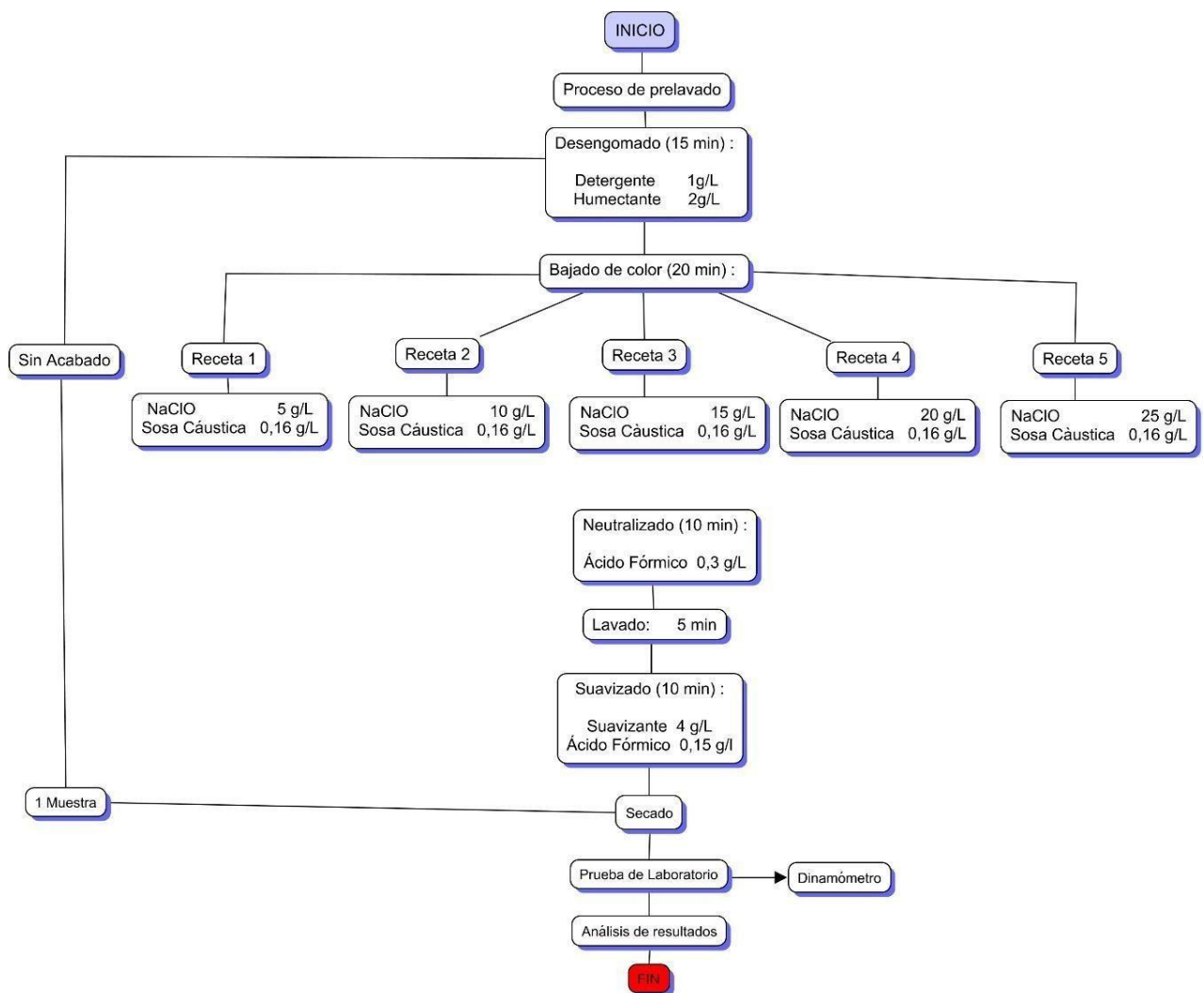


2.2.2 Flujoograma Muestral

En la **Figura 3** se muestra el flujo general para las diferentes dosificaciones que se utilizarán en este trabajo de investigación.

Figura 3

Flujoograma de las diferentes dosificaciones



2.3 Equipos y Materiales

Para el desarrollo y finalización del proyecto de investigación fue necesario la utilización de diferentes equipos y materiales que faciliten el proceso experimental, principalmente para el proceso de bajado de tono del tejido denim se dio uso de la lavadora de

prendas, una vez obtenida la muestra se aprovechó el túnel de secado para eliminar el exceso de agua presente en el textil, por último, se empleó el dinamómetro con el objetivo de analizar la resistencia a la tracción y alargamiento.

2.3.1 Lavadora de prendas

“Máquina donde se realizan todos los procesos químicos a las prendas ya confeccionadas, funciona mediante indicadores de temperatura, tiempo y de volumen existente dentro de la máquina” (Gálvez & Cabrera , 2022). Entendemos que la lavadora de prendas es una máquina industrial usada en las lavanderías para realizar diferentes acabados sobre prendas compuestas por tejido jean, estos pueden ser de tipo Stone, bleach o lavados ácidos, cabe recalcar que pueden realizarse otros procedimientos como un desengomado o tintura.

Figura 4

Maquina Lavadora de prendas



2.3.2 Caldero

Es un dispositivo encargado de generar vapor al calentar agua dentro de su estructura mediante el uso del diésel como combustibles, la misma se transporta por tuberías recubiertas de un tejido aislante a las distintas máquinas que requieran de su apoyo, se emplea en procesos

de tintura y acabados, de igual forma trabaja en conjunto con lavadoras, secadoras y planchas porque resulta ser fiable a la hora de cubrir la necesidad de calor y vapor.

Figura 5

Caldero de la planta textil



2.3.3 Túnel de secado

Es una máquina empleada para disminuir la cantidad de humedad presente en los tejidos, esta herramienta es indispensable en empresas destinadas a la impresión directa sobre prendas, ya que ayuda en el proceso de secado, con ello el trabajo se agiliza y las siguientes etapas de etiquetado y empaclado se realizan rápidamente, el tiempo de exposición dependerá del tipo de tejido que queremos secar.

Figura 6

Túnel de Secado



2.3.4 Hipoclorito Sódico

“El hipoclorito de sodio es un agente altamente oxidante, mayor al peróxido de hidrógeno y el dióxido de cloro, gracias a esta propiedad se usa como agente de blanqueo y desinfección, los cuales son bien aprovechados en el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos” (IDEAM, 2022). Ante un medio ácido suele descomponerse con facilidad, usualmente presenta un pH que va de 10 a 12.

2.3.5 Sosa Cáustica

Conocida también como hidróxido de sodio, la sosa cáustica es una sustancia química inorgánica corrosiva y alcalina, su presentación puede ser en estado sólido como escamas, o en estado líquido, “La sosa líquida es un álcali de base fuerte cuya función es remover cascarras y pectinas amilasas que quedan en las fibras” (Azcorra, 2013).

2.3.6 Ácido Fórmico

Es un ácido orgánico simple de fórmula HCOOH , se presenta en estado líquido, altamente corrosivo, se lo identifica también como ácido metanóico o ácido amínico. “Es una sustancia incolora característica por su olor fuerte y penetrante. Empleada en tintura, acabados textiles, papelería, para tratamiento de pieles y en otros procesos mediante los cuales se obtiene diversas sustancias químicas” (NJHealth, 2011)

2.3.7 Detergente

“Un detergente textil es un producto químico diseñado específicamente para limpiar y eliminar las manchas de las prendas de vestir y otros textiles, generalmente utilizado en combinación con el lavado a máquina o el lavado a mano. Estos detergentes están formulados con agentes tensoactivos y otros ingredientes para eliminar la suciedad, las manchas de grasa y las partículas de suciedad de las fibras textiles sin dañar las telas” (Solé, 2014). Algo que se debe tener en cuenta es la naturaleza de las manchas, si es de grasa (apolar) y esté sobre un

tejido 100% algodón (polar) se podrá eliminar con detergentes comunes, mientras que si los dos elementos son polares la mancha será difícil de eliminar.

2.3.8 Humectante

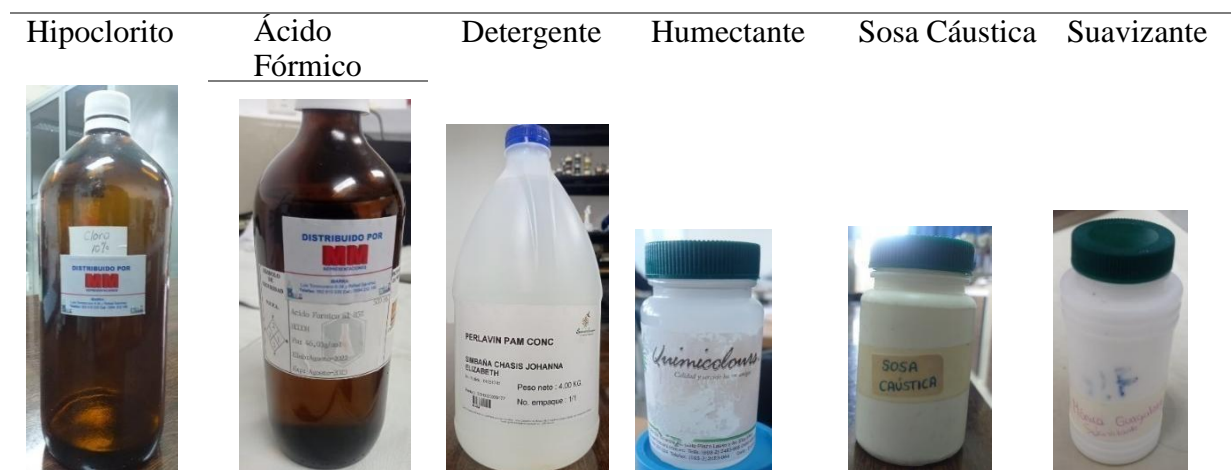
“Los agentes humectantes son añadidos al baño en bajas concentraciones, con la finalidad de disminuir la tensión superficial del agua. Esto debido a que algunos textiles presentan una protección natural por ceras lo que las vuelve textiles hidrófobos” (Azcorra, 2013). En otros términos se emplean este tipo de auxiliares para potenciar el proceso de humedecimiento del sustrato.

2.3.9 Suavizante

“Los suavizantes textiles son productos empleados para conferir a los materiales textiles una serie de propiedades, de entre las que destaca la mejora al sentido del tacto, ya que los hace más suaves y por tanto más agradables y lisos” (Carrión, 1988). Un claro ejemplo es el suavizante que se oferta en los supermercados el cual cumple el mismo objetivo, da suavidad a las prendas y en ocasiones confiere un aroma agradable.

Figura 7

Auxiliares empleados en el proceso



Nota: la gráfica muestra los auxiliares considerados importantes y necesarios para desarrollar el proceso.

2.4 Caracterización del tejido

En la **Tabla 6** se muestran los aspectos generales con respecto al tejido utilizado para el desarrollo de la investigación.

Tabla 6

Caracterización del tejido

CARACTERÍSTICAS		
	Co	68%
Composición	Pes	29%
	Spandex	3%
	Gramaje	348,8 g/m ²
Tipo de tejido	Plano	
Ligamento	Sarga (2x1)	
Hilos por cm	32	
Pasadas por cm	21	



2.4.1 Análisis cuantitativo de fibras Norma AATCC 20A

Este método de ensayo se utiliza para identificar de manera cuantitativa la presencia de fibras textiles en un tejido empleando diferentes técnicas mecánicas, sustancias químicas y el microscopio. En este caso se aplicó un proceso químico usando metanol alcalino, con el objetivo de identificar el porcentaje de algodón existente al quemar el poliéster, para ello se requiere de dos químicos estos son:

- Metanol
- Sosa Cáustica

Se corta una muestra del tejido con un peso inicial de 0.539 g, la cual se expone a una solución previamente preparada, esta es una mezcla de 250 mL de metanol y 9 mL de sosa cáustica, se eleva la temperatura a 70°C y se mantiene el material textil por un periodo de 20

minutos sin dejar de agitarlo. Una vez finalizado el proceso se requiere lavar la muestra para eliminar cualquier residuo que pueda haberse impregnado, para el proceso de secado se utiliza el horno a una temperatura de 105 °C, cuando la tela se encuentre completamente seca se recomienda dejar reposar la muestra por una media hora antes de volver a pesarla.

$$\% \text{ Co} = \frac{P.F}{P.I} \times 100\%$$

$$\% \text{ Co} = \frac{0,37}{0,54} \times 100\% = 68,52\%$$

$$\% \text{ Pes} = 100\% - 68,52\% \text{ Co} = 31,48\%$$

De igual forma para determinar la presencia de elastano y su concentración se procede a quemar el algodón ayudándonos de una solución compuesta por 70 mL de ácido Sulfúrico y 30 mL de agua sobre una muestra de 0.5 g. Cuando la temperatura este a 70°C se coloca el sustrato, la temperatura debe descender a 50°C desde este punto se consideran 15 minutos para sacar la muestra, luego se lava y secar, el proceso es similar al anterior la variante que cambia son los auxiliares.

$$\% \text{ Elastano} = \frac{0,005}{0,17} \times 100\%$$

$$\% \text{ Elastano} = 2,9 \%$$

Figura 8

Caracterización cuantitativa del sustrato textil

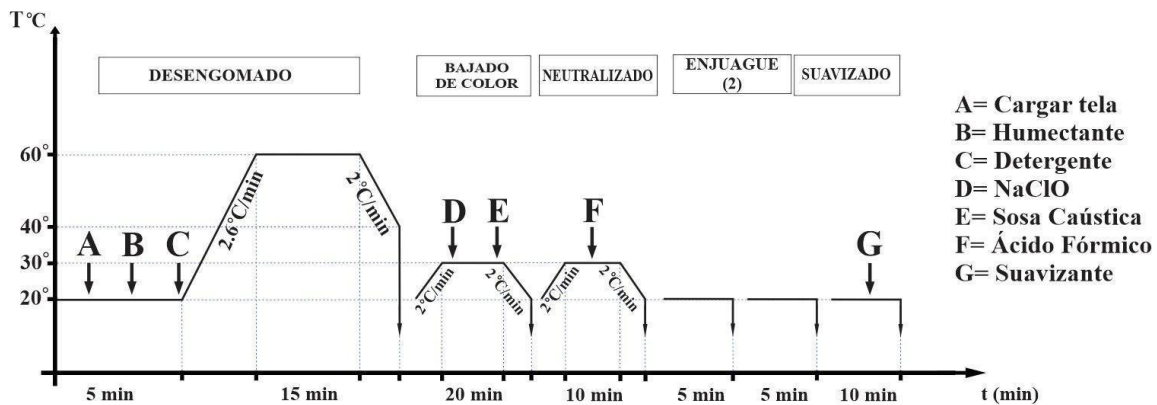


2.5 Procedimiento para el bajado de tono

El proceso de bajado de tono conocido también como bleach es un acabado químico que se desarrolla con la ayuda de una lavadora industrial descrita en la **Figura 4**, este proceso se realizó por el método de agotamiento, considerando la siguiente curva de acabado:

Figura 9

Curva del proceso



- Se recortan 3 muestras de 67 cm en el sentido de la trama y 30 cm en el sentido de la urdimbre, escogiendo un lugar que disponga de una mesa amplia que permita desarrollar la actividad de corte.
- Se procede a pesar las muestras, este valor es necesario para determinar el volumen total del baño con el cual se realizan los cálculos para establecer la dosificación de los auxiliares.
- Cuando se cuente con los auxiliares correctamente pesados se procederá con el lavado, algo que debe tenerse en cuenta es la velocidad de trabajo de este equipo, la lavadora de prendas trabaja a 50 rpm.
- Previamente se conecta el caldero, esto nos permitirá disponer de vapor para calentar el agua a la hora de realizar el desengomado.

- e) Cargamos la probeta uno a la lavadora de prendas donde ya se encuentra el volumen de agua calculado, ponemos en marcha la máquina en este momento se agregan el detergente y humectantes auxiliares necesarios para el proceso de desengomado, esperamos que la temperatura llegue a 60°C, a partir de este momento consideramos un tiempo de 15 minutos para que se de el proceso de agotamiento.
- f) Pasados este periodo es necesario arrojar el baño para continuar con el proceso de bleach, a una temperatura de 30 °C se agregan cuidadosamente el hipoclorito de sodio y la sosa cáustica, el tejido debe estar expuesto por 20 minutos.
- g) Al terminar este tiempo se arroja el agua del baño, como se trabajó con una solución alcalina se requiere neutralizar el tejido por lo que se coloca ácido sulfúrico en un nuevo baño a 30 °C, este proceso debe durar 10 minutos.
- h) Para eliminar cualquier residuo se realizan dos enjuagues de 5 minutos cada uno a temperatura ambiente.
- i) Para finalizar se realiza un suavizado de 10 minutos igualmente a temperatura ambiente.
- j) Este proceso se repite para las dos muestras restantes.

Figura 10

Desarrollo del proceso BLEACH




2.6 Formulaciones de las recetas para el proceso Bleach

Para desarrollar la investigación de manera correcta se consideró necesario plantear tres recetas con concentraciones de hipoclorito sódico en proporciones diferentes, en las siguientes tablas se describen los parámetros que controlan el acabado, así como los auxiliares aplicados en cada etapa. En la **Tabla 7** se describe la primera receta codificada como (M1-15 g/L), que tiene la concentración más baja de hipoclorito, este valor fue determinado empleando como referencia la receta antes mencionada.

Tabla 7


Receta 1 dosificación de 15g/L de NaClO

		(M1 - 15 g/L)			
PARAMETROS					
R/B:	1:30				
Peso:	95 g				
Volumen:	2,8 L				
PROCESO	PRODUCTO	g/ L	g	t(min)	pH
Desengomado	Humectante	2 g/L	5,6 g	15	7
	Detergente	1 g/L	2,8 g		
Bajado	NaClO	15 g/L	420 mL	20	11
	Sosa Cáustica	0,16 g/L	0,44 g		
Neutralizado	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,8 g	10	7
Lavado (2)	-	-	-	5	7
Suavizado	Suavizante	4 g/L	11,2 g	10	5
	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,8 g		

En la **Tabla 8** se describen los parámetros considerados para desarrollar la segunda receta, el proceso se apoya en la curva descrita en la **Figura 9**, los productos empleados son los mismos, en esta receta se incrementó 5 g/L de hipoclorito con relación a la anterior, llegando a una dosificación de 20 g/L.

Tabla 8


Receta 2 dosificación de 20 g/L de NaClO

(M2 - 20 g/L)					
PARAMETROS					
R/B:	1:30				
Peso:	109 g				
Volumen:	3,2 L				
PROCESO	PRODUCTO	g/ L	g	t(min)	pH
Desengomado	Humectante	2 g/L	6,54 g	15	7
	Detergente	1 g/L	3,27 g		
Bajado	NaClO	20 g/L	640 mL	20	11
	Sosa Cáustica	0,16 g/L	0,44 g		
Neutralizado	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,8 g	10	7
Lavado (2)	-	-	-	5	7
Suavizado	Suavizante	4 g/L	11,2 g	10	5
	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,8 g		

En la **Tabla 9** se define la tercera concentración de hipoclorito, los cinco procesos a desarrollarse, los auxiliares necesarios, el tiempo ponderado que toma realizar cada actividad y el pH adecuado que debe tener cada proceso, cabe destacar que se trata de la dosificación más alta a comparación de las dos anteriores.

Tabla 9

Receta 3 dosificación de 25 g/L de NaClO

(M3 - 25 g/L)					
PARAMETROS					
R/B:	1:30				
Peso:	104 g				
Volumen:	3,12 L				
PROCESO	PRODUCTO	g/ L	g	t(min)	pH
Desengomado	Humectante	2 g/L	6,24 g	15	7
	Detergente	1 g/L	3,12 g		
Bajado	NaClO	25 g/L	780 mL	20	11
	Sosa Cáustica	0,16 g/L	0,49 g		
Neutralizado	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,9 g	10	7
Lavado (2)	-	-	-	5	7
Suavizado	Suavizante	4 g/L	12,48 g	10	5
	Ácido Fórmico	0,3 g/L	0,9 g		

2.7 Dinamómetro

Es un instrumento de laboratorio empleado para realizar pruebas de resistencia a la rotura, tensión, elongación, desgarré de costuras, pruebas de laminación entre otras, estos análisis son aplicables en tejidos de punto, tejido plano, piel, cierres y geo textiles. La norma aplicada en esta investigación fue la ISO 2062 del año 2009 siendo la última versión que se dispone en los laboratorios de la carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, la misma está enfocada en analizar la resistencia en hilos de paquetes, con ello se garantiza la fiabilidad de los resultados.

2.7.1 Determinación de la fuerza o carga de rotura, ISO 2062:2009

Esta norma internacional se utiliza para determinar la fuerza necesaria para generar un quiebre en los hilos extraídos tanto de paquetes como de tejidos, En la **Tabla 10** se dan a conocer las características bajo las cuales trabaja el dinamómetro para realizar el análisis de resistencia a la tracción en hilos.

Tabla 10

Parámetros del dinamómetro

DINAMÓMETRO	
EQUIPO	James Heal, modelo: Titán 5
ESPECIFICACIONES	
Separación de ejes:	250,00 mm
Longitud de hilo:	650,00 mm
Material:	Elastano
Numero de probetas:	20
Velocidad:	250,00 mm/min
Mordazas:	T15
Célula de carga	1000 N



Adaptado de: (Ramos, 2022)

2.7.2 Titulación de hilos

Es fundamental conocer el título de los hilos, por lo tanto, es necesario obtener 10 muestras tanto de la urdimbre cuanto de la trama. Cada muestra debe tener una longitud de 10 cm, las mismas serán pesadas en una balanza de precisión para asegurar los datos. Este procedimiento se repetirá cuatro veces para obtener un promedio confiable.

Tabla 11

Tabla referencia sobre los pesos

PESO DE LOS HILOS		
Nº	TRAMA	URDIMBRE
1	0,0501	0,071
2	0,0513	0,068
3	0,0521	0,071
4	0,0515	0,069
5	0,0506	0,068
Media:	0,0511	0,069

Nota: De la tabla se considerará la media para el cálculo de los hilos.

Con la media obtenida en la **Tabla 11** se procese a calcular los títulos, considerando que la composición del tejido es mayor en porcentajes de algodón, seguidamente de poliéster y por último elastano, se calculara el título en Número inglés (Ne).

$$\text{Trama } Ne = 0,59 \times \frac{L}{P}$$

$$= 0,59 \times \frac{1}{0,0511} = 11,55 \quad \rightarrow 12/1$$

$$\text{Urdimbre } Ne = 0,59 \times \frac{L}{P}$$

$$= 0,59 \times \frac{1}{0,069} = 8,55 \quad \rightarrow 9/1$$

2.7.3 Descripción de la prueba

- a) Deben acondicionarse las muestras por un periodo mínimo de 24 horas antes de someterlas a un análisis.
- b) Verificar la calibración de la máquina: las mordazas deben tener una separación de 250 mm, aunque puede llegar hasta 500 mm considerando la capacidad de elongación del hilo.
- c) Las muestras deben tener una longitud de 25 cm, en este caso las muestras tomadas tienen una longitud de 650mm, por el recorrido del hilo a través de las mordazas.
- d) Según la norma la pretensión a la hora de colocar las muestras debe ser de 5 cN, la tolerancia es de $\pm 0,1$ cN/tex.
- e) Para cada análisis se requiere preparar como mínimo 20 hilos, de preferencia que provengan de diferentes secciones del tejido.
- f) Los parámetros evaluados con esta norma son dos, la fuerza a la rotura en cN y la elongación a la rotura en %, destacando que esta valoración se realiza de manera simultánea por la máquina. El dinamómetro posee un software que facilita el análisis de los resultados al darnos valores extras como la media y el coeficiente de variación.
- g) Las probetas fueron codificadas en el siguiente orden lo que facilitara su identificación:
 - **M0- Sin acabado**
 - **M1-15 g/L NaClO**
 - **M2-20 g/L NaClO**
 - **M3-25 g/L NaClO**

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez sometidas las probetas al análisis de laboratorio de resistencia a la tracción y elongación, se distribuyeron e incorporaron los datos de las cuatro muestras en 6 tablas, esto permitió que la presentación e interpretación de la información se desarrolle de manera clara y concisa. Para garantizar el porcentaje de normalidad de los datos y los niveles de variabilidad se dio uso del programa Past 4, con el cual se certificó la veracidad de estos.

3.1 Resultados

Fueron sometidos a estudio cuatro especímenes, de los cuales tres pasaron por un proceso de acabado, se aplicó la norma ISO 2062:2009 - Análisis de resistencia a la tracción, la misma plantea el uso de 20 muestras por cada probeta analizada, con la finalidad de tener una comprensión clara fue necesario realizar tablas individuales para cada una de las 4 muestras. De igual forma, se presentan dos tablas que combinan la información de todas las pruebas, dividiéndolas tanto por la fuerza a la rotura como por la elongación, esta presentación permite una visualización más completa y comparativa de los datos obtenidos.

3.1.1 Tabla de resultados de resistencia a la tracción del hilo

En la *Tabla 12*, se describen los resultados obtenidos para la probeta codificada como M0, considerando una detección a la rotura del 20%, con ello avalamos que el equipo de laboratorio arroje el resultado cuando exista un mínimo cambio en la estructura normal del filamento. Igualmente se crea una visión detallada de la capacidad de cada una de las 20 muestras para soportar cargas antes de sufrir daños. Estos datos son esenciales para la formulación de conclusiones y recomendaciones, cabe destacar que esta muestra no fue sometida a ningún tratamiento.

Tabla 12*Muestra sin acabado*

HILO DE TRAMA M0		
Detección de rotura:	20%	
Pretensión:	5,00 cN	
Velocidad:	250,00 mm/min	
Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	1055,57	33,73
2	920,5	31,13
3	902,51	30,9
4	1029,55	31,24
5	982,73	30,89
6	941,99	32,13
7	960,35	32,15
8	721,03	28,07
9	1054,65	32,9
10	785,46	28,88
11	915,54	31,95
12	1045,07	30,9
13	845,65	28,21
14	961,8	30,98
15	828,78	30,08
16	874,21	28,07
17	785,07	29,5
18	890,64	29,78
19	814,08	29,12
20	909,91	29,66
Media	911,25	30,51

Nota: la pretensión hace referencia a una carga inicial que debe tener la muestra antes de dar inicio con la prueba, en este caso es de 5 cN, este factor es necesario para asegurar la confiabilidad de la prueba.

La **Tabla 13** muestra los valores obtenidos del ensayo sobre la resistencia a la tracción y elongación de la muestra 1 la cual fue sometida a una concentración de 15g/L de hipoclorito de sodio, en la cual podemos visualizar un promedio de 640,92 cN de fuerza y 27,25% de elongación.

Tabla 13

Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 1

HILO DE TRAMA M1		
Detección de rotura:	20%	
Pretensión:	5,00 cN	
Velocidad:	250,00 mm/min	
Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	707,5	29,97
2	472,3	24,46
3	652,72	27,15
4	465,62	24,73
5	701,42	29,51
6	606,3	25,23
7	581	24,88
8	523,34	26,4
9	643,87	27,07
10	695,47	28,31
11	741,74	31,67
12	680,29	27,84
13	748,6	28,59
14	771,75	27,47
15	602,48	27,26
16	710,5	26,23
17	684,58	26,74
18	706,17	28,17
19	498,76	24,48
20	623,97	28,93
Media	640,92	27,25

De igual forma en la **Tabla 14** se observan los valores obtenidos del ensaya sobre la resistencia a la tracción y elongación de la muestra 2, la misma fue sometido a una concentración de 20 g/L de hipoclorito de sodio, dando como resultado una media de 273,92 cN de fuerza y 20,78 % de elongación.

Tabla 14

Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 2

HILO DE TRAMA M2		
Detección de rotura:	20%	
Pretensión:	5,00 cN	
Velocidad:	250,00 mm/min	
Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	334,23	25,11
2	339,24	24,14
3	251,35	18,7
4	268,49	10,59
5	236,08	16,84
6	361,41	24,32
7	303,95	22,47
8	343,65	23,88
9	227,3	16,77
10	232,94	16,43
11	201,4	18,05
12	281,44	21,14
13	262,47	21,63
14	208,87	17,68
15	280,07	24,96
16	227,98	20,52
17	374,7	26,72
18	232,94	22,06
19	279	23,23
20	230,81	20,45
Media	273,92	20,78

Podemos observar en la **Tabla 15** los valores obtenidos del ensayo sobre la resistencia a la tracción y elongación de la muestra 3 sometida a una concentración de 25 g/L de hipoclorito de sodio, es la exposición más alta que tuvo el tejido, el resultado promedio de la fuerza fue de 164,65 cN y una elongación de 15,02%.

Tabla 15

Prueba de resistencia la tracción y elongación sobre la muestra 3

HILO DE TRAMA M3		
Detección de rotura:	20%	
Pretensión:	5,00 cN	
Velocidad:	250,00 mm/min	
Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
2	178,23	16,01
3	115,28	13,67
4	158,66	15,6
5	207,77	16,09
6	205,65	9,53
7	186,85	16,93
8	215,37	17,43
9	184,39	16,51
10	212,92	16,86
11	187,01	17,99
12	158,93	14,03
13	149,42	15,19
14	164,45	13,31
15	156,54	18,25
16	162,06	17,2
17	168,28	13,94
18	187,24	14,59
19	112,56	20,66
20	181,42	16,61
Media	164,65	15,02

3.1.2 Tablas generales de los resultados de laboratorio

Con la finalidad de mostrar los resultados de una manera clara, se tomó la decisión de generar dos tablas donde se encuentren englobados los valores obtenidos tanto para la prueba de fuerza a la rotura como para el alargamiento a la rotura. En la **Tabla 16** se pueden apreciar los datos generados para el primer parámetro analizado en el dinamómetro.

Tabla 16

Resultados generales de la fuerza a la rotura

TABLA GENERAL - FUERZA A LA ROTURA (cN)				
Probeta	(M0) FM	(M1) FM	(M2) FM	(M3) FM
1	1055,57	707,5	334,23	249,53
2	920,5	472,3	339,24	178,23
3	902,51	652,72	251,35	115,28
4	1029,55	465,62	268,49	158,66
5	982,73	701,42	236,08	207,77
6	941,99	606,3	361,41	205,65
7	960,35	581	303,95	186,85
8	721,03	523,34	343,65	215,37
9	1054,65	643,87	227,3	184,39
10	785,46	695,47	232,94	212,92
11	915,54	741,74	201,4	187,01
12	1045,07	680,29	281,44	158,93
13	845,65	748,6	262,47	149,42
14	961,8	771,75	208,87	164,45
15	828,78	602,48	280,07	156,54
16	874,21	710,5	227,98	162,06
17	785,07	684,58	374,7	168,28
18	890,64	706,17	232,94	187,24
19	814,08	498,76	279	112,56
20	909,91	623,97	230,81	181,42
Media	911,25	640,92	273,92	177,13

Nota: Las siglas (FM), consiste en una abreviatura que representa la Fuerza Máxima.

La **Tabla 16** revela la media de los resultados obtenidos en el análisis de las cuatro muestras. Se observa un cambio significativo en la propiedad de resistencia del hilo, siendo la muestra M1 la que experimentó el menor cambio después de someterse al proceso de bleaching. Esta muestra registró un valor de resistencia de 640,92 cN, en comparación con la muestra original que presentó una resistencia de 911,25 cN. Esto implica una pérdida de resistencia del 29,66%.

Tabla 17

Resultados generales del alargamiento a la rotura

TABLA GENERAL - ALARGAMIENTO A LA ROTURA				
Probeta	Extensión (%) (M0)	Extensión (%) (M1)	Extensión (%) (M2)	Extensión (%) (M3)
1	33,73	29,97	25,11	20,11
2	31,13	24,46	24,14	16,01
3	30,9	27,15	18,7	13,67
4	31,24	24,73	10,59	15,6
5	30,89	29,51	16,84	16,09
6	32,13	25,23	24,32	9,53
7	32,15	24,88	22,47	16,93
8	28,07	26,4	23,88	17,43
9	32,9	27,07	16,77	16,51
10	28,88	28,31	16,43	16,86
11	31,95	31,67	18,05	17,99
12	30,9	27,84	21,14	14,03
13	28,21	28,59	21,63	15,19
14	30,98	27,47	17,68	13,31
15	30,08	27,26	24,96	18,25
16	28,07	26,23	20,52	17,2
17	29,5	26,74	26,72	13,94
18	29,78	28,17	22,06	14,59
19	29,12	24,48	23,23	20,66
20	29,66	28,93	20,45	16,61
Media	30,51	27,25	20,78	16,03

En la **Tabla 17** podemos observar los datos respecto al alargamiento del hilo, en esta tabla al igual que en la anterior, la probeta M1 muestra el mejor comportamiento ante una

fuerza de tracción, la misma presenta un valor del 27,25% con relación al valor reflejado por la muestra M0 que tiene un 30,51% marcando una pérdida evidente del 10,69% de la capacidad resistencia a la elongación.

3.2 Discusión de resultados

Con respecto a la discusión de resultados en este apartado se analiza, interpreta y evalúa los resultados expuestos en las tablas anteriores, permitiéndonos establecer conexiones con la literatura existente y los nuevos hallazgos, generando en este sentido las diferentes conclusiones y recomendaciones aplicando un pensamiento crítico. Cabe destacar que las tablas a ser estudiadas serán la **Tabla 17** y **Tabla 17**. De igual forma se toma en consideración realizar un análisis de la varianza y normalidad de datos para garantizar la confiabilidad de estos.

3.2.1 Análisis de la varianza

El ANOVA también conocido como análisis de la varianza es una herramienta estadística que permite estudiar los efectos de uno o más parámetros sobre la media de una variable, mediante el cual se puede determinar si existe una diferencia importante entre los resultados, esta herramienta se la utiliza generalmente en investigaciones experimentales.

Figura 11

Determinación del coeficiente de variación de la fuerza a la rotura

Univariate statistics

	(M0) FM	(M1) FM	(M2) FM	(M3) FM
N	20	20	20	20
Min	721,03	465,62	201,4	112,56
Max	1055,57	771,75	374,7	249,53
Sum	18225,09	12818,38	5478,32	3542,56
Mean	911,2545	640,919	273,916	177,128
Std. error	21,44569	20,67284	11,77564	7,332139
Variance	9198,351	8547,33	2773,314	1075,205
Stand. dev	95,90804	92,45177	52,66227	32,79032
Median	912,725	666,505	265,48	179,825
25 prcntil	832,9975	586,37	231,3425	158,7275
75 prcntil	977,4975	707,1675	326,66	201,0475
Skewness	-0,1362925	-0,6694042	0,5681251	-0,02914715
Kurtosis	-0,6519133	-0,5835293	-0,8733731	0,5803042
Geom. mean	906,3726	634,0867	269,3063	174,1002
Coeff. var	10,52484	14,42488	19,2257	18,51222

Los resultados observados en la **Figura 11** acerca de la medida de dispersión de los datos, considerando la muestra 0 con un valor de 10,52 como punto de referencia, podemos afirmar que las demás muestras no presentan una variación considerable, si tomamos como ejemplo la muestra 3 siendo la más alta por presentar un valor de 18,51 y la comparamos con la 0 determinamos que existe una diferencia entre las dos muestras de 7,99, esto a escala no resulta estar fuera de los límites.

Figura 12

Determinación del coeficiente de variación de la elongación a la rotura

Univariate statistics

	Exten (%) M0	Exten (%) M1	Exten (%) M2	Exten (%) M3
N	20	20	20	20
Min	28,07	24,46	10,59	9,53
Max	33,73	31,67	26,72	20,66
Sum	610,27	545,09	415,69	320,51
Mean	30,5135	27,2545	20,7845	16,0255
Std. error	0,3601946	0,4370857	0,8769158	0,5591387
Variance	2,594803	3,820879	15,37963	6,252721
Stand. dev	1,610839	1,954707	3,921687	2,500544
Median	30,895	27,205	21,385	16,3
25 prcnil	29,215	25,48	17,7725	14,17
75 prcnil	31,7725	28,52	24,075	17,3725
Skewness	0,1220536	0,3447313	-0,8057267	-0,506742
Kurtosis	-0,6367361	-0,1514182	0,7814447	1,432964
Geom. mean	30,47317	27,18857	20,37549	15,8222
Coeff. var	5,279103	7,172052	18,86832	15,60353

En la **Figura 12** se valora la dispersión de los datos respecto al análisis de elongación a la rotura, la probeta M0 muestra un cv (coeficiente de variación) de 5,28 en comparación con la muestra M2 que presenta un cv de 18,86 podemos determinar que existe una diferencia de 13,53.

3.2.2 Normalidad de los datos

En un trabajo de investigación la confiabilidad de los datos es de suma importancia, por ello debe comprobarse que los valores sean normales, una forma para revalidar que los valores

son certeros es utilizando el análisis de la normalidad que propone que el p valor sea mayor a 0,05 creando una confiabilidad del 95%.

Figura 13

Determinación de la normalidad de la fuerza a la rotura

Tests for normal distribution

	(M0) FM	(M1) FM	(M2) FM	(M3) FM
N	20	20	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9669	0,922	0,9208	0,9664
p(normal)	0,688	0,1084	0,1027	0,6777
Anderson-Darling A	0,1959	0,5815	0,6234	0,3168
p(normal)	0,8746	0,1151	0,08975	0,5138
p(Monte Carlo)	0,8834	0,113	0,0946	0,5332
Lilliefors L	0,09129	0,1649	0,1638	0,1289
p(normal)	0,9548	0,1589	0,166	0,5081
p(Monte Carlo)	0,934	0,157	0,1637	0,5014
Jarque-Bera JB	0,5672	1,722	1,678	0,02357
p(normal)	0,7531	0,4228	0,4321	0,9883
p(Monte Carlo)	0,6769	0,1618	0,1812	0,991

En la **Figura 13** se refleja la valoración de la normalidad con respecto a los datos obtenidos sobre la fuerza a la rotura, considerando que ninguno de ellos muestra un p valor inferior a 0,05 se determina que siguen una distribución normal, es decir que los datos no muestran una desviación garantizando la confiabilidad de las mismas.

Figura 14

Determinación de la normalidad de la elongación a la rotura

Tests for normal distribution

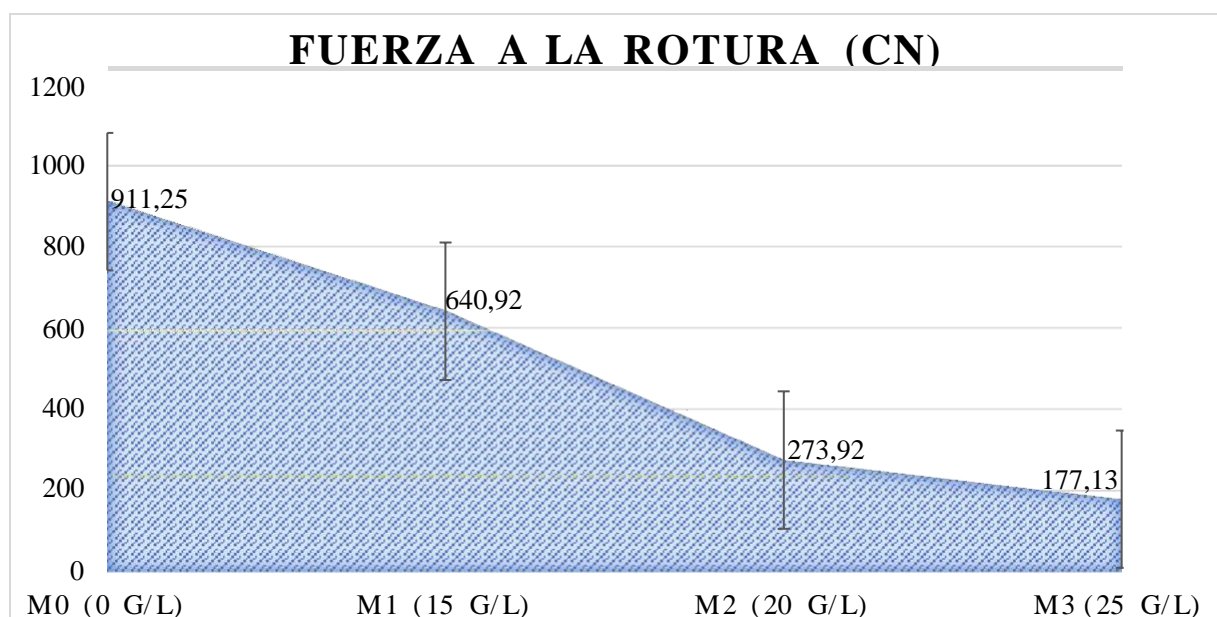
	Exten (%) M0	Exten (%) M1	Exten (%) M2	Exten (%) M3
N	20	20	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9648	0,9641	0,9457	0,962
p(normal)	0,6435	0,6285	0,3071	0,5852
Anderson-Darling A	0,2488	0,2115	0,3478	0,2957
p(normal)	0,7132	0,8337	0,442	0,5596
p(Monte Carlo)	0,7429	0,842	0,4464	0,5956
Lilliefors L	0,1424	0,09983	0,116	0,09753
p(normal)	0,3484	0,8663	0,6769	0,8874
p(Monte Carlo)	0,3426	0,8619	0,6723	0,8923
Jarque-Bera JB	0,5416	0,4723	1,927	1,281
p(normal)	0,7628	0,7897	0,3815	0,527
p(Monte Carlo)	0,6967	0,7491	0,1362	0,2891

Como podemos visualizar en la **Figura 14** se aprecian los datos relacionados con la valoración de la normalidad en cuanto a la elongación a la rotura. Es evidente que todas las variables siguen una distribución normal, ya que todas ellas presentan un p-valor superior a 0,05.

3.3 Análisis de resultados

Figura 15

Gráfico resultados fuerza a la rotura

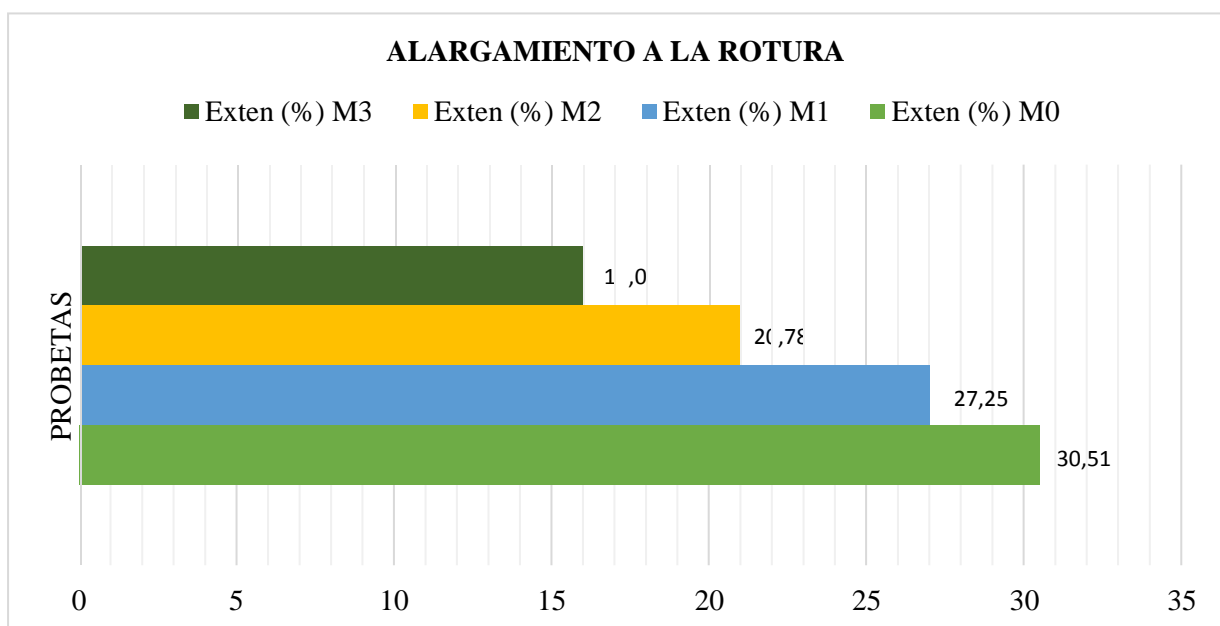


En la **Figura 15** se muestra un gráfico tipo área que representa la media de las 20 probetas para cada una de las muestras. El espécimen identificado como M0 no ha sido sometido a ningún proceso adicional. Por otro lado, las probetas denominadas M1, M2 y M3 fueron expuestas a diferentes tratamientos antes de su análisis. Primero se realizó un proceso de desengomado utilizando detergente a 60° C durante 15 minutos, esto garantizó la eliminación de la goma utilizada en la tejeduría, lo que permitió una adecuada penetración de la solución clorada. A continuación, se llevó a cabo el proceso de decoloración mediante la exposición de las muestras a cantidades sucesivas de hipoclorito de sodio en un orden de: 420 mL, 640 mL y 780 mL. Seguidamente se realizó un neutralizado con ácido fórmico este paso

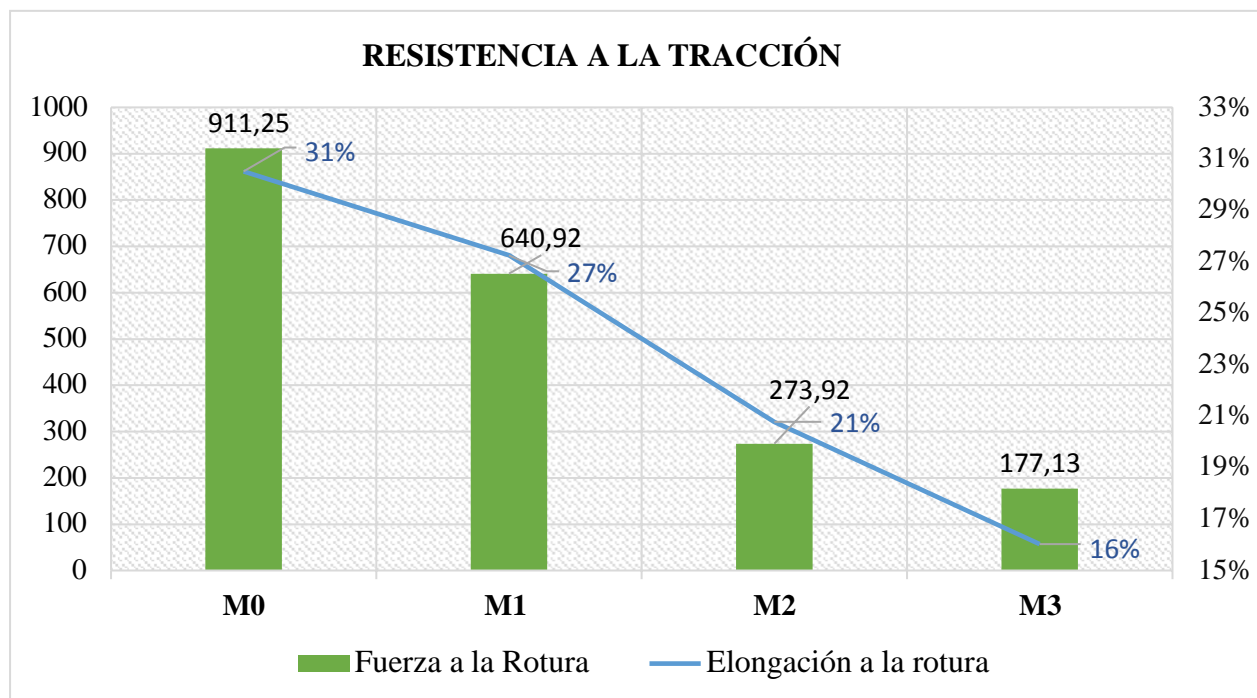
es importante para evitar que el color se siga oxidando, para concluir se enjuaga con abundante agua y se aplica un agente suavizante. Se sometieron las probetas al análisis de resistencia a la tracción dando como resultado los siguientes valores: 911,25cN, 640,92 cN, 273,92 cN, 177,13 cN, podemos evidenciar un notorio cambio en la resistencia del hilo, el hilo de elastano presenta menor resistencia cuando la concentración del hipoclorito de sodio aumenta, esta característica se ha visto afectada en un 80,5% si comparamos la muestra base y la muestra 3.

Figura 16

Grafico general elongación a la rotura



En la **Figura 16** se observa un gráfico de barras horizontales en el que se presentan los resultados de las medias de las cuatro probetas estudiadas, estos valores permitieron comprobar el comportamiento del hilo de elastano después de haber pasado por un proceso de bleaching, la característica de resistencia a la rotura de este filamento se ha visto comprometido al exponerlo al NaClO esta afirmación surge al comparar los valores de las pruebas de laboratorio, que respectivamente son: 30.5%, 27.25%, 20.78% y 16.03%, existiendo una pérdida del 47,45% de capacidad de elongación antes de presentar un daño, tal afirmación surge al evaluarla muestra M0 con la muestra M3.

Figura 17*Promedio de resistencia y elongación*

Podemos observar en la **Figura 17** un histograma que representa la relación existente entre la fuerza a la rotura y elongación a la rotura, analizando el primer parámetro la muestra M0 tiene una media de 911,25 cN de elongación en comparación con la muestra M1 de 640,92 cN siendo evidente una pérdida del 29,6% de resistencia, con respecto a la muestra M2 de 273,92 cN existe una degradación del 69,94%, mientras que la muestra M3 de 177,13 cN tiene una disminución del 80,56%, esta degradación está estrechamente asociada con el volumen de hipoclorito empleado. El segundo parámetro hace referencia a la capacidad que presenta el elastano para estirarse y por el cual el filamento es reconocido, al contrastar la muestra M0 y M1 existe una pérdida del 12,9% de este rasgo, entre la muestra M0 y M2 se evidencia una disminución del 32%, las muestras M0 y M3 exponen una diferencia de resistencia a la elongación del 48,38%. Con estos datos podemos afirmar que el NaClO declina esta propiedad.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

De acuerdo con el proyecto de investigación realizado sobre la resistencia a la tracción y elongación de filamentos de elastano luego de someterse a un proceso de bajado de color se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

- Tras realizar la revisión en diversas fuentes bibliográficas se ha llegado a la conclusión de que las investigaciones sobre los efectos del hipoclorito en la resistencia del elastano son limitadas; por consiguiente, este estudio investigativo representa una valiosa contribución a la industria, al establecer un punto de referencia en cuanto a la dosificación adecuada del hipoclorito para lograr una reducción de color efectiva y adecuada.
- Luego de someter las probetas a una degradación de color, y analizando diferentes factores de visualización del tono sobre el tejido, se puede concluir que: la uniformidad del acabado obtenido está estrechamente vinculada a la realización previa de un proceso de desengomado, empleando detergente y humectante por un periodo de 15 minutos a 60°C, con ello se garantiza una distribución uniforme de los auxiliares, puesto que la capa de goma se elimina.
- Durante las diferentes pruebas realizadas en la investigación se determinó que un proceso de neutralizado con ácido fórmico es importante para eliminar al agente oxidante, sin este paso la tela puede presentar amarillamientos, el olor clásico del cloro permanece, la degradación de la fibra continúa y puede generar irritación en la piel.

- Luego de realizar las pruebas de resistencia en el dinamómetro y comparar los resultados de las cuatro muestras, se determinó que la probeta M1 en relación con la M2 y M3 tiene los mejores resultados, la misma obtuvo valores de resistencia a la rotura y elongación respectivamente de: 640,92cN y 27% al compararla con la probeta M0 se apreció una pérdida del 30% de ésta y 13% de resistencia a la elongación, concluyendo así que la dosificación de 15g/L es la mejor opción.
- Una vez analizados los resultados mediante el programa Past 4 se pudo establecer que la normalidad y la varianza de los datos se ven afectados por la manipulación errática de las muestras, para garantizar el 95% de confiabilidad las muestras deben ser acondicionadas por 24 horas, la extracción de los hilos será de diferentes secciones del tejido y estos deberán tener una longitud mínima de 25cm. Para este caso el p valor de los datos fue mayor a 0,05 por lo que se concluye que este estudio es confiable.

4.2 Recomendaciones

- Evidenciando la falta de información relacionada con el tema de investigación se recomienda recurrir a fuentes bibliográficas especializadas, ya que existe un mayor número de estudios en inglés o mandarín, los mismos presentan actualizaciones continuas con respecto al estudio del denim y su tratamiento.
- Cuando se manipula hipoclorito sódico es recomendable seguir las instrucciones de la ficha técnica sobre el uso y la manipulación de éste químico, de igual forma se debe utilizar los elementos de protección adecuados como guantes ,mandil o lentes, puesto que esta sustancia puede ocasionar irritación dérmica, ocular y problemas respiratorios, al seguir las indicaciones se previene cualquier accidente químico.
- Se recomienda tener cuidado con los riesgos mecánicos a los que una persona está expuesta cuando maneja equipos de planta como la lavadora de prendas, ya que la misma trabaja con altas temperaturas y existen elementos expuestos de la máquina que

están en constante movimiento los cuales podrían ocasionar daños severos si no se tiene el respectivo cuidado.

- Para degradar el color índigo del denim elástico, de preferencia se debería usar una dosificación menor a 15g/L de NaClO, con ello los efectos sobre las características físicas son menores. De igual forma se recomienda expandir este tema de investigación combinando el uso de sosa cáustica e hipoclorito sódico en una dosificación diferente para comparar los efectos.
- Como el uso de agua en las lavanderías es elevada, se recomienda estudiar métodos que permitan disminuir el uso de este recurso hídrico, de esta forma al existir una relación directa entre el baño y la dosificación se estaría disminuyendo proporcionalmente el consumo de auxiliares.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. (2018). Tejido Plano. UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO.
- APTT. (2017). *Fundamentos del Diseño en el Tejido Plano*. Obtenido de <https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Avila, J. H. (26 de 03 de 2015). *ELASTANO*. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/pdf-elastano_compress.pdf
- Azcorra, R. (2013). *Curso Basico de preparacion textil*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50987903/AZCORRA-13-CURSO_BASICO_DE-libre.pdf?1482267691=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCURSO_BASICO_DE_PREPARACION_TEX_TIL_OPCI.pdf&Expires=1683410730&Signature=KpU8Q0fcyZo5R3ts1YVqh8ULq7ts0UVx6p4F
- Bechtold, T., Turcanu, A., Campese, R., Maier, P., & Schrott, W. (2006). *Formación insitu de Hipoclorito para oxidación del indigo - Ampliación y Escala completa*. Journal of Applied Electrochemistry, 36, 287-293.
- Cabrera, F., & Gálvez, Freddy. (2022). *Innovación en procesos de lavandería de Denim*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12170>
- Carrera, E., Capdevila, X., & Escusa, M. (2022). *Influencia de los coeficientes de ligadura en las propiedades físico-mecánicas de los tejidos de calada*. Revista de química e industria téxtil, (242), 13-20.
- Carrión, J. (1988). *Propiedades Generales de los Suavizantes Textiles Catiónicos Especificaciones de Producto y sus Efectos en los Textiles*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6274/Article07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Causil, L., Coronado, J., Verbel, L., Vega, M., Donado, K., & Pacheco, C. (2017). Efecto citotóxico del hipoclorito de sodio (NaClO), en células apicales de raíces de cebolla (*Allium cepa* L.).
- Chavéz España, O. A. (Febrero de 2018). Estudio de factibilidad para la creación de una lavandería para confeccionistas en la Ciudad de Atuntaqui. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7968>.
- Chávez, C. (24 de Mayo de 2017). *Estudio de la reducción del consumo de agua en el proceso de lavado enzimático de pantalones denim mediante combinación de etapas*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17350>
- Chávez, C. (30 de Mayo de 2018). ¿Cómo es el Proceso de Lavado de Jeans? – Productos Químicos para el Lavado y Acabado de Jeans. Ecuador: INDIQUIMICA.
- COATS. (2023). *Lavado de Mezclilla*. Obtenido de <https://coats.com/es/information-hub/Denim-Wash>

- De La Cruz, G. (2018). *Tratamiento previo a la tintura, para estabilizar el elastano y evitar quiebres en la tela de punto (91%) algodón (9%) elastano mediante proceso húmedo*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7891>
- Erazo, R. (2011). Diseño del manual de procedimientos de lavandería de Tela Índigo.
- Eryuruk, S. (3 de Septiembre de 2019). The effects of elastane and finishing processes on the performance properties of denim fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*.
- Fausto, C. (2022). INNOVACIÓN EN PROCESOS DE LAVANDERÍA DE DENIM. pág. 124.
- Flores, J. (2015). ELASTANO.
- Gálvez, F., & Cabrera, F. (2022). *Procesos de producción, experimentar, analizar, innovar, procesos creativos*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12170>
- García, E. (2022). *Efectos del envejecimiento en tejido denim mediante tratamientos enzimáticos*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/186568/Alonso%20-%20EFECTOS%20DE%20ENVEJECIMIENTO%20EN%20TEJIDO%20DENIM%20MEDIANTE%20TRATAMIENTOS%20ENZIMATICOS.pdf?sequence=1>
- González, G. (2022). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-documental/>
- GoogleMaps. (2020). *Laboratorio CTEX*. Obtenido de <https://goo.gl/maps/viHXozSnWfqztMhV7>
- Haro, H. (2011). *Normalización de parámetros en las variables que inciden en la calidad de la tela jersey, mezcla algodón 30/1 elastano 40 Denier, colores oscuros, en el proceso de prefijado y termofijado, en la empresa Asotex*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/736/1/04%20IT%20095%20TESIS.pdf>
- Hipoclorito de sodio*. (2020).
- IDEAM. (2022). *Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas peligrosas*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia18.pdf>
- Jarrín, V. (2018). Procesos de lavados en denim para el desarrollo sostenible. 131.
- LOES. (2010). LEY ORGANICA DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
- Macarrón, R. (2018). ¿Cuál es el origen del tejido 'denim' y por qué ha tenido tanto éxito?
- Mejía, S. (2018). *TELA DENIM ECO-D*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Méndez, S. (2017). Análisis comparativo de la resistencia del Denim en los procesos de acabado enzimático y Stone Wash. Ecuador: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7201>.

- MEXICHEM. (2010). *HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD*. Obtenido de [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20\(MSDS\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20(MSDS).pdf)
- Morales, F., & Segovia, C. (2017). Evaluación de un filtro artesanal de efluentes generados por una lubricadora en la ciudad de Latacunga, a base de piedra volcánica, piedra pómez, carbonato de calcio y algas. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Moya, D., & Salguero, E. (2018). Análisis de piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola La Herradura Floherrera S.A, ubicada en el cantón Salcedo. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Muñetón, V. (2017). Procesos de Denim, Indagación acerca de los procesos menos aplicados.
- Murillo, J. (2011). MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE ENFOQUE EXPERIMENTAL.
- NJHealth. (2011). *Hoja Informativa Sobre Sustancias Peligrosas*. Obtenido de <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0948sp.pdf>
- Ozdil, N. (2008). *Propiedades de estiramiento y embolsado de telas de mezclilla que contienen diferentes proporciones de elastano*. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.
- Padhye, R., & Nayak, R. (2010). *Sewing performance of stretch denim*. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol.6.
- Palacios Ochoa, R. C., & Tenezaca Paredes, J. K. (2016). Evaluación de la calidad del Jeans posterior a la lavandería, en la pequeña industria de Cuenca. Universidad del Azuay.
- Pérez, L. (2010). El método comparativo y el análisis de configuraciones causales.
- Ramos, A. (2022). Analisis Comparativo de Características Físicas entre un hilo 100% Pes (Poliestrer) y 1005 Polietilen atereftalato Reciclado. Ibarra: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13294/2/04%20IT%20309%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- Ravanetto. (2021). *¿Qué es el elastano? Origen de esta fibra y uso en la fabricación de telas textiles*. Obtenido de <https://www.ravanetto.com/blog-ravanetto/que-es-elastano-textil/>
- Ravanetto. (s.f). *¿Qué es el elastano? Origen de esta fibra y uso en la fabricación de telas textiles*.
- Reazuddin, R. (2021). Stretchable denim properties dependency on industrial washing techniques.
- SALUD, T. Y. (2022). Diseño de ropa con productos naturales y tecnologías bio.
- Sánchez, G. (2020). *Diseño de trajes formales aplicando procesos y características del denim*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30635/1/Gisela%20Sanchez.pdf>
- Solé, A. (2014). *Tensioactivos en la Industria Textil*. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2014/09/TENSIOACTIVOS-EN-LA-IND%3%9ASTRIA-TEXTIL.pdf>

- Tenezaca, J. (2020). *Diseño de una colección de indumentaria femenina a partir del análisis de la cadena de valor del jean en la fábrica HTC*. Obtenido de <file:///C:/Users/Arlox/Downloads/15642.pdf>
- Velasco, S. (2017). "Diseño de accesorios con motivos étnicos nacionales para la optimización de remanentes en la industria del Denim de la empresa Dextex y la curtiduría "Camacho" Dirigido a mujeres de 25 a 30 años de la ciudad de Ambato".
- Vélez, H. (Junio de 2015). Acción bactericida del hipoclorito de sodio a 37°C vs hipoclorito de sodio al ambiente. Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología.

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de uso del Laboratorio

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



Ibarra, 19 de junio del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que la señorita **MORILLO ESPINOZA DALMA ISABEL**, portadora de la cédula de ciudadanía N° **1725805970**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **"EFECTO DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN LA RESISTENCIA DE HILO DE TRAMA CON ELASTANO EN UN TEJIDO DENIM"** los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410**- Determinación de la resistencia a la tracción de hilos de paquetes bajo la norma ISO 2062:2009.
- **BALANZA ELECTRÓNICA**
- **SACA BOCADOS**

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en la norma.

Atentamente:



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

Anexo 2*Ficha técnica del hipoclorito de sodio*

	CC/01-10 CERTIFICADO DE ANÁLISIS	F.2C6.17 Revisión 02	
		15/8/2017	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 Alkali (NaOH)	máximo 15 g/l	4.96
Densidad:	mínimo 1.140 g/cm ³	1.168
pH. (17.2°C)	>12.50	12.93

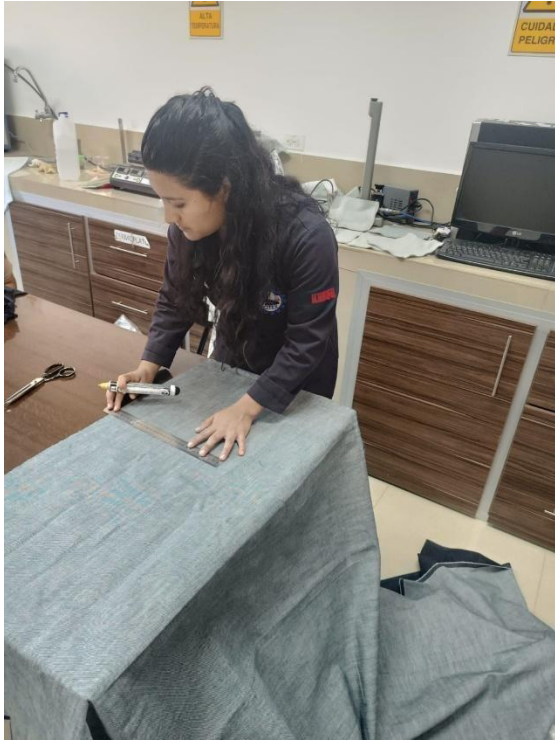
*Nota: Pérdida del contenido de cloro disponible luego de 14 días para uso industrial de la fecha de producción del hipoclorito de sodio

Jorge Álvarez
Analista de Calidad


Responsable de Control de Calidad

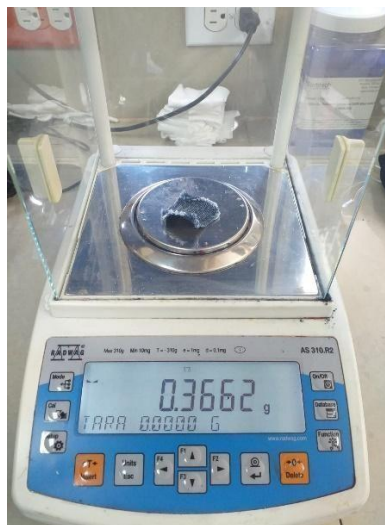
Anexo 3

Preparación de las probetas y auxiliares



Anexo 4

Caracterización del tejido y del hilo



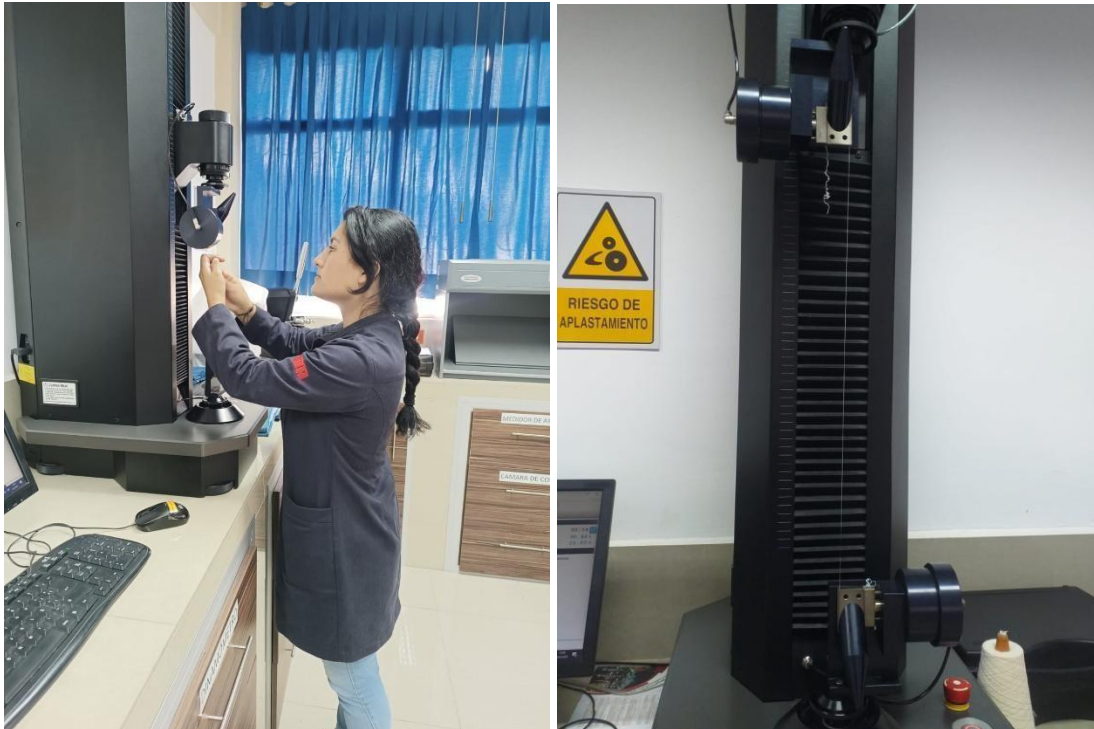
Anexo 5

Realización del acabado (Bleach)



Anexo 6

Ensayo de laboratorio bajo la norma ISO 2062:2009



Anexo 7

Condiciones del laboratorio

