



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,

MODALIDAD PRESENCIAL

TEMA:

**“INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DEL TEJIDO DE PUNTO INTERLOCK
100% ACRÍLICO EN LA RECUPERACIÓN, FRENTE AL ESTIRAJE DE
LAS TELAS”**

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

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

Autor (a): Tamayo Quinchiguango Guido Raúl

Director: MSc. Posso Pasquel José Rafael

Ibarra, agosto 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

1. 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:	100349031-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tamayo Quinchiguango Guido Raúl.		
DIRECCIÓN:	Ilumán-Carabuela-Sinsihuco-Casa comunal		
EMAIL:	grtamayoq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL	0962283252

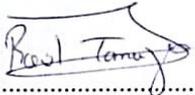
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DEL TEJIDO DE PUNTO INTERLOCK 100% ACRÍLICO EN LA RECUPERACIÓN, FRENTE AL ESTIRAJE DE LAS TELAS.”
AUTOR:	Tamayo Quinchiguango Guido Raúl
FECHA:	2024/08/01
PROGRAMA:	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO TEXTIL
DIRECTOR:	MSc. Posso Pasquel José Rafael

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 titular de los derechos patrimoniales por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 01 días del mes de agosto de 2024.

Autor (a).

Firma:

Nombre: Tamayo Quinchiguango Guido Raúl.

C.I. 100349031-3

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 01 de agosto del 2024.

MSc. Posso Pasquel José Rafael.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f): -----

MSc. Posso Pasquel José Rafael.

C.C.: 100252578-8

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular **“INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DEL TEJIDO DE PUNTO INTERLOCK 100% ACRÍLICO EN LA RECUPERACIÓN, FRENTE AL ESTIRAJE DE LAS TELAS”**, elaborado por Tamayo Quinchiguango Guido Raúl, previo a la obtención de título de INGENIERO TEXTIL, aprueba el siguiente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): -----

MSc. Posso Pasquel José Rafael

C.C.: 100252578-8

(f): -----

MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

C.C.: 100286804-8

DEDICATORIA

En primer lugar, le dedico a Dios y a la Virgen por todas las bendiciones recibidas y las que han llegado hacía mí y también a quienes han sido partícipes en mi formación académica. A toda mi familia, especialmente a mi hermano Mauricio Tamayo Quinchiguango quien me ha apoyado en transcurso de mi vida estudiantil, quien me ha dado la oportunidad de trabajar y estudiar esta prestigiosa Carrera de Ingeniero Textil, también a Lizbeth Margaritha Chiguano Moposita, quien ha sido la persona que me incentivó a seguir una carrera universitaria. A mis compañeros y docentes, quienes han sido la base fundamental para no detenerme y seguir educándome tanto en aspecto académico, ético, moral, etc. A todas las amistades que me han dado motivación en cada problema o dificultad que se me han presentado en el transcurso de mi vida estudiantil.

Tamayo Quinchiguango Guido Raúl

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le doy gracias a Dios y a la Virgen por haberme permitido estudiar en esta prestigiosa Universidad la Carrera de Ingeniero Textil.

Mi profundo agradecimiento a Dios por permitirme conocer excelentes docentes y compañeros, quienes me han ayudado en mi formación académica, ayudándome en cualquier gestión y problemas que se me han presentado en mis actividades estudiantiles.

Le doy mis sinceros agradecimientos al Msc. Naranjo Toro Marco Fransisco, MSc. Posso Pasquel José Rafael, MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián y al MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio, por guiarme en el desarrollo de este presente trabajo de grado.

Mi profundo agradecimiento a mis familiares y amistades por haberme dado apoyo moral y económico en cualquier circunstancia.

Guido Raúl Tamayo Quinchiguango

RESUMEN

La presente investigación se enfatizó principalmente en identificar los problemas que presenta una prenda de tejido de punto por trama. Este estudio se llevó a cabo en el tejido de punto interlock 100 % acrílico, elaborado en máquina rectilínea galga 12, con el propósito de analizar y dar posibles soluciones al crecimiento que experimenta la prenda textil, con el contacto entre el cuerpo y los distintos movimientos que este ejerce, para lo cual se utilizó la norma ASTM D 6614:2015 para simular el estiramiento y crecimiento de los textiles ante una fuerza de 1814 gf.

Se llevó a cabo un análisis comparativo exhaustivo de cada probeta antes de ser sometida a los ensayos en el dinamómetro, así como una caracterización detallada del tejido posterior a las pruebas en el laboratorio. Los datos obtenidos de los ensayos en el dinamómetro fueron analizados de manera comparativa entre las diferentes puntadas, con el objetivo de identificar la probeta que muestra un crecimiento uniforme tanto en la sección longitudinal como transversal. A partir de estos resultados, se seleccionó la puntada más adecuada para tejer en una máquina rectilínea de galga 12, utilizando un hilo con título 2/29 Nm. Los datos fueron representados gráficamente para mejorar la visibilidad y comprensión de los resultados del ensayo.

Con los resultados obtenidos del dinamómetro, se procedió a tabular los datos para su posterior análisis y comparación. Además, se realizaron pruebas estadísticas, incluyendo un análisis de varianza para evaluar las diferencias entre los grupos de probetas. También se elaboró un gráfico estadístico que permitió una interpretación cuantitativa detallada de cada probeta. El coeficiente de variación, un dato de gran relevancia, fue analizado minuciosamente tanto en las muestras en sentido longitudinal como transversal, siendo crucial para la interpretación de los resultados.

Palabras clave: acrílico, dinamómetro, puntada, ASTM D 6614:2015.

ABSTRACT

The present research primarily focused on identifying the issues presented by a weft-knitted garment. This study was conducted on 100% acrylic interlock knit fabric, made on a 12-gauge flat knitting machine, with the purpose of analyzing and providing possible solutions to the growth experienced by the textile garment due to contact with the body and the various movements it performs. ASTM D 6614:2015 standard was used to simulate the stretching and growth of textiles under a force of 1814 gf.

A comprehensive comparative analysis of each specimen was conducted before being subjected to tests in the dynamometer, along with a detailed characterization of the fabric after the laboratory tests. The data obtained from the dynamometer tests were comparatively analyzed among the different stitches, aiming to identify the specimen that shows uniform growth in both the longitudinal and transverse sections. Based on these results, the most suitable stitch was selected for knitting on a 12-gauge flat knitting machine, using a 2/29 Nm yarn. The data were graphically represented to enhance the visibility and understanding of the test results.

With the results obtained from the dynamometer, the data were tabulated for subsequent analysis and comparison. Additionally, statistical tests, including an analysis of variance, were performed to evaluate the differences among the groups of specimens. A statistical chart was also developed to allow for a detailed quantitative interpretation of each specimen. The coefficient of variation, a highly relevant data point, was meticulously analyzed in both the longitudinal and transverse samples, being crucial for the interpretation of the results.

Keywords: acrylic, dynamometer, stitch, ASTM D 6614:2015.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
Descripción del tema.....	1
Antecedentes.....	2
Importancia del estudio.....	3
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Características del sitio del proyecto.....	4
CAPÍTULO I.....	7
1. ESTADO DE ARTE.....	7
1.1 Estudios previos.....	7
1.1.1 Hilados de acrílico.....	7
1.1.2 Ligamento de tejido interlock.....	8
1.1.3 Densidad del tejido textil.....	8
1.1.4 Máquina de tejido de punto rectilíneo.....	9
1.1.5 Norma ASTM D 6614-07:2015, (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles).....	11
1.1.6 Equipo dinamómetro.....	12
1.2 Marco legal.....	13

1.2.1	Constitución de la República del Ecuador	13
1.2.2	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	14
1.2.3	Decreto 2393 del Registro Oficial No. 565:01-11-1986. Resolución No.005-2016: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo	14
1.3	Marco conceptual	15
1.3.1	Hilados de acrílico	15
1.3.2	Ligamento de tejido interlock	17
1.3.3	Densidad del tejido textil	19
1.3.4	Máquina de tejido de punto rectilíneo	19
1.3.5	Norma ASTM D 6614-07:2015, (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)	20
1.3.6	Equipo dinamómetro.....	20
CAPÍTULO II.....	22
2.	METODOLOGÍA	22
2.1	Tipos de investigación	22
2.1.1	Investigación analítica	22
2.1.2	Investigación experimental	22
2.1.3	Investigación comparativa	23
2.2	Normas de referencia	23

2.2.1	ASTM D 6614-07:2015 (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)	23
2.2.2	Norma ASTM D 8007-15:2019 (Recuento de columnas e hiladas de tejido de punto por trama).....	24
2.2.3	ISO 3801:1997 (Determinación del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área) 25	
2.3	Flujogramas	25
2.3.1	Flujograma general	25
2.3.2	Flujograma muestral	27
2.4	Equipos y materiales	28
2.4.1	Máquina de tejido de punto rectilínea, galga 12	28
2.4.2	Equipo de laboratorio dinamómetro	28
2.4.3	Lupa graduada.....	29
2.4.4	Agujas de disección	30
2.4.5	Regla graduada.....	31
2.4.6	Balanza de precisión	31
2.4.7	Cortadora circular	32
2.4.8	Mesa de corte	33
2.4.9	Hilo 100 % acrílico	33
2.5	Procedimiento	34

2.5.1	Proceso de tejido.....	35
2.6	Pruebas de laboratorio.....	37
2.6.1	Prueba de estiramiento en el equipo dinamómetro acorde a ASTM D 6614-07:2015 (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)	37
2.6.2	Prueba de determinación del número de columnas e hiladas del tejido de punto por trama según la norma ASTM D 8007-15:2019.....	41
2.6.3	Prueba de la determinación del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área acorde a ISO 3801:1997.....	42
CAPÍTULO III	45
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	45
3.1	Tabla de resultados	45
3.1.1	Tabla de resultados de la densidad del número de columnas e hiladas del tejido de punto por trama.....	45
3.1.2	Tabla de resultados del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área	47
3.1.3	Tabla de resultados de la prueba del estiramiento de las telas.....	48
3.1.4	Tabla general de los resultados.....	49
3.2	Discusión de resultados.....	51
3.2.1	Análisis de varianza	51
3.2.2	Análisis de resultados	56
3.2.3	Análisis de la tabla general de resultados	59
CAPÍTULO IV	61

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
4.1 Conclusiones	61
4.2 Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de la máquina rectilínea de tejido de punto por trama.....	28
Tabla 2 Características del dinamómetro	29
Tabla 3 Características de la lupa textil	30
Tabla 4 Características de la aguja.....	30
Tabla 5 Características de la regla.....	31
Tabla 6 Características de la balanza digital	32
Tabla 7 Características de la mesa de corte.....	33
Tabla 8 Características del hilo acrílico (Pac).....	34
Tabla 9 Parámetros de producción en la máquina.....	36
Tabla 10 Parámetros del ensayo en el dinamómetro.....	40
Tabla 11 Número de columnas por pulgadas y por centímetro en sentido longitudinal en base a las muestras.....	41
Tabla 12 Número de pasadas por pulgadas y por centímetro en sentido transversal en base a las muestras	42
Tabla 13 Cálculo del peso por unidad de longitud en base a las muestras	43
Tabla 14 Cálculo del peso por unidad de área (mua) en base a las muestras.....	44
Tabla 15 Números de columnas por pulgadas y por centímetro posterior al ensayo en sentido longitudinal	46
Tabla 16 Número de pasadas por pulgada y por centímetro posterior al ensayo en sentido transversal.	46
Tabla 17 Peso por unidad de longitud, posterior al estiramiento y relajación.	47
Tabla 18 Peso por unidad de área, posterior al estiramiento y relajación.....	48

Tabla 19 Estiramiento del tejido durante los ensayos	48
Tabla 20 Crecimiento del tejido posterior al relajamiento	49
Tabla 21 Tabla general de resultados del estiramiento y crecimiento en sentido longitudinal	50
Tabla 22 Tabla general de resultados del estiramiento y crecimiento en sentido transversal	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del laboratorio CTEX.....	5
Figura 2 Ubicación de la máquina	6
Figura 3 Proceso soho.....	16
Figura 4 Distribución de agujas	17
Figura 5 Ligamento interlock.....	18
Figura 6 Equipo Titan 5 dinamómetro.....	21
Figura 8 Flujograma general del ensayo a la recuperación al estiramiento	26
Figura 9 Flujograma muestral de la densidad del tejido interlock	27
Figura 10 Cortadora circular.....	32
Figura 11 Diseño de tejido interlock en el programa HENQUIANG.....	35
Figura 12 Proceso de tejido en la máquina galga 12.....	36
Figura 13 Muestras longitudinales.....	37
Figura 14 Ubicación de muestras en el dinamómetro.....	38
Figura 15 Proceso de estiramiento y crecimiento en el dinamómetro	39
Figura 16 Determinación de la varianza del estiramiento en sentido longitudinal.....	52
Figura 17 Determinación de la varianza del estiramiento en sentido transversal.....	53
Figura 18 Determinación de la varianza del crecimiento en sentido longitudinal.....	54
Figura 19 Determinación de la varianza del crecimiento en sentido transversal.....	55
Figura 20 Resultados del estiramiento longitudinal y transversal	57
Figura 21 Resultados del crecimiento longitudinal y transversal	58
Figura 22 Resultado general del estiramiento y crecimiento longitudinal y transversal.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1 Certificado del uso del laboratorio	70
Anexos 2 Adquisición de conos de hilo.....	71
Anexos 3 Proceso de tejido.....	72
Anexos 4 Caracterización de los tejidos de diferentes puntadas	72
Anexos 5 Preparación de muestras	73
Anexos 6 Ensayo en el dinamómetro.....	73
Anexos 7 Caracterización del tejido posterior al crecimiento	74

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

El crecimiento de la población ha impulsado la innovación en la creación de nuevos productos en el mercado, lo que ha dado lugar a la aparición de nuevas fábricas textiles especializadas en la producción de telas, tanto en tejido plano como en punto. Sin embargo, uno de los principales desafíos en la fabricación, confección y uso de las prendas es el estiramiento y la deformación de las telas. Este problema es particularmente notorio en los tejidos de punto, donde el ligamento interlock presenta características específicas en cuanto a su comportamiento ante el estiramiento. Además, estas variaciones no sólo afectan al sustrato textil, sino que también se manifiestan en prendas que han sido sometidas a un uso prolongado (Espinel et al., 2018).

La industria textil es una de las principales generadoras de empleo a nivel local, nacional e internacional, abarcando desde la producción de fibras naturales y sintéticas hasta la confección de prendas de vestir. Estos productos están destinados tanto al consumo nacional como a la exportación, y deben cumplir con las normativas y exigencias específicas de cada mercado. Para mejorar la competitividad, los productores deben enfocarse en la creación de prendas duraderas que destaquen en aspectos como la resistencia del tejido, la solidez del color y la recuperación al estiramiento. Por lo tanto, las telas y prendas deben alinearse con las expectativas del consumidor, ofreciendo un producto de alta calidad con un crecimiento homogéneo, mínimo y duradero (Carrillo, 2010).

Por estas razones, se ha propuesto esta investigación con el objetivo de identificar la densidad óptima del tejido y analizar los resultados obtenidos en relación con el estiramiento de las telas.

Antecedentes

Diversos estudios indican que muchos de los defectos en los tejidos interlock no se deben a la manipulación del operario, ni al factor máquina, ni al tipo de hilo. No obstante, este último puede generar defectos mínimos en el tejido, dependiendo del grado de irregularidad presente en los hilos (Rico Martínez, 2010).

El ligamento interlock presenta una capacidad de estiramiento significativamente menor en comparación con el tejido jersey. Esto incrementa la demanda de productos fabricados con este tipo de diseño, ya que el interlock tiene una densidad considerablemente mayor que otros tipos de ligamentos. Además, el tejido interlock se distingue por su estructura, que muestra el mismo patrón en ambas caras del tejido, a diferencia de otros tipos de diseños en los que se observa una cara distinta en cada lado de la tela (Huasheng, 2023).

Para abordar este problema, se llevará a cabo un estiramiento controlado de las telas basado en pruebas específicas, con el objetivo de determinar la densidad óptima que minimice y reduzca el comportamiento del tejido interlock bajo fuerzas externas, de acuerdo con la norma ASTM D 6614:2015. Esta norma proporciona directrices para analizar las características de estiramiento y crecimiento de las prendas después de su uso y la fricción corporal, garantizando así la adecuación y durabilidad del tejido (International, 2020).

Otras investigaciones indican que se emplea la norma UNE-EN ISO 6330:2012 para evaluar el lavado y secado doméstico de prendas. Esta norma especifica el uso de detergentes y contrapesos determinados para evaluar la estabilidad dimensional de los tejidos tras someterlos a ciclos de lavado. Además, se utiliza la norma UNE-EN ISO 14971:2006 para determinar la estabilidad dimensional de la malla, evaluando tanto la longitud como el área después de someterla a lavados frecuentes (Llinares Berenguer, 2015).

Importancia del estudio

La industria textil presenta una alta demanda de productos manufacturados, entre los cuales se encuentran los elaborados con tejidos interlock 100% acrílico, tales como sacos, ponchos y abrigos. Estos productos gozan de una notable aceptación en el mercado. Sin embargo, durante el uso, pueden experimentar una pérdida de su longitud original y estiramiento. Este fenómeno puede atribuirse a varios factores, incluidos las características del tejido, el tipo de hilo utilizado, o la fricción y la tensión prolongada generadas por los movimientos repetitivos del cuerpo durante las actividades diarias.

Esta investigación se lleva a cabo para abordar el fenómeno de estiramiento que experimentan los productos textiles durante su uso diario. Específicamente, las telas se estiran bajo la aplicación de fuerzas y no recuperan completamente su longitud inicial, lo que se conoce como recuperación al estiramiento de los tejidos. Para evaluar este comportamiento, se realizará el proceso de tejido interlock utilizando una máquina rectilínea galga 12, variando las densidades del tejido. Posteriormente, las muestras tejidas serán sometidas a pruebas conforme a la norma ASTM D 6614:2015. El objetivo es determinar la densidad óptima del tejido e identificar cuál densidad presenta menor afectación durante el proceso de estiramiento, utilizando un dinamómetro para las mediciones.

El análisis realizado proporcionará una comprensión más precisa del comportamiento del estiramiento de los tejidos. Esto se debe a que la densidad de la malla puede afectar en función del grosor del hilo y de las condiciones ambientales a las que está expuesto el sustrato textil. Estas variaciones pueden afectar significativamente tanto la estructura del tejido como en su textura (Chen et al., 2021a).

Objetivo general

Analizar la influencia de la densidad del tejido de punto rectilíneo interlock 100% acrílico en la recuperación, frente al estiraje de las telas.

Objetivos específicos

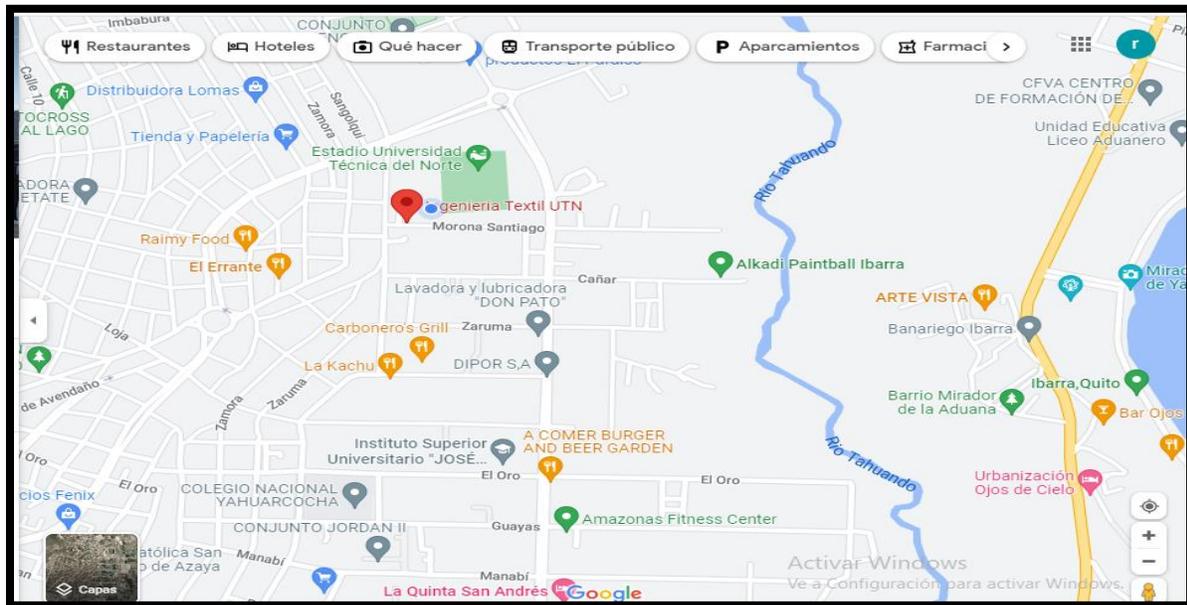
- Investigar en fuentes bibliográficas de libros, revistas, ensayos, artículos científicos, etc. para encontrar información técnica de tejido de punto interlock ante la influencia de la densidad frente al estiramiento.
- Desarrollar muestras a escala de laboratorio utilizando la máquina rectilínea galga 12 para analizar la densidad de las mallas.
- Demostrar la influencia del ligamento interlock mediante el equipo dinamómetro, con el método estándar para las propiedades del estiramiento de las telas, método CRE ASTM D 6614:2015, para obtener datos que sirvan para el análisis de resultado.
- Analizar los resultados obtenidos en el laboratorio mediante el uso del software Past 4, Excel con sus respectivos gráficos, para el análisis del sustrato textil.

Características del sitio del proyecto

El proyecto de investigación se llevará a cabo en la Carrera de Textiles, que alberga los laboratorios especializados. Estos laboratorios están equipados con equipos normalizados para garantizar la precisión y la calidad en las pruebas. La ubicación exacta de los laboratorios es en las coordenadas 0.3782531210228751, -78.12389737777924

Figura 1

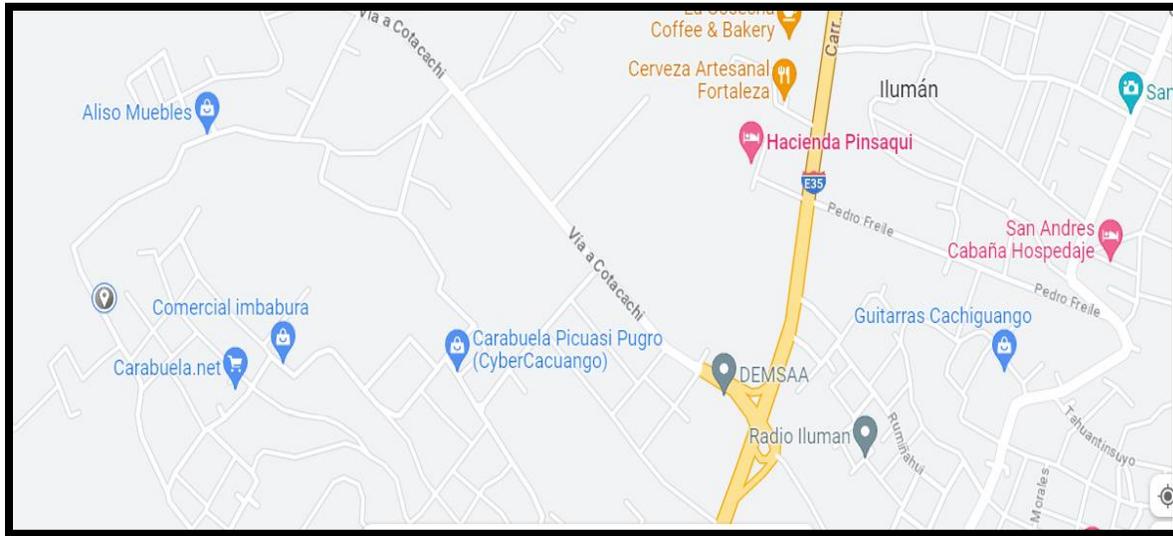
Ubicación del laboratorio CTEX



Nota: La **Figura 1** ilustra, mediante coordenadas, la localización del laboratorio en la Planta Textil, en el cual se encuentran las máquinas destinadas a realizar los ensayos correspondientes.

Fuente: (Maps, 2023a).

El proceso de tejido para el proyecto de investigación se llevará a cabo en Otavalo, en la localidad de Carabuela, específicamente en Sinsihuco, frente a la Casa Comunal. La actividad se desarrollará utilizando la máquina de tejido de punto rectilíneo, ubicada en las coordenadas 0.276488, -78.255393.

Figura 2*Ubicación de la máquina*

Nota: La **Figura 2** presenta la ubicación exacta de la máquina en la que se llevará a cabo el desarrollo del tejido con múltiples puntadas, representada en un sistema de coordenadas.

Fuente: (Maps, 2023b).

CAPÍTULO I

1. ESTADO DE ARTE

1.1 Estudios previos

1.1.1 Hilados de acrílico

En la industria textil y específicamente para la producción de tejidos térmicos en géneros de punto, generalmente se utilizan hilos de acrílico de distintos calibres, tales como título 1/29 Nm, 2/32 Nm, entre otros. Estos se producen a partir de mechas en las máquinas de hilatura, donde se les proporciona la torsión y el título final. Posteriormente, son enconados, madejado y tinturados según las necesidades del fabricante (Textiles texa SA, 2023).

En un ensayo realizado utilizando el 3 % de dióxido de titanio en función al caudal de la extrusión se observó que, al aumentar la proporción de acrílico en la mezcla con algodón, las propiedades del hilo y del tejido mejoraron significativamente, como la resistencia y la uniformidad del hilo. Estas mejoras ayudaron para aumentar el rendimiento de la tela en un tejido de punto jersey, ideal para la confección de ropa deportiva (El Messiry et al., 2024).

Las fibras acrílicas son ampliamente utilizadas debido a su similitud con la lana, su capacidad para retener el calor corporal y su baja probabilidad de causar alergias en el usuario. Además, ofrecen una alta resistencia a los agentes químicos y a la exposición a la luz solar. Sin embargo, son vulnerables a los álcalis (Jersey, 2005).

En otro estudio que se investigó acerca del comportamiento friccional de los hilos acrílicos y mezclas de lana y mohair, se determinó que el coeficiente de fricción de los hilos 100% pac aumenta conforme se incrementa el calibre del hilo. En contraste, en las mezclas de lana y mohair, un mayor porcentaje de acrílico disminuye el coeficiente de fricción. Este efecto es especialmente

notable en las mezclas 50/50, donde se observó una disminución significativa, particularmente en los hilos de tipo HB (Naik et al., 2000).

1.1.2 Ligamento de tejido interlock

Este tipo de ligamento es ampliamente utilizado en la confección de abrigos para clima frío, debido a su alta densidad y malla compacta, lo que reduce significativamente la entrada de aire frío al interior. Por esta razón, se emplea con diversos tipos de fibras y en distintas densidades, adaptándose a diferentes usos. Se realizó una investigación sobre la tracción del tejido de punto para ligamentos interlock con hilos de poliéster de 75 D a 100 D, en el cual se demostró que la resistencia a la tracción mejoró a medida que se aumenta el calibre de los hilos, caso contrario de lo que sucede si se aumenta la longitud de la malla, disminuye la resistencia a la tracción del tejido en sentido longitudinal y transversal de la tela, aunque esto mejoró cuando se realizó el termo fijado luego del proceso de lavado con una mejoría en la reacción del tejido (Chen et al., 2021b).

Con el fin de ayudar al operario en el diseño de diversos ligamentos, se implementó un método que facilita la creación de tejidos y otros patrones mediante inteligencia artificial basada en fotografías en escala de grises. Se utilizó el software ResNet-V2 y ResNet-50, debido a su capacidad de entrenamiento y mejora continua con cada uso, manteniendo su programación inicial. ResNet-V2 permite el procesamiento de miles de datos, los cuales pueden ser categorizados según variables específicas del diseño ingresado a través de la imagen (Uboh, 2023).

1.1.3 Densidad del tejido textil

Estudios realizados mencionan que la estructura del tejido puede determinar la densidad y espesor del tejido según como plantea, Fan (como se cito en Cunalata & Jiménez, 2019) que una fibra natural con estructura tubular posee excelentes propiedades, como ser liviana y actuar como

aislante térmico. Esto significa que la densidad del tejido depende considerablemente de la estructura de la fibra y del origen del hilo.

En una investigación hecha, utilizando un hilo de título 30/1 Ne de algodón y microfibra de poliéster con los cuales se confeccionaron muestras de tejidos interlock 100 % Co, 100 % Pes y 50/50 % Pes/Co, empleando una máquina rectilínea galga 20, específica para ropa deportiva, en donde se observó que después de realizarse el proceso de acabado, se determinó que existe un aumento en la densidad de la tela y disminución del coeficiente de fricción y la permeabilidad del aire (Shawky et al., 2024).

En otros estudios, se han analizado las propiedades de las telas, mediante el uso del grafeno con el fin de analizar el comportamiento térmico, las propiedades antibacterianas y el rendimiento de los tejidos, para lo cual se confeccionó una muestra mezclada con hilos de grafeno y algodón en una proporción de 25/75. En esta muestra, se evaluó la estabilidad dimensional de un tejido interlock. Se observó que un mayor contenido de hilos de grafeno se reduce el encogimiento del tejido sin afectar significativamente la densidad de la tela. Además, el rendimiento térmico y las propiedades antibacterianas del tejido interlock mostraron una mejora notable en comparación con un tejido de punto jersey (Shou et al., 2024).

1.1.4 Máquina de tejido de punto rectilíneo

Con el uso de este equipo se realizaron análisis de la variación dimensional de hilos de algodón 58/1 Nm en un tejido interlock, observándose una variación del 2% posterior al relajamiento del tejido. Esta variación se atribuye a la cantidad de mallas que generan presión y fricción entre sí. Al establecer una densidad y una columna adecuadas para los tejidos, el cambio dimensional de las telas después de aplicar diversos acabados sería significativamente menor. Se

determinó que las configuraciones de la máquina influyen considerablemente en la estabilidad dimensional del género de punto (Szabo et al., 2019).

Para evaluar la efectividad de la automatización de una máquina completamente mecánica, se desarrolló un tejido de jersey. El objetivo era comprobar las velocidades de producción y el encogimiento del tejido posterior a las modificaciones realizadas en la máquina. Se produjeron muestras de tejido con un ancho de 20 cm y una longitud de 900 pasadas, equivalente a 160 cm. Los resultados mostraron que el ancho del tejido fuera de la máquina se encogió un 30 % y la longitud un 15 % en un período de 5 minutos (Gómez Paillacho, 2011).

Para otros estudios el proceso de tejido se llevó a cabo en una máquina circular de medias utilizando hilos de acrílico, bambú y algodón. Se realizaron pruebas de resistencia al estallido conforme a la norma ASTM D 3787-01:2001, para lo cual se tejieron cinco muestras de calcetines. Posteriormente, las muestras fueron acondicionadas a una temperatura de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 5\%$ (Montenegro, 2023).

Con el objetivo de determinar la forma del bucle después del tejido en una máquina circular galga 20, utilizando una tela de tejido interlock aplicando la norma UNE-EN 14971:2006 para medir los bucles por unidad de longitud y área, se determinó la densidad lineal según la norma UNE-EN 14970:2007. Además, se analizó la estabilidad dimensional del tejido tras el proceso de blanqueo, de acuerdo con la norma UNE-EN 6330:2012. En un tejido 100% algodón (Co), se concluyó que el encogimiento observado no se debe a la regulación de la puntada, sino a la relajación del tejido después de los respectivos acabados (Llinares Berenguer et al., 2021).

1.1.5 Norma ASTM D 6614-07:2015, (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)

Este método de prueba se utiliza principalmente para analizar las propiedades de estiramiento y crecimiento de diversos tipos de tejidos. Se realizó un estudio enfocado en las propiedades mecánicas y la comodidad de las camisas, con una composición de: algodón/ poliéster 65/35 %, algodón/poliéster/ xlance 63/31/6 %, algodón/poliéster/licra 63/31/6 %, y algodón/poliéster/xlance 63/31/6 %. Los tejidos se produjeron en una máquina KARL MAYER con un diseño de punto retenido. Para cada composición, se prepararon una probeta en sentido longitudinal y transversal muestras de 5 cm por 35 cm, sometidas a una carga de 20 N durante dos horas, de acuerdo con la norma ASTM D 6614:2015. Se observó que en la muestra de algodón/poliéster 65/35 %, el alargamiento en sentido longitudinal y transversal fue bajo en comparación con las demás muestras. Las muestras que contenían xlance y licra mostraron un alargamiento muy alto en ambos sentidos y una recuperación notablemente alta. Esto indica que las fibras de xlance y licra contribuyeron significativamente a la recuperación del tejido a su forma original, minimizando la deformación (Zhao et al., 2024).

Para evaluar la elasticidad y crecimiento en condiciones húmedas y secas de tres variedades de seda dupioni o cruda, seda suave y tafetán; se cortaron muestras de 65 x 35 cm siguiendo la norma ASTM D 6614:1994 y se les aplicó una fuerza de 1814 gf. Los resultados mostraron que, en condiciones húmedas, el tejido experimentó un crecimiento doble en comparación con las condiciones secas (Thimma Reddy et al., 2011).

En otros ensayos utilizando telas fabricadas con elastano empleadas para la confección de ropa deportiva, se evaluaron las propiedades de recuperación inmediata y la recuperación retardada durante el uso continuo de la prenda para determinar la estabilidad dimensional de los

tejidos elásticos, ampliamente utilizados en el ámbito deportivo. La evaluación se realizó conforme a la norma ASTM D 2594:1969, que proporciona una medición precisa de las propiedades elásticas en tejidos de punto de baja potencia, garantizando que los materiales mantengan su funcionalidad y forma durante el uso frecuente y el movimiento; se identificó que el tejido puede extenderse en un 50 % de su longitud para amoldarse al cuerpo del usuario con una recuperación inmediata del 27 % en ropa apretada (Senthilkumar, 2011).

Otras pruebas realizadas en tejidos de yute siguiendo la norma ASTM D 5035:2015, que establece el método estándar para la determinación de la fuerza a la rotura y elongación. Este procedimiento proporciona una medida precisa de la resistencia máxima del material. Se concluyó que el tejido de yute demuestra una mayor estabilidad, especialmente cuando se utiliza en la fabricación de tejidos planos de poliéster reforzado con yute (Cunalata Sánchez & Jiménez Abarca, 2019).

1.1.6 Equipo dinamómetro

Es un equipo de medición para evaluar las propiedades de la tracción en los no tejidos, compuesta de tres fibras (PES/CV/WO) destinadas como capas térmicas en guantes. Se utilizó un dinamómetro Instron 5567, siguiendo la norma ISO 13934-1, para medir las propiedades de tracción. Además, se aplicó la norma ASTM D 6614:2019 para evaluar las propiedades de crecimiento del tejido. Las mediciones se realizaron aplicando una fuerza de 1814 gf, utilizando una esfera de compresión de 3 centímetros de diámetro en un porta muestras de 3,5 centímetros donde se determinó que la capa de tres fibras posee mayor propiedad térmica y así mismo tiene una elongación superior en el límite elástico como en su trayectoria de estiramiento, a diferencia de las capas de fibras compuestas de 100 % poliéster (Dunja, 2023).

También este equipo se utilizó para medir la influencia del hidrosulfito de sodio en un tejido plano de yute, evaluando la resistencia a la tracción y la elongación. Se observó una pérdida de resistencia a la tracción tanto en la dirección de la urdimbre como en la trama. Sin embargo, en los ensayos de elongación, se evidenció una mejora en la elongación del tejido (Ulcuango, 2022).

En otros estudios se evaluaron las propiedades de resistencia y alargamiento a la rotura de hilos o napa de 100 hilos de algodón, lana cardada y lana peinada, empleando un dinamómetro. Los resultados demostraron que la lana cardada presentó la mayor resistencia entre las tres muestras, aunque mostró un alargamiento menor en comparación con las demás (Barella, 1967).

1.2 Marco legal

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Como se menciona en los artículos 26 y 348 de la Constitución de la República del Ecuador, donde hace referencia a la sección educativa como un derecho gratuito con inversión estatal para cualquier tipo de persona (Asamblea Constituyente, 2013):

Art. 26.- La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir.

Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

Art. 348.- La educación pública será gratuita y el Estado la financiará de manera oportuna, regular y suficiente. La distribución de los recursos destinados a la

educación se regirá por criterios de equidad social, poblacional y territorial, entre otros.

El Estado financiará la educación especial y podrá apoyar financieramente a la educación fisco misional, artesanal y comunitaria, siempre que cumplan con los principios de gratuidad, obligatoriedad e igualdad de oportunidades, rindan cuentas de sus resultados educativos y del manejo de los recursos públicos, y estén debidamente calificadas, de acuerdo con la ley. Las instituciones educativas que reciban financiamiento público no tendrán fines de lucro.

La falta de transferencia de recursos en las condiciones señaladas será sancionada con la destitución de la autoridad y de las servidoras y servidores públicos remisos de su obligación.

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

El presente trabajo de investigación está relacionado con los lineamientos de Investigación de la Universidad Técnica del Norte de la Carrera de Textiles, fortaleciendo el desarrollo económico de la comunidad (Universidad Técnica del Norte, 2022):

1. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

1.2.3 Decreto 2393 del Registro Oficial No. 565:01-11-1986. Resolución No.005-2016: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo

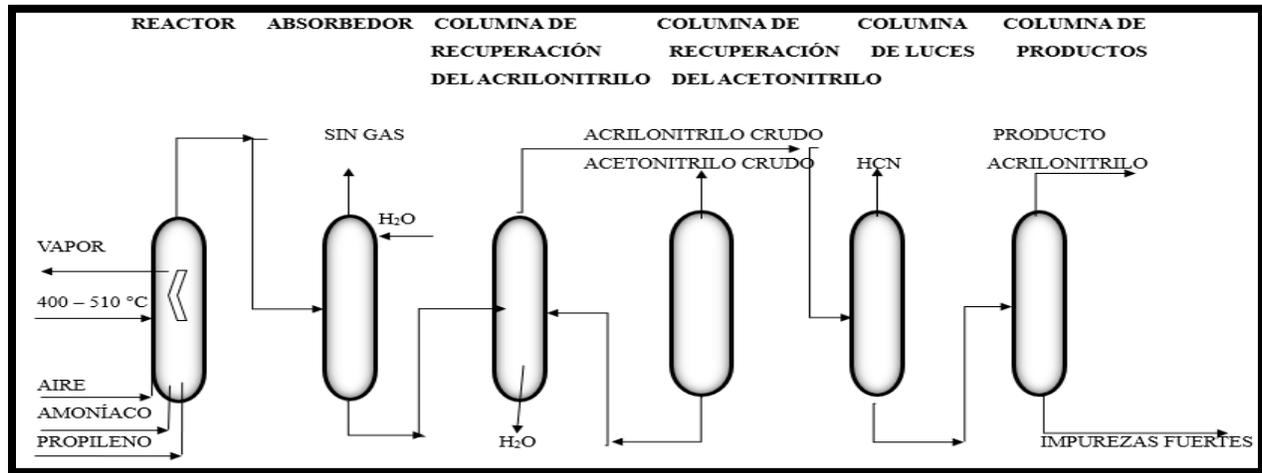
De acuerdo con el Decreto Ejecutivo 2393, artículo 11, los empleadores de entidades, empresas públicas y privadas están obligados a cumplir con los lineamientos y normas destinados a prevenir riesgos que afecten la salud física y el bienestar de los trabajadores. Entre estas obligaciones, se incluye proporcionar vestimenta adecuada para el trabajo y mantener el lugar de

trabajo y las maquinarias en condiciones óptimas. La empresa también debe ofrecer servicios médicos gratuitos, realizando visitas periódicas a los empleados para detectar dolencias físicas o psicofísicas. En caso de que un trabajador sufra una lesión o enfermedad relacionada con su actividad laboral, conforme al inciso 2 del artículo 3 del Decreto Ejecutivo 4217, el empleador debe reasignarlo a otra sección. Además, el empleador está obligado a instruir al personal sobre los riesgos, la prevención y las prácticas laborales mediante capacitaciones periódicas, proporcionándoles un ejemplar del reglamento y de las normas relacionadas con la prevención y el cuidado del área de trabajo, así como sobre los peligros potenciales. Esto incluye entregar también un ejemplar de las normas de higiene y capacitar tanto al personal nuevo como al existente para que adopten una actitud responsable y seria respecto al entorno laboral, prohibiendo el acceso a áreas de alta peligrosidad (Secretaría Técnica de la circunscripción territorial especial Amazónica, 2020).

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Hilados de acrílico

El acrílico se produce a partir del polipropileno, que se trata con acetileno y amoníaco, como se ilustra en la **Figura 3**. Las fibras acrílicas están compuestas principalmente por macromoléculas de acrilonitrilo (85 %) y otros monómeros (15 %). Cuando el contenido de acrilonitrilo (C_3H_3N) desciende por debajo del 85 %, las fibras resultantes se denominan modacrílicas (Marsal Amenos, 1997).

Figura 3*Proceso soho*

Nota: La ilustra el proceso de síntesis del acrilonitrilo a partir de amoníaco, aire y polipropileno.

Este proceso se lleva a cabo utilizando como catalizadores el bismuto, el molibdeno y el oxígeno

Fuente: (Badia Closa et al., 2012).

En el proceso de hilatura acrílica, la materia prima se adquiere en forma de "tow", el cual se corta mediante una termoseccionadora y una máquina rebreaker. Este realiza el corte definitivo que produce "tops" de 20 kg con una cinta de 24 g/m. El proceso de estiraje se realiza en dos pasos: en el primero, se mezclan las fibras; en el segundo, se lleva a cabo el peinado y estirado. Luego, las fibras pasan a la máquina gill, donde se estiran y doblan, haciéndolas pasar por peines de acero inoxidable que las uniforman y limpian, obteniendo cintas más delgadas y regulares. Posteriormente, estas cintas se procesan en los finisores para disminuir su diámetro mediante la acción de frotadores que les dan falsa torsión. Finalmente, se bobinan en forma de mecha para iniciar el proceso de hilado mediante hilatura continua de anillo. Después, las mechas se pasan a las bobinadoras para formar grandes conos de hilo, que son debidamente purgados para ser teñidos

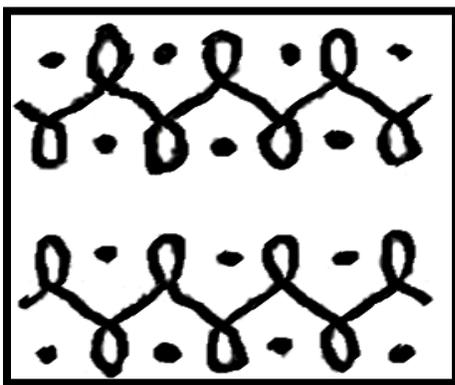
en madejas. Adicionalmente, se realiza un proceso de retorcido para dar doble torsión y un proceso de retracción para aumentar el volumen del hilo (Benalcazar Vaca, 2011).

1.3.2 Ligamento de tejido interlock

Este ligamento se realiza en máquinas de doble fontura, lo que da como resultado un tejido que presenta el mismo aspecto en el lado derecho como en el revés. La distribución de las agujas en la fontura frontal y la fontura posterior sigue un patrón de agujas 1x1, como se puede observar en la **Figura 4**. Este patrón se asemeja al tejido rib, donde las agujas están enfrentadas de forma alternada. La disposición alternada de las agujas en las máquinas de doble fontura permite la creación de tejidos con una mayor densidad en comparación con el tejido jersey. Esta configuración no solo contribuye a la apariencia uniforme del tejido, sino que también mejora sus propiedades mecánicas, como la elasticidad y la resistencia al desgaste. La textura resultante es más compacta y ofrece una mayor estabilidad dimensional, lo que es ideal para aplicaciones que requieren tejidos más firmes y duraderos (Baltanás et al., 2006).

Figura 4

Distribución de agujas



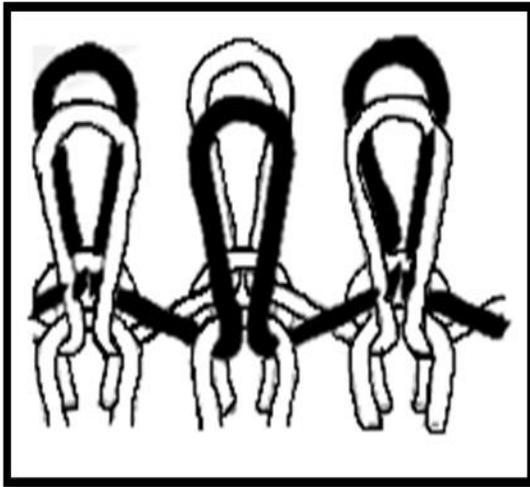
Nota: La figura ilustra el proceso de formación de la malla en las fonturas frontal y trasera de la máquina rectilínea, utilizado en la producción del tejido interlock.

Fuente: (Baltanás et al., 2006).

Este tipo de ligamentos se completa mediante dos pasadas del carro: en la primera pasada, se utiliza el 50% de las agujas impares, mientras que en la segunda pasada se emplean las agujas pares como se observa en la **Figura 5**. Este proceso proporciona al tejido una mayor resistencia al desteñido en comparación con el tejido jersey, que tiende a enrollarse y destejarse con facilidad (Solé, 2019).

Figura 5

Ligamento interlock



Nota: La figura ilustra la estructura de una malla de interlock. Se puede observar que el tejido presenta la misma estructura de malla en ambos lados del tejido.

Fuente: (Solé, 2019).

Este tipo de ligamento presenta un estiramiento limitado, que varía entre el 10% y el 25% de su longitud original. Esto le confiere una estabilidad superior a la del tejido de jersey o tejidos de punto convencionales, ofreciendo una mayor resistencia a los factores externos. En términos de peso, la tela jersey simple varía aproximadamente entre 100 g/m² y 250 g/m², mientras que el tejido interlock suele pesar entre 150 g/m² y 450 g/m². Esto hace que este tipo de tejido sea más pesado, más grueso y, por ende más cálido (Huasheng, 2023).

1.3.3 Densidad del tejido textil

La densidad de un tejido se define como el número de pasadas o columnas que se encuentran en una unidad de longitud, medida en centímetros o pulgadas con los cuales se puede determinar la galga de la máquina, que a su vez se traduce en el número de agujas por pulgada. Una mayor densidad de columnas implica una galga más alta y un número mayor de agujas en una pulgada (Solé, 2019).

Para analizar la densidad en tejido plano, se utiliza la norma ISO 7211-2:1984, que permite determinar el número de hilos por unidad de longitud, contabilizando el total de hilos presentes en un centímetro. Para medir el número de columnas y pasadas a lo ancho del tejido en un centímetro se aplica la norma UNE-EN 14971:2006. Este proceso debe realizarse cinco veces para calcular el promedio y determinar la varianza con respecto al sustrato textil (Llinares Berenguer, 2015).

Un mayor número de hilos por centímetro resulta en una tela más gruesa y pesada. Adicionalmente, el calibre del hilo afecta el grosor del tejido: hilos más finos producen una tela más liviana y suave, mientras que hilos de mayor grosor generan un tejido más robusto y pesado. El título del hilo se clasifica según el tipo de fibra y puede expresarse en sistemas directos o indirectos, basándose en la longitud o en el peso. Los sistemas principales incluyen Den, dtex, Ne, Nm y Tex. De estos, el sistema Tex es el más utilizado de manera general en la industria textil. Además, la densidad de la tela se define por el número total de hilos presentes en una pulgada cuadrada (Testextextile, 2021).

1.3.4 Máquina de tejido de punto rectilíneo

Es una máquina industrial de tejido de punto rectilíneo, es un equipo utilizado en la fabricación de diversos tipos de tejidos de diferentes calibres. Estas máquinas están disponibles

en una variedad de galgas, que comienzan desde la 3 en adelante, y también en versiones multi-galgas que pueden operar hasta con 16 guías de hilo. Son ampliamente empleadas en el sector textil para la producción de tejidos de punto por trama, incluyendo patrones como calada, intarsia, transferencia, retenido, anulado y Jacquard. Además, se utilizan para la confección de cuellos, puños, accesorios para prendas, así como suéteres y sacos. Las galgas comunes incluyen 12, 14 y 16, utilizadas principalmente en la fabricación de cuellos, puños de camisetas y pretinas para chompas. Para la confección de suéteres, se emplean galgas más gruesas, como las de 7, 8 o 10 (CAMFive, 2020).

1.3.5 Norma ASTM D 6614-07:2015, (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)

Este método se utiliza para evaluar la calidad de un tejido y su comportamiento bajo el estiramiento. Se emplea para determinar la capacidad de crecimiento del tejido cuando se aplica una fuerza externa, manteniéndolo en una extensión específica durante un período estipulado por la norma. Es aplicable a cualquier tipo de tela, aunque no es adecuado para pruebas de resistencia a la rotura o alargamiento del tejido. Para aplicar esta norma, es esencial seleccionar un entorno adecuado según las especificaciones establecidas por la norma (Lafayette Sport, 2020).

Estas normativas son aplicables a una amplia variedad de telas y desempeñan un papel crucial en el ámbito comercial. Su aplicación permite calcular de manera precisa el costo de producción, establecer los precios de venta y determinar el uso final del tejido, de acuerdo con los parámetros de calidad establecidos (Mejía, 2012).

1.3.6 Equipo dinamómetro

Es un equipo de compresión neumática, que incluye un compresor, se utiliza para evaluar las propiedades físicas de un tejido, determinando su capacidad para resistir tensiones según las

normativas del ensayo aplicado. Es fundamental para la evaluación de la calidad textil en pruebas como, elongación y resistencia al desgarro, entre otras. Este dispositivo mide la resistencia a la tracción como el alargamiento máximo de una tela antes de su ruptura. Además, cuenta con un regulador de presión automático que ajusta el rango de presión desde cero hasta 5000 N, lo que asegura una capacidad de estiramiento óptima. Los resultados se registran en el software Test Wise, mostrando la resistencia en unidades de fuerza (Newton) y el alargamiento en milímetros o como porcentaje del estiramiento. Este equipo se ilustra en la **Figura 6** (James Heal, 2014).

Figura 6

Equipo Titan 5 dinamómetro



Nota: En la figura se muestra el equipo dinamómetro realizando una prueba de resistencia a la tracción de los tejidos.

Fuente: (James Heal, 2014).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipos de investigación

Para llevar a cabo la presente investigación, se emplearon diversos enfoques de investigación, los cuales se detallan a continuación:

2.1.1 Investigación analítica

El método analítico se emplea para llevar a cabo un proyecto con el objetivo de obtener resultados precisos mediante la observación detallada de los elementos secuenciales de un proceso específico. Este enfoque utiliza aplicaciones empíricas o simbólicas, complementadas con análisis discursivos, para ofrecer respuestas fundamentadas. A través de este método, se facilita la comprensión, la crítica y la comparación entre la teoría y la práctica (Lopera Echavarría et al., 2010).

Los tejidos interlock en acrílico presentan una alta demanda por parte de los usuarios debido a sus propiedades térmicas. No obstante, con el tiempo, es posible que los usuarios experimenten una disminución en la conformidad del tejido debido a cambios en sus características. Para lo cual se analizaron las propiedades del acrílico y del tejido interlock.

2.1.2 Investigación experimental

El enfoque de una investigación experimental permite al investigador manipular las variables del estudio con el objetivo de controlar y mantener constante el impacto de factores externos durante el experimento. Esto asegura que los resultados obtenidos sean precisos y no se vean alterados por cambios no controlados. El propósito fundamental de estos experimentos es identificar soluciones a problemas específicos y comunicar los descubrimientos basados en observaciones detalladas de las variaciones en las diferentes variables analizadas (Ramos, 2021).

Para el desarrollo de este tipo de investigación, se diseñó y se fabricó un tejido interlock variando la densidad de la malla. Se llevaron a cabo pruebas de tejido utilizando diferentes configuraciones de puntadas (250, 275, 300, 325 y 350) con el fin de evaluar el crecimiento dimensional posterior al estiramiento.

2.1.3 Investigación comparativa

Para una investigación comparativa, la presencia de numerosas variables puede complicar el proceso de determinación de afirmaciones precisas. En este contexto, se emplea un método heurístico, diseñado para facilitar la adquisición de conocimiento y proporcionar una comprensión más profunda del caso en estudio. La investigación comparativa se puede definir como una metodología de selección que permite generar respuestas adicionales mediante el uso del razonamiento. Esta metodología permite formular respuestas específicas al comparar y verificar una hipótesis en función del número de objetos analizados (Sánchez de la Baquera & Arroyo, 2020).

Por lo tanto, se empleó un análisis comparativo para evaluar los resultados del ensayo, con el objetivo de identificar la muestra que presenta mayor homogeneidad y determinar cuál de las muestras exhibe las mejores características, basándose en los análisis de los resultados.

2.2 Normas de referencia

2.2.1 ASTM D 6614-07:2015 (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)

Este método se aplica a tejidos de punto con bajo estiramiento, utilizando un dinamómetro para medir su crecimiento aplicando una fuerza externa. Es crucial que la aplicación de la fuerza no cause daño al tejido. Según la norma ASTM D 6614:2015, los tejidos deben resistir sin

romperse ni alargarse significativamente, ya que esta norma está diseñada específicamente para evaluar el crecimiento de telas utilizadas en prendas de vestir, tanto de punto como planas.

Las probetas deben tener dimensiones de 2 por 14 pulgadas para tejido de punto las cuales se colocan en las mordazas del dinamómetro a una distancia de 25 centímetros, asegurándose de que estén bien sujetas y sin arrugas. Antes de iniciar la evaluación, es fundamental verificar el estado de la tela para asegurarse de que esté plegada sin deformaciones. A continuación, se aplica una fuerza de estiramiento de hasta 1814 gf, manteniéndola durante 5 minutos. Después, se permite que la probeta se relaje a una distancia de 25 centímetros durante otros 5 minutos. Una vez transcurrido este tiempo. Se retira la probeta y se deja en reposo, asegurando que la tela quede plana y sin arrugas. La longitud del estiramiento se mide antes, durante y después de la aplicación de la fuerza. Estos ensayos permiten identificar el crecimiento y el estiramiento de la prenda durante su uso, y son especialmente relevantes para envíos comerciales (ASTM, 2015).

2.2.2 Norma ASTM D 8007-15:2019 (Recuento de columnas e hiladas de tejido de punto por trama)

Este método de análisis no es aplicable a tejidos planos ni a géneros de punto por urdimbre, como los elaborados en máquinas Raschel. Su uso se limita exclusivamente al recuento de columnas e hiladas en telas de género de punto por trama, tales como jersey, pique, interlock y rib, tejidos en máquinas circulares y rectilíneas. Para llevar a cabo el conteo de hilos y columnas en un rollo de tela de ancho abierto, se debe dejar un margen mínimo de 2 metros desde el extremo del tejido. En el caso de tejidos tubulares, se debe dejar un margen de 0,5 metros. Para contar las columnas o las pasadas, no es necesario cortar la muestra. Se recomienda utilizar una lupa sobre el tejido y proceder al conteo con la ayuda de una pinza en una distancia de una pulgada. Este

proceso debe repetirse al menos tres veces en diferentes partes de la muestra para asegurar la precisión (ASTM, 2019).

2.2.3 ISO 3801:1997 (Determinación del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área)

Este método se utiliza para realizar la caracterización del tejido, para lo cual se utilizó el método 1 y 3 para determinar el peso por unidad de superficie y peso por unidad de longitud. Para determinar el peso por unidad de longitud, se pesa una muestra pequeña y se divide el resultado por la longitud de la muestra. Para calcular el peso por unidad de superficie, se divide el peso obtenido entre el área de la muestra; por lo menos se deben de realizar cinco lecturas para obtener el promedio de los resultados (ISO, 1983).

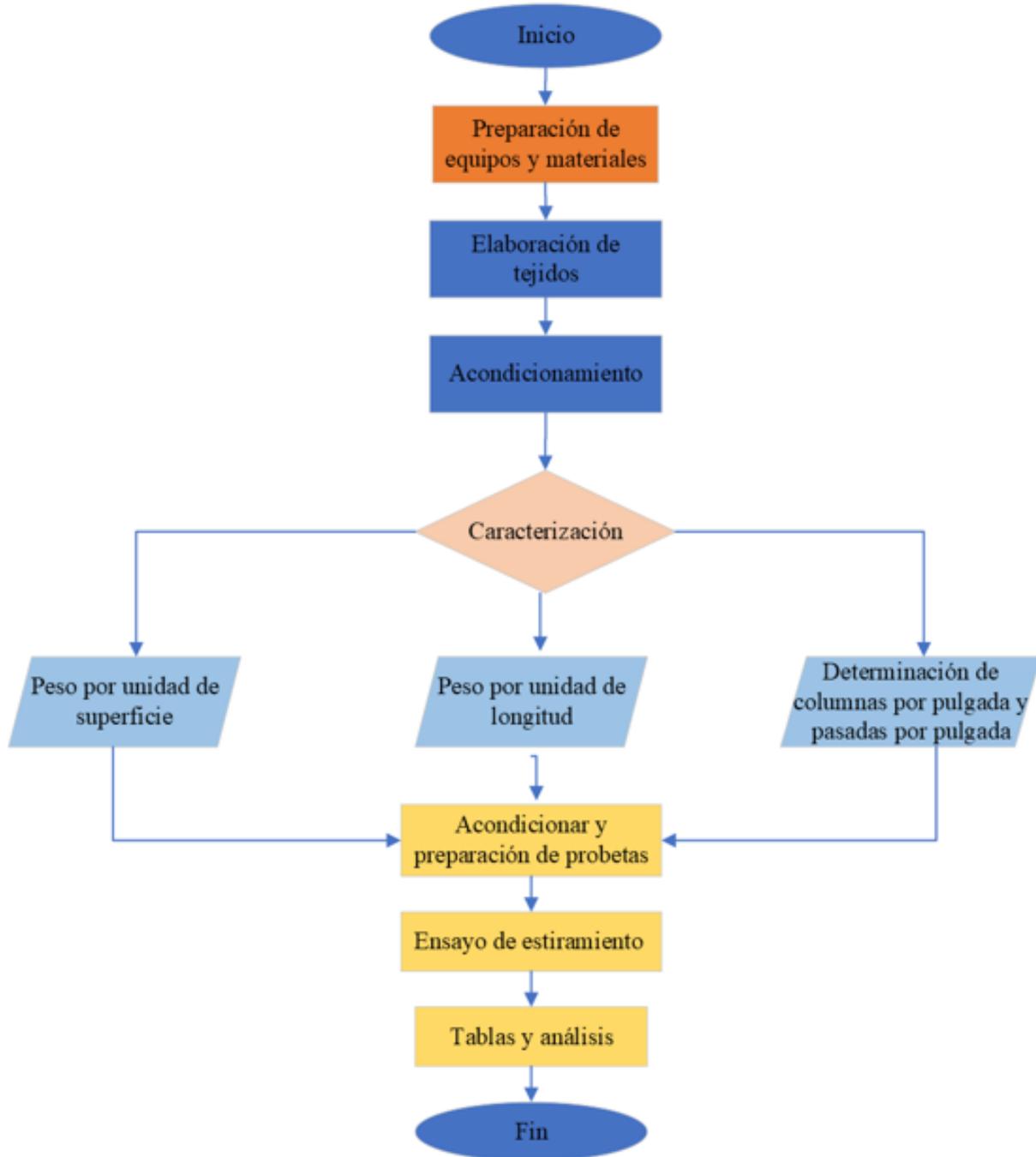
2.3 Flujogramas

2.3.1 Flujograma general

El flujograma presentado en la **Figura 8** se ilustra el proceso general para el análisis de la densidad del tejido interlock 100% acrílico, detallando las variables investigadas.

Figura 7

Flujograma general del ensayo a la recuperación al estiramiento



Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Flujograma muestral

A continuación, la **Figura 9** muestra las variables del tejido de punto interlock 100% acrílico basadas en cinco puntadas los cuales se deben acondicionar cada muestra durante 24 horas antes de realizar los ensayos en el dinamómetro.

Figura 8

Flujograma muestral de la densidad del tejido interlock



Fuente: Elaboración propia

2.4 Equipos y materiales

2.4.1 Máquina de tejido de punto rectilínea, galga 12

La máquina de tejido de punto por trama usada en esta investigación, está diseñada específicamente para la fabricación de abrigos empleando hilos de acrílico, así como con una amplia variedad de productos con diferentes hilos. Es capaz de trabajar con diversos tipos de ligamentos, incluyendo jersey, piqué, interlock, rib, canalé y trenzados. Esta máquina permite realizar diferentes puntadas con densidad variable a lo largo de la misma línea de tejido. Las principales características técnicas de la máquina son las siguientes:

Tabla 1

Características de la máquina rectilínea de tejido de punto por trama

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Máquina:	CIXING
Pantalla:	Táctil
Modelo:	CX2-5
Sistema de tejido:	De dos carros
Velocidad máxima:	1,60 m/s
Software de diseño:	HENQUIANG
Galga:	No 12
Altura:	166 cm
Ancho:	80 cm
Peso:	780 kg
Voltaje:	220 V
Área de tejido:	52 pulgadas
Fontura:	Acero inoxidable
Año:	2022
Temperatura trabajo:	15 °C-28 °C



Fuente: (Cixing, 2022).

2.4.2 Equipo de laboratorio dinamómetro

El equipo es un probador de fuerzas utilizado para realizar ensayos textiles en tejidos de punto, no tejidos, tejidos planos, juguetes, hilos, entre otros materiales. Este dispositivo almacena en su base de datos una extensa normativa para diversos ensayos de laboratorio, incluyendo la

norma ASTM D 6614: 2015, que especifica el método de prueba para las propiedades de estiramiento de las telas. A continuación, se describen las características de la máquina:

Tabla 2

Características del dinamómetro

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo:	Titan 5
Casa comercial:	James Heal
Software:	Test Wise
Mordazas:	T 27
Velocidad	300 mm/min
Tipo:	CRE
Capacidad de carga;	Hasta 5000 N
Ancho:	40 cm
Altura:	133,9 cm
Profundidad:	56,8 cm
Peso:	82 kg
Voltaje:	110 V
Presión:	7-10 Bar



Fuente: (James Heal, 2014).

2.4.3 Lupa graduada

Es una herramienta de medición empleada principalmente para observar detalles diminutos que no son visibles a simple vista. Su uso común incluye la contabilidad de hilos por pulgada, utilizando la escala de medición situada en la parte inferior de la lupa, de tamaño plegable, lo que permite su transporte en el bolsillo con un aumento de 10x. Adecuados para análisis textiles. A continuación se describe las características de la lupa (Castro Introini, 2015).

Tabla 3*Características de la lupa textil*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Material:	Aluminio
Lente:	Vidrio
Diseño:	Plegable
Área de medición:	2,54 cm
Aumento:	10 x
Tamaño abierto:	5,2 x 3,7 x 5 cm
Tamaño plegable:	5,2 x 3,7 x 1,2 cm
Color:	Negro



Fuente: (JRZTC, 2024).

2.4.4 Agujas de disección

Este instrumento está diseñado para separar tejidos delicados que no son fácilmente visibles a simple vista. Su propósito es prevenir desgarros en el tejido durante la intervención con la aguja, gracias a la forma especializada de sus puntas afiladas. A continuación las características de la aguja (Cirugía menor, 2016).

Tabla 4*Características de la aguja*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Mango:	Metálico
Punta:	Fina
Longitud de la aguja :	4 cm
Longitud total:	14 cm
Peso:	6 g
Material:	Acero inoxidable



Fuente: (QuercusLab, 2014).

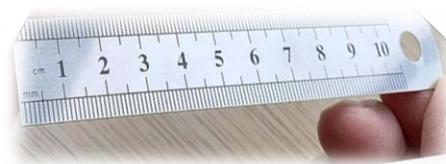
2.4.5 Regla graduada

Es una herramienta de medición con forma rectangular, fabricada en acero inoxidable, que presenta líneas grabadas en ambos bordes transversales. Estas líneas están marcadas en milímetros o pulgadas, utilizadas para medir o trazar distancias que correspondan a la longitud total de la regla, en el siguiente cuadro podemos observar las características de la regla (Porto & Gardey, 2014).

Tabla 5

Características de la regla

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Material:	Acero inoxidable
Largo:	13 cm
Área de medición:	10 cm
Ancho:	4 cm
Escala de medición:	cm y pulg
Presición:	1 mm



Fuente: (Anboo, 2023).

2.4.6 Balanza de precisión

Es una balanza de pesaje digital diseñada para mediciones precisas, por lo que no debe exponerse a cargas excesivas de manera continua, ya que esto puede afectar su configuración y precisión. Es crucial evitar realizar pesajes superiores a 310 gramos. Antes de cada uso, se recomienda calibrar y tarar la balanza, así como verificar su ensamblaje, para asegurar la exactitud de las mediciones, en el siguiente cuadro se puede observar las características de la balanza (Radwag, 2023).

Tabla 6*Características de la balanza digital*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca:	Radwag
Capacidad máxima:	310 g
Calibración:	Automática
Pantalla:	LCD
Puerta de cámara:	Manual
Conectividad:	USB
Presición:	0,1 mg



Fuente: (Radwag, 2023).

2.4.7 Cortadora circular

La cortadora circular está fabricada en acero inoxidable y está diseñada para cortar muestras de 100 cm², con una capacidad de corte de hasta 10 mm de grosor como se observa en la **Figura 10**. Este dispositivo se emplea principalmente para determinar el peso en gramos de diversos tipos de tejidos y materias primas, incluyendo tejido de punto, tejido plano, no tejido de algodón, seda, lana, cuero y papel de aluminio, entre otros (James Heal, 2022).

Figura 9

Cortadora circular

Fuente: Elaboración propia

2.4.8 Mesa de corte

Es un implemento, con una superficie lisa para evitar el desgaste anormal de la cortadora. Es fundamental que esta superficie esté nivelada y fija para prevenir deslizamientos del tejido, lo cual facilita el tendido de la tela y asegura un corte y trazado preciso de las piezas. Las mesas para este propósito están fabricadas en madera con una base estable para el proceso de corte (FADU-UBA, 2012).

Tabla 7

Características de la mesa de corte

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Altura:	80 cm
Ancho:	180 cm
Largo:	240 cm
Base:	Metálico
Material:	Madera



Fuente: Elaboración propia

2.4.9 Hilo 100 % acrílico

A continuación, se detallan las características del hilo acrílico empleado para el proceso de tejido. El cual se utilizó para los ensayos en el laboratorio, utilizando el dinamómetro como herramienta de medición.

La **Tabla 8** presenta las especificaciones del hilo acrílico, donde se detallan aspectos como la torsión del hilo, el título, la composición del material, el color, las torsiones por metro y el gramaje.

Tabla 8*Características del hilo acrílico (Pac).*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Composición:	100 % acrílico	Muestra
Título del hilo:	2/29 Nm	
Torsiones por metro:	336	
Sentido de la torsión:	Z	
Color:	Azul Z26	

Fuente: Elaboración propia

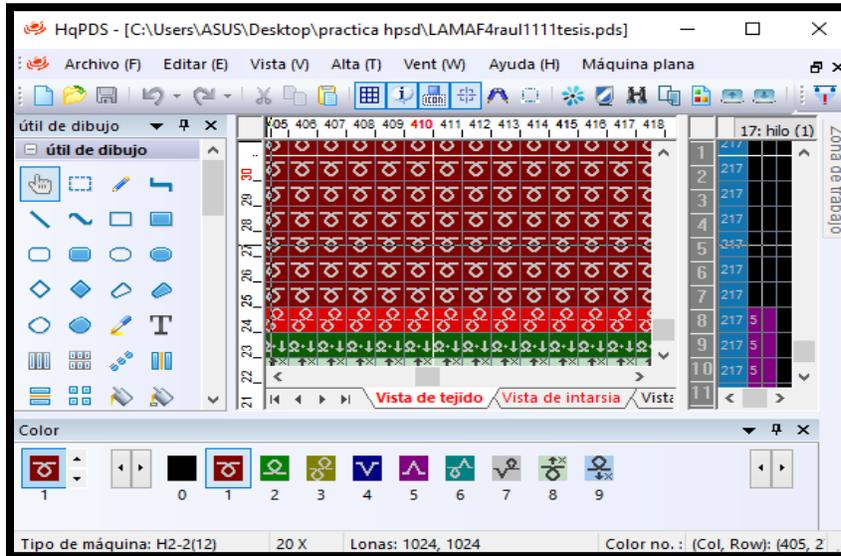
2.5 Procedimiento

Concluida la caracterización del hilo acrílico 100 % se procede con la elaboración del tejido, para lo cual, primero se elaboró el diseño del tejido siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- a) Encender el computador e iniciar el software HENQUIANG
- b) Se inicia un nuevo archivo y se seleccionan los parámetros de tejido, como en número de sistema, tipo de aguja, el ancho de la máquina y el número aproximado de agujas.
- c) En la pantalla superior izquierda, se selecciona la opción lista de arte de la barra de herramientas.
- d) Se llenan los parámetros del diseño como el número total de agujas para el ancho y el número de pasadas para el largo del tejido.
- e) Se selecciona el tipo de diseño interlock y se guardan los archivos.
- f) Elaboración del diseño como se muestra en la siguiente **Figura 11**.

Figura 10

Diseño de tejido interlock en el programa HENQUIANG



Fuente: Elaboración propia

2.5.1 Proceso de tejido

Para iniciar el proceso de tejido, se transfirió el diseño, compuesto por 549 x 950 agujas, desde el programa a la máquina mediante una memoria USB. Una vez cargado el archivo en la máquina, se ajustaron algunos parámetros, como la puntada y la densidad inicial, estableciéndolos en 250, y la velocidad en un 20%. Esto permitió la producción de una pieza de tejido de un metro de ancho por un metro de largo en un tiempo de 90 minutos para la primera muestra como se observa en la **Figura 12**. Posteriormente, se procedió a realizar las pruebas con diferentes configuraciones de puntada, variando entre 275, 300, 325 y 350, para cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 6614:2015. Estas variaciones se realizaron directamente en la máquina. Adicionalmente, la velocidad de producción puede ser ajustada para acelerar o ralentizar el proceso de tejido, según sea necesario.

Figura 11

Proceso de tejido en la máquina galga 12.



Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 9** presenta los parámetros de producción, destacando la relación directa entre la puntada y la velocidad. A medida que aumentan la velocidad y la densidad de la puntada, se incrementa la capacidad de producción, lo que permite completar las tareas en un menor tiempo.

Tabla 9

Parámetros de producción en la máquina.

Muestra	Puntada	Pasadas	Eficiencia	Tiempo	Longitud	Ancho	Área
		/minuto	%	(minutos)	(m)	(m)	(m²)
1	250	15	20	90	0.56	0.891	0.498
2	275	18	25	74	0.70	0.892	0.624
3	300	22	30	60	0.82	0.902	0.739
4	325	30	40	40	0.97	0.903	0.875
5	350	38	50	30	1.07	0.922	0.986

Fuente: Elaboración propia

2.6 Pruebas de laboratorio

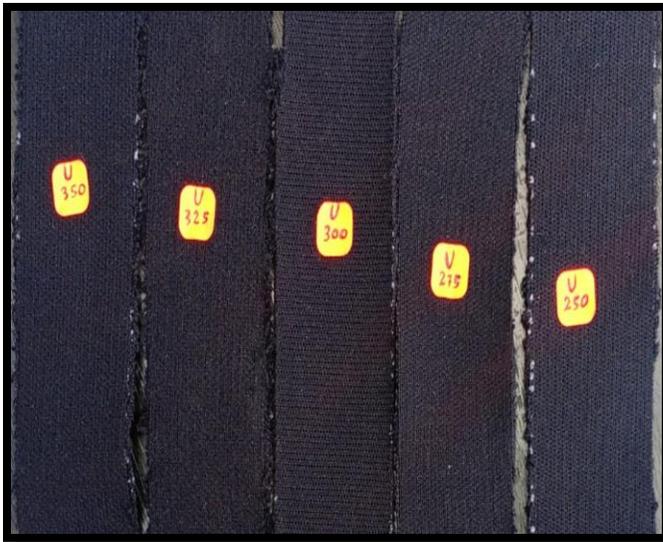
Una vez obtenidas las muestras de tejidos de los diferentes grupos de puntadas, se procede con las respectivas pruebas en el laboratorio.

2.6.1 Prueba de estiramiento en el equipo dinamómetro acorde a ASTM D 6614-07:2015 (Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de las telas textiles)

- a) Se acondicionó durante 24 horas el tejido para que el área recupere su estabilidad dimensional luego del proceso de tejido.
- b) Se prepararon dos muestras en sentido longitudinal y dos en sentido transversal de 40×5 cm de cada grupo de puntadas, como se muestra en la **Figura 13**.

Figura 12

Muestras longitudinales



Fuente: Elaboración propia

- c) Se encendió el computador, seguido por la activación del dinamómetro y del sistema de aire comprimido. Una vez completado este procedimiento, se inició el programa Test Wise en el computador y se seleccionó la norma ASTM D 6614:2015 con un rango de 300 mm.

- d) Para iniciar las pruebas en el dinamómetro, se completó el formulario de datos, que incluye el nombre del ensayo y del usuario. La calibración de la máquina se realiza automáticamente siguiendo la normativa establecida, con una distancia entre las mordazas de 250 mm, que se utilizan para el agarre y la correcta ubicación del tejido, como se ilustra en la **Figura 14**.

Figura 13

Ubicación de muestras en el dinamómetro



Fuente: Elaboración propia

- e) En la primera fase, se llevó a cabo el estiramiento de la tela, aplicando una fuerza de 1814 gf a una velocidad de 300 mm/minuto hasta alcanzar su elongación máxima, como se ilustra en la **Figura 15**. Posteriormente, se mantuvo la carga durante 5 minutos. Tras este intervalo, las mordazas se reajustaron a su posición inicial de 250 mm y se permitió la relajación de la tela durante 5 minutos adicionales. Luego de este periodo, la tela se estiró nuevamente a una velocidad de 50 mm/minuto para recuperar únicamente la longitud incrementada previamente. Una vez completada la recuperación, las mordazas se prepararon para iniciar el siguiente ensayo.

f) Se calculó el estiramiento y crecimiento de la tela según la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación 1 \% estiramiento \% } [(B-A) / A] \times 100. \quad (1)$$

$$\text{Ecuación 2 \% crecimiento \% } [(C-A) / A] \times 100. \quad (2)$$

A = Distancia inicial entre mordaza.

B = Distancia entre mordaza durante el estiramiento.

C = Distancia luego de eliminar la holgura.

Figura 14

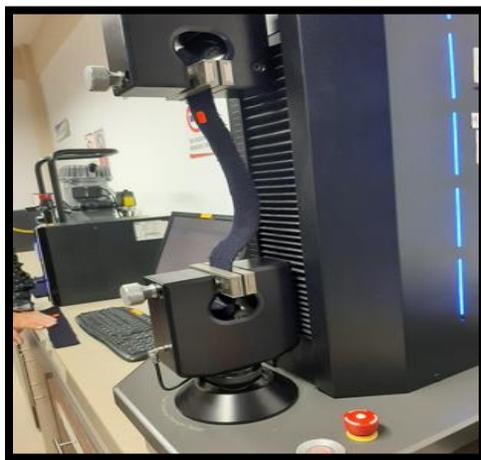
Proceso de estiramiento y crecimiento en el dinamómetro



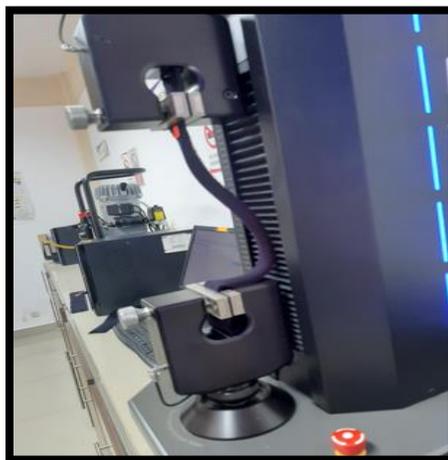
A



B



C



D

Nota: En el literal A se detalla la ubicación de la muestra a una distancia de 250 mm. El literal B presenta el estiramiento generado bajo una fuerza de 1814 gf. En el literal C se ilustra el

estiramiento asociado con la holgura del tejido. Finalmente, el literal D muestra el incremento en el tamaño del tejido.

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 10**, se indican los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, donde A (distancia inicial entre mordaza), B (distancia entre mordaza durante el estiramiento) y C (distancia luego de eliminar la holgura).

Tabla 10

Parámetros del ensayo en el dinamómetro

Puntada	Probeta	Sentido	A (distancia inicial entre mordaza)	B (distancia entre mordaza durante el estiramiento)	C (distancia luego de eliminar la holgura)
250	1	Longitudinal	250 mm	378.925 mm	317.825 mm
	2	Longitudinal		380.3 mm	319.65m
	1	Transversal		280.6 mm	261.9 mm
	2	Transversal		284.25 mm	264.5 mm
275	1	Longitudinal	250 mm	388.95 mm	318.8 mm
	2	Longitudinal		380.775 mm	312.75 cm
	1	Transversal		311.8 mm	274.625 mm
	2	Transversal		309.1 mm	272.5 mm
300	1	Longitudinal	250 mm	369.175 mm	301.5 mm
	2	Longitudinal		370.23 mm	302.275 mm
	1	Transversal		344.175 mm	282.95 mm
	2	Transversal		346.125 mm	282.9 mm
325	1	Longitudinal	250 mm	371.05 mm	296.875 mm
	2	Longitudinal		368.1 mm	295.75 mm
	1	Transversal		394.425 mm	301.75 mm
	2	Transversal		383.85 mm	298.6 mm
350	1	Longitudinal	250 mm	370.9 mm	289.375 mm
	2	Longitudinal		371.775 mm	291.8 mm
	1	Transversal		432.75 mm	317.075 mm
	2	Transversal		427.425 mm	313.825 mm

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Prueba de determinación del número de columnas e hiladas del tejido de punto por trama según la norma ASTM D 8007-15:2019

- a) Se realizó el tendido del tejido sobre la mesa de corte.
- b) Sin necesidad de efectuar cortes, se llevó a cabo el conteo de las columnas por pulgada utilizando una lupa, realizando tres lecturas en diferentes áreas del tejido para asegurar la precisión.
- c) Por último, se calculó la media del conteo de columnas e hilos en la sección transversal, expresándola en columnas por pulgada en la sección longitudinal, y para la parte transversal se expresa en pasadas por pulgada.

En la **Tabla 11** se presenta el conteo de columnas por pulgada (Col/pulg) para tejidos de punto interlock, utilizando 20 probetas.

Tabla 11

Número de columnas por pulgadas y por centímetro en sentido longitudinal en base a las muestras

Muestras	Sentido	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Unidad de
1	Longitudinal	15	15	16	16	16	Col/pulg.
2		15	15	16	16	16	Col/pulg.
3		15	15	16	16	16	Col/pulg.
4		15	15	16	16	16	Col/pulg.
5		15	15	16	16	16	Col/pulg.
Promedio		15	15	16	16	16	Col/pulg.
		6	6	6	6	6	Col/cm.

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 12** se presenta la caracterización del tejido de punto interlock, expresada en pasadas por pulgada (Pas/pulg).

Tabla 12

Número de pasadas por pulgadas y por centímetro en sentido transversal en base a las muestras

Muestras	Dirección	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Unidad de medida
		250	275	300	325	350	
1	Transversal	76	66	56	54	40	Pas/pulg
2		79	65	58	50	46	Pas/pulg.
3		76	66	57	49	45	Pas/pulg.
4		75	66	57	50	42	Pas/pulg.
5		77	65	58	50	42	Pas/pulg.
Promedio		77	66	57	51	43	Pas/pulg.
		30	26	23	20	17	Pas/cm.

Fuente: Elaboración propia

2.6.3 Prueba de la determinación del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área acorde a ISO 3801:1997

Peso por unidad de longitud

- a) Se a condicionó durante 24 horas el tejido para que el área recupere su estabilidad dimensional.
- b) Se tendieron las 20 muestras sobre la mesa de corte para realizar las mediciones de las muestras.
- c) Se realizaron las mediciones de ancho y largo de las 20 muestras con la ayuda de una regla y se anotaron los datos para realizar los respectivos cálculos.

- d) Se realizó el pesaje de cada muestra en la balanza de precisión y se anotó el peso de cada uno.
- e) Con los datos anotados se realizaron los cálculos para determinar el peso por unidad de longitud, para lo cual se divide el peso sobre la longitud de la muestra.

La **Tabla 13** muestra la preparación de las probetas. El peso del tejido en gramos se divide entre la longitud de la muestra en metros, de acuerdo con la norma ISO 3801:1997.

Tabla 13

Cálculo del peso por unidad de longitud en base a las muestras

Puntada	Probeta	Dirección	Longitud (m)	Gramos (g)	Peso por unidad de longitud (g/m)
250	1	Longitudinal	0,4	14,5	36,2
	2	Transversal	0,4	14,5	36,2
275	1	Longitudinal	0,4	12,8	32
	2	Transversal	0,4	13,35	33,3
300	1	Longitudinal	0,4	12,3	30,75
	2	Transversal	0,4	12,05	30,1
325	1	Longitudinal	0,4	10,98	27,45
	2	Transversal	0,4	10,65	26,6
350	1	Longitudinal	0,4	9,95	24,87
	2	Transversal	0,4	10,175	25,43

Fuente: Elaboración propia

Peso por unidad de área

- a) Se tendió el tejido sobre la mesa de corte.
- b) Con la ayuda de la cortadora circular de 100 cm² se realizó el corte de cinco piezas de cada puntada.
- c) Se realizó el proceso de pesaje de cada muestra y su tabulación respectiva.

- d) Se realizó el cálculo de la media a partir de los datos obtenidos de cada muestra, redondeando el resultado al valor entero superior más cercano.
- e) Calcular la masa por unidad de área (m.u.a.) en gramos por metro cuadrado (g/m^2), usando la fórmula: $\text{m.u.a.} = m \times 100$, donde m es el resultado medio obtenido de las 5 muestras pesadas.

En la **Tabla 14** se presentan las diversas puntadas empleadas para determinar la masa en gramos por metro cuadrado (g/m^2) de cada tejido utilizando una cortadora circular de 100 cm^2 .

Tabla 14

Cálculo del peso por unidad de área (mua) en base a las muestras

Muestras	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350	Unidad de medida
1	596	543	507	449	424	g/m^2
2	613	538	505	460	425	g/m^2
3	592	524	498	459	430	g/m^2
4	590	530	490	458	429	g/m^2
5	608	531	492	463	424	g/m^2
Mua	600	533	498	458	426	g/m^2

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras la realización de los ensayos de estiramiento y crecimiento del tejido en el laboratorio. Estos ensayos se llevaron a cabo sometiendo el tejido a una fuerza de 1814 g, conforme a la norma ASTM D 6614:2015, utilizando un dinamómetro. Además, se efectuó la caracterización del tejido posterior a los ensayos, siguiendo las especificaciones de las normas ASTM D 8007-15:2019 e ISO 3801:1997.

3.1 Tabla de resultados

A continuación, se presentan las tablas que detallan los ensayos realizados sobre diversos tipos de tejidos. Para estos ensayos, se emplearon cinco clases de puntadas, numeradas de 250, 275, 300, 325 a 350, de acuerdo con la norma ASTM D 6614:2015. Se prepararon dos muestras para cada clase de puntadas, una en sentido longitudinal y otra en sentido transversal, resultando en un total de 20 muestras utilizadas para evaluar el estiramiento del tejido.

3.1.1 Tabla de resultados de la densidad del número de columnas e hiladas del tejido de punto por trama

En la **Tabla 15** se presenta el número de columnas por pulgada (col/pulg) de las muestras cortadas en sentido vertical del tejido, conforme a la norma ASTM D 8007-15:2019, que especifica el recuento de hilos en tejidos de punto por trama, después del proceso de crecimiento.

Tabla 15

Números de columnas por pulgadas y por centímetro posterior al ensayo en sentido longitudinal

Sentido	Sentido	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Unidad de medida
		250	275	300	325	350	
Vertical	Longitudinal	17	17	16	16	16	col/pulg.
		7	7	6	6	6	col/cm.
Horizontal		16	16	15	15	15	col/pulg.
		6	6	6	6	6	col/cm.

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 16** se detallan las pasadas por pulgada (Pas/pulg) de las muestras cortadas en sentido horizontal del tejido de acuerdo con la norma ASTM D 8007-15E1:2019, que especifica el recuento de hilos para tejidos de punto por trama. Esta información se obtiene tras realizar el ensayo en un dinamómetro, utilizando cinco puntadas y un total de 20 probetas.

Tabla 16

Número de pasadas por pulgada y por centímetro posterior al ensayo en sentido transversal.

Sentido	Sentido	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Puntada	Unidad de medida
		250	275	300	325	350	
Vertical	Transversal	69	63	52	48	43	Pas/pulg.
		71	61	52	48	43	Pas/pulg.
Promedio		70	62	52	48	43	Pas/pulg.
		27	24	21	19	17	Pas/cm.
Horizontal		76	65	65	52	46	Pas/pulg
		84	70	62	57	48	Pas/pulg
Promedio		80	67	63	54	47	Pas/pulg
		31	26	25	21	18	Pas/cm.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Tabla de resultados del peso por unidad de longitud y peso por unidad de área

En la **Tabla 17** se presenta el peso por unidad de longitud para lo cual se divide el peso sobre la longitud.

Tabla 17

Peso por unidad de longitud, posterior al estiramiento y relajación.

Puntada	Probeta	Sentido	Longitud (m)	Gramos (g)	Peso por unidad de longitud (g/m)
250	1	Longitudinal	0,541	14,8	27,35
	2	Transversal	0,534	14,2	26,59
275	1	Longitudinal	0,584	13,3	22,77
	2	Transversal	0,597	13,4	22,45
300	1	Longitudinal	0,597	12,2	20,43
	2	Transversal	0,592	11,9	20,10
325	1	Longitudinal	0,601	10,9	18,30
	2	Transversal	0,621	10,4	16,74
350	1	Longitudinal	0,617	10,4	16,85
	2	Transversal	0,623	9,95	15,97

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 18**, presenta los resultados del peso por unidad de área de cada muestra, con dimensiones de 10 cm x 10 cm, después de realizar el estiramiento en el dinamómetro.

Tabla 18

Peso por unidad de área, posterior al estiramiento y relajación.

Sentido	Probeta	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350	Unidad de medida
Longitudinal	1	590	515	516	485	410	g/m ²
	2	574	507	519	475	437	g/m ²
Mua		582	511	517	480	423	g/m ²
Transversal	1	664	581	562	497	457	g/m ²
	2	680	594	537	513	459	g/m ²
Mua		672	587	549	505	458	g/m ²

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Tabla de resultados de la prueba del estiramiento de las telas

De acuerdo con la norma ASTM D 6614:2015, se llevaron a cabo ensayos para evaluar el estiramiento y crecimiento del sustrato textil. En estos ensayos, se aplicó una carga de 1814 gf utilizando un dinamómetro, y los resultados se detallan en las tablas siguientes.

En la **Tabla 19** se presentan los estiramientos registrados durante el ensayo, tanto en la dirección longitudinal como en la transversal del tejido, expresados en porcentajes de elongación.

Tabla 19

Estiramiento del tejido durante los ensayos

Sentido	Probeta	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
Longitudinal	1	51,57 %	55,58 %	47,67 %	48,42 %	48,36 %
	2	52,12 %	52,31 %	48,23 %	47,24 %	48,71 %
Promedio		51,84 %	53,94 %	47,95 %	47,83 %	48,53 %
Transversal	1	12,24 %	24,72 %	37,67 %	57,77 %	73,1 %
	2	13,7 %	23,64 %	38,45 %	53,54 %	70,97 %
Promedio		12,97 %	24,18 %	38,06 %	55,65 %	72,04 %

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 20** se presenta el crecimiento registrado tras un período de reposo de cinco minutos, con una distancia de separación de las mordazas de 250 mm.

Tabla 20

Crecimiento del tejido posterior al relajamiento

Sentido	Probeta	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
Longitudinal	1	27,13 %	27,52 %	20,6 %	18,75 %	15,75 %
	2	27,86 %	25,1 %	20,91 %	18,3 %	16,72 %
Promedio		27,49 %	26,31 %	20,75 %	18,53 %	16,23 %
Transversal	1	4,76 %	9,85 %	13,18 %	20,7 %	26,83 %
	2	5,8 %	9 %	13,16 %	19,44 %	25,53 %
Promedio		5,28 %	9,42 %	13,17 %	20,07 %	26,18 %

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Tabla general de los resultados

En las tablas siguientes se presentan los datos generales correspondientes a los ensayos efectuados con el dinamómetro para evaluar el estiramiento y crecimiento de los tejidos. Para facilitar la interpretación de los resultados, se han agrupado todos los datos obtenidos en un conjunto único.

En la **Tabla 21** se presenta un resumen general del estiramiento y crecimiento del tejido en dirección longitudinal, obtenido durante el ensayo en el dinamómetro. La tabla también incluye datos sobre el número de pasadas por pulgada, así como el peso por unidad de longitud y el peso por unidad de área del tejido.

Tabla 21*Tabla general de resultados del estiramiento y crecimiento en sentido longitudinal*

Puntada	Probeta	Sentido	Estiramiento (%)	Crecimiento (%)	Pas/pulg	Peso por unidad longitud (g/m)	Peso por unidad de área (g/m²)
250	1	Longitudinal	51,57	27,13	76	27,35	590
	2		52,12	27,86	84	26,59	574
275	1	Longitudinal	55,58	27,52	65	22,77	515
	2		52,31	25,1	70	22,45	507
300	1	Longitudinal	47,67	20,6	65	20,43	516
	2		48,23	20,91	62	20,10	519
325	1	Longitudinal	48,42	18,75	52	18,30	485
	2		47,24	18,3	57	16,74	475
350	1	Longitudinal	48,36	15,75	46	16,85	410
	2		48,71	16,72	48	15,97	437

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 22** se presenta un resumen general del comportamiento del tejido en términos de estiramiento y crecimiento transversal, obtenido mediante el ensayo en el dinamómetro. La tabla también proporciona datos detallados sobre el número de pasadas por pulgada, así como el peso por unidad de longitud y el peso por unidad de área del tejido.

Tabla 22*Tabla general de resultados del estiramiento y crecimiento en sentido transversal*

Puntada	Probeta	Sentido	Estiramiento (%)	Crecimiento (%)	Pas/pulg	Peso por unidad longitud (g/m)	Peso por unidad de área (g/m²)
250	1	Transversal	12,24	4,76	69	27,35	664
	2		13,7	5,8	71	26,59	680
275	1	Transversal	24,72	9,85	63	22,77	581
	2		23,64	9	61	22,45	594
300	1	Transversal	37,67	13,18	52	20,43	562
	2		38,45	13,16	52	20,10	537
325	1	Transversal	57,77	20,7	48	18,30	497
	2		53,54	19,44	48	16,74	513
350	1	Transversal	73,1	26,83	43	16,85	457
	2		70,97	25,53	43	15,97	459

Fuente: Elaboración propia

3.2 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el laboratorio a partir de los ensayos realizados con el dinamómetro se centraron en las propiedades de estiramiento y crecimiento de las telas. Estos datos fueron tabulados para su análisis utilizando el programa Past 4, que permitió examinar la varianza mediante gráficos estadísticos. Estos gráficos facilitaron la interpretación de los resultados de la investigación.

3.2.1 Análisis de varianza

Para evaluar los resultados de los ensayos, se empleó el software estadístico Past 4. Este software es utilizado para analizar la varianza entre los diferentes grupos de probetas

correspondientes a los tejidos elaborados con distintas puntadas. Su función principal es determinar el grado de homogeneidad de los resultados obtenidos para cada tipo de puntada evaluada.

Figura 15

Determinación de la varianza del estiramiento en sentido longitudinal.

 Univariate statistics

	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
N	2	2	2	2	2
Min	51,57	52,31	47,67	47,24	48,36
Max	52,12	55,58	48,23	48,42	48,71
Sum	103,69	107,89	95,9	95,66	97,07
Mean	51,845	53,945	47,95	47,83	48,535
Std. error	0,275	1,635	0,28	0,59	0,175
Variance	0,15125	5,34645	0,1568	0,6962	0,06125
Stand. dev	0,3889087	2,312239	0,3959798	0,834386	0,2474874
Median	51,845	53,945	47,95	47,83	48,535
25 prcnil	51,57	52,31	47,67	47,24	48,36
75 prcnil	52,12	55,58	48,23	48,42	48,71
Skewness	0	0	0	0	0
Kurtosis	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75
Geom. mean	51,84427	53,92022	47,94918	47,82636	48,53468
Coeff. var	0,7501374	4,28629	0,8258181	1,744483	0,5099153

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 16** se presentan los datos analizados del estiramiento en el Past 4, destacándose tres métricas clave: el coeficiente de variación (CV), la media (M) y la desviación estándar (DS). El coeficiente de variación más alto se observa en la puntada 275 (CV = 4,28), indicando una alta variabilidad relativa a la media (M = 53.94). Esta puntada presenta la mayor media entre las cinco evaluadas. Por otro lado, la media más baja se encuentra en la puntada 325 (M = 47.83). En contraste, el coeficiente de variación más bajo se registra en la puntada 350 (CV = 0.50), lo que sugiere una variabilidad del 0.50 % respecto a su media aritmética (M = 48.53), evidenciando una dispersión significativamente menor en comparación con la puntada 275. En el

análisis, observamos que la desviación estándar más alta se presenta en la puntada 275 ($DS = 2,31$), lo cual indica una mayor variación con respecto a la media aritmética ($M = 53,94$). En contraste, la desviación estándar más baja se encuentra en la puntada 350 ($DS = 0,24$), con una media aritmética de ($M = 48,53$). Al examinar el coeficiente de variación (CV) de las puntadas 250, 275, 300, 325 y 350, se obtiene una media aritmética del ($CV = 1,62$), siendo la puntada 325 la que presenta un ($CV = 1,74$), lo que representa una diferencia de ($CV=0,12$) en comparación con la media. De manera similar, la media aritmética de la desviación estándar es de ($DS = 0,83$), aproximándose a la puntada 325 ($DS = 0,83$) con una diferencia de ($DS=0,0014$). Además, la media aritmética de las medias aritméticas más baja se localiza en la puntada 325 ($M=47,83$) de las puntadas es de ($M = 50,21$), cercana a la puntada 350 ($M = 48,53$), con una diferencia de 1,48. Estos resultados indican que la puntada 325 muestra un estiramiento inferior en comparación con las demás puntadas.

Figura 16

Determinación de la varianza del estiramiento en sentido transversal.

Univariate statistics

	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
N	2	2	2	2	2
Min	12,24	23,64	37,67	53,54	70,97
Max	13,7	24,72	38,45	57,77	73,1
Sum	25,94	48,36	76,12	111,31	144,07
Mean	12,97	24,18	38,06	55,655	72,035
Std. error	0,73	0,54	0,39	2,115	1,065
Variance	1,0658	0,5832	0,3042	8,94645	2,26845
Stand. dev	1,032376	0,7636753	0,5515433	2,991062	1,506137
Median	12,97	24,18	38,06	55,655	72,035
25 prcntil	12,24	23,64	37,67	53,54	70,97
75 prcntil	13,7	24,72	38,45	57,77	73,1
Skewness	0	0	0	0	0
Kurtosis	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75
Geom. mean	12,94944	24,17397	38,058	55,6148	72,02713
Coeff. var	7,959722	3,158293	1,449142	5,374291	2,090841

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 17** se presentan los datos analizados del estiramiento transversal del tejido después de una relajación de 24 horas. Los puntos de análisis incluyen el coeficiente de variación (CV), la desviación estándar (DS) y la media (M). El CV más bajo se observó en la puntada 300 (CV = 1,44), comparado con la puntada 250 (CV = 7,95) y la puntada 325 (CV = 5,37). La puntada 325 (DS = 2,99) mostró el DS más alto (DS = 2,99), mientras que la puntada 300 tuvo el valor más bajo (DS = 0,55). La media más alta se registró en la puntada 350 (M= 72,03), seguida de la puntada 325 (M = 55,65), siendo la puntada 250 la que tuvo la media más baja (M = 12,97). Comparando la media de los datos de la **Figura 16** (M = 47,83) con la de la **Figura 17** (M = 55,65), se observa una diferencia de (M = 7,82), lo que indica que la puntada 325 tiene un estiramiento similar en sentido longitudinal y transversal.

Figura 17

Determinación de la varianza del crecimiento en sentido longitudinal.

 Univariate statistics

	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
N	2	2	2	2	2
Min	27,13	25,1	20,6	18,3	15,75
Max	27,86	27,52	20,91	18,75	16,72
Sum	54,99	52,62	41,51	37,05	32,47
Mean	27,495	26,31	20,755	18,525	16,235
Std. error	0,365	1,21	0,155	0,225	0,485
Variance	0,26645	2,9282	0,04805	0,10125	0,47045
Stand. dev	0,516188	1,711198	0,2192031	0,3181981	0,6858936
Median	27,495	26,31	20,755	18,525	16,235
25 prcnil	27,13	25,1	20,6	18,3	15,75
75 prcnil	27,86	27,52	20,91	18,75	16,72
Skewness	0	0	0	0	0
Kurtosis	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75
Geom. mean	27,49258	26,28216	20,75442	18,52363	16,22775
Coeff. var	1,877388	6,503985	1,056146	1,717668	4,224783

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 18** se presentan los datos analizados del crecimiento longitudinal en el Past 4. Los puntos clave considerados son el coeficiente de variación (CV), la media (M) y la desviación

estándar (DS). El coeficiente de variación más alto se encuentra en la puntada 275 (CV = 6,50), indicando una variabilidad baja en relación con la media (M=26,31). Esto implica una dispersión del 6,50 % respecto a la media. El coeficiente de variación más bajo se observa en la puntada 300 (CV = 1,05) y en la puntada 325 (CV = 1,71). La desviación estándar más alta se registra en la puntada 275 (DS = 1,71), sugiriendo que cuanto más cercana a cero sea la desviación estándar, menor será la variación respecto a la media aritmética (M=26,31). La desviación estándar más baja se encuentra en la puntada 300 (DS = 0,219) y en la puntada 325 (DS = 0,31). La media más baja se observa en la puntada 325 (M=18,52) y en la puntada 350 (M=16,23). Analizando las puntadas 250, 275, 300, 325 y 350, se determina que las puntadas 300, 325 y 350 presentan menor dispersión en comparación con las otras puntadas, indicando un crecimiento y variación mínimos en estas puntadas.

Figura 18

Determinación de la varianza del crecimiento en sentido transversal.

Univariate statistics

	Puntada 250	Puntada 275	Puntada 300	Puntada 325	Puntada 350
N	2	2	2	2	2
Min	4,76	9	13,16	19,44	25,53
Max	5,8	9,85	13,18	20,7	26,83
Sum	10,56	18,85	26,34	40,14	52,36
Mean	5,28	9,425	13,17	20,07	26,18
Std. error	0,52	0,425	0,01	0,63	0,65
Variance	0,5408	0,36125	0,0002	0,7938	0,845
Stand. dev	0,7353911	0,6010408	0,01414214	0,8909545	0,9192388
Median	5,28	9,425	13,17	20,07	26,18
25 prcnil	4,76	9	13,16	19,44	25,53
75 prcnil	5,8	9,85	13,18	20,7	26,83
Skewness	0	0	0	0	0
Kurtosis	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75
Geom. mean	5,254332	9,415413	13,17	20,06011	26,17193
Coeff. var	13,92786	6,37709	0,1073814	4,439235	3,511225

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 19** se presentan los datos analizados del crecimiento transversal del tejido interlock después de un período de relajación de 24 horas. Los puntos de análisis considerados fueron el coeficiente de variación (CV), la desviación estándar (DS) y la media (M). Como primer punto de análisis, se observa que el CV de la puntada 300 es (CV=0,10), el de la puntada 325 es de (CV=4,43) y el de la puntada 350 es de (CV=3,51), identificándose estos valores como los más bajos en comparación con la puntada 250, que presenta un (CV=13,92). Se observa que el valor más alto de desviación estándar (DS) corresponde a la puntada 350 con (DS = 0,91), seguido de la puntada 325 con (DS = 0,89). El valor más bajo de la desviación estándar (DS = 0,014) se encuentra en la puntada 300. La media más alta esta en la puntada 350 con (M = 26,18), seguida de la puntada 325 con (M = 20,07), mientras que la media más baja se encuentra en la puntada 250 con (M = 5,28). Analizando la media de los datos de la **Figura 18** (M=18,52) y la media de la **figura 19** (M = 20,07), se determina que la puntada 325 presenta un crecimiento similar en ambas direcciones.

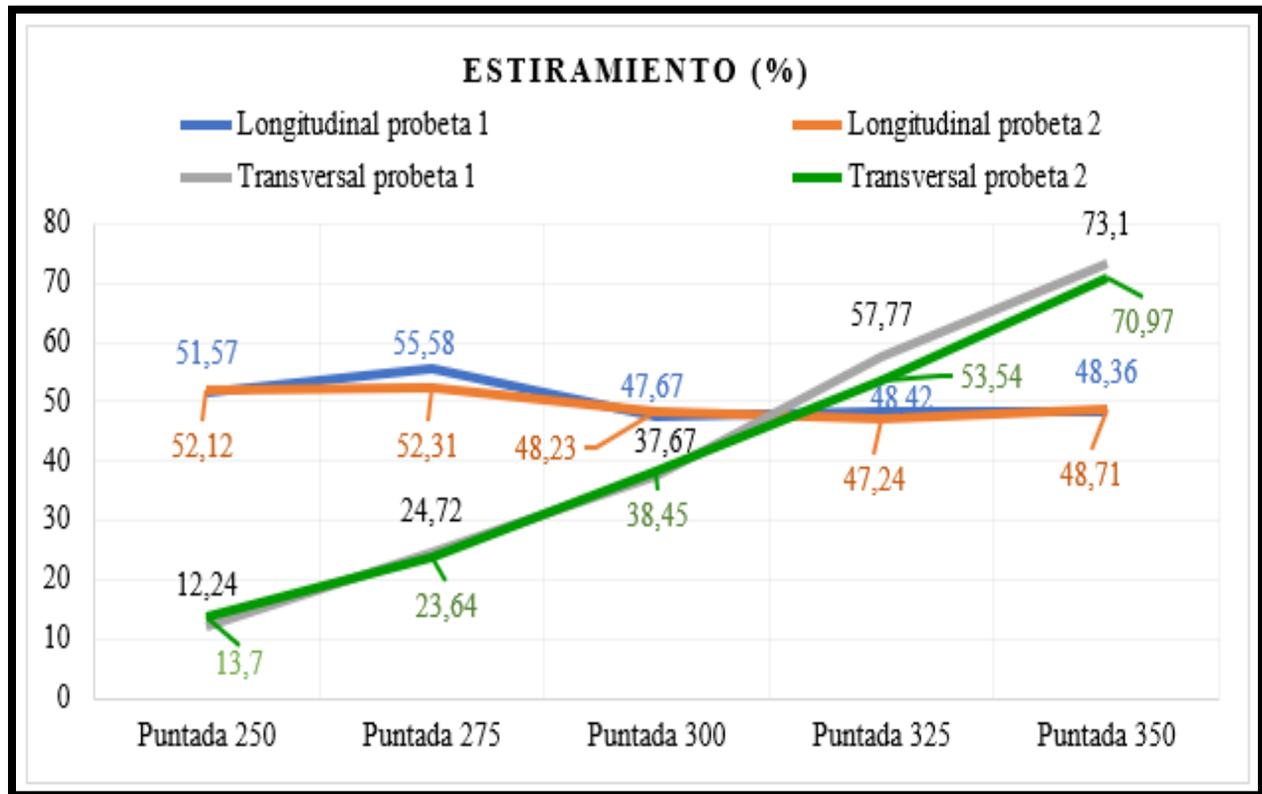
3.2.2 Análisis de resultados

En la **Figura 20** se presenta el estiramiento máximo registrado durante el ensayo en el dinamómetro para las cinco puntadas analizadas. El estiramiento se realizó hasta 1814 gf a una velocidad de 300 mm/min durante 5 minutos. El diagrama de líneas muestra los resultados de las 20 muestras analizadas, que incluyen 2 probetas en sentido longitudinal y 2 probetas en sentido transversal para cada tipo de puntada. En el análisis de las probetas en sentido longitudinal, se observa que la puntada 250 de la probeta 1 muestra un estiramiento del 51,57 %, mientras que la puntada 350 presenta un estiramiento del 48,36 %, con una variación del 3,21 %. Un patrón similar se encuentra en la probeta 2, con una variación del 3,41 %. En el sentido transversal, la

probeta 1 muestra un estiramiento del 12,24 % en la puntada 250 y del 73,1 % en la puntada 350, lo que forma una línea inclinada de aproximadamente 40°, con una diferencia total del 60,86 %.

Figura 19

Resultados del estiramiento longitudinal y transversal



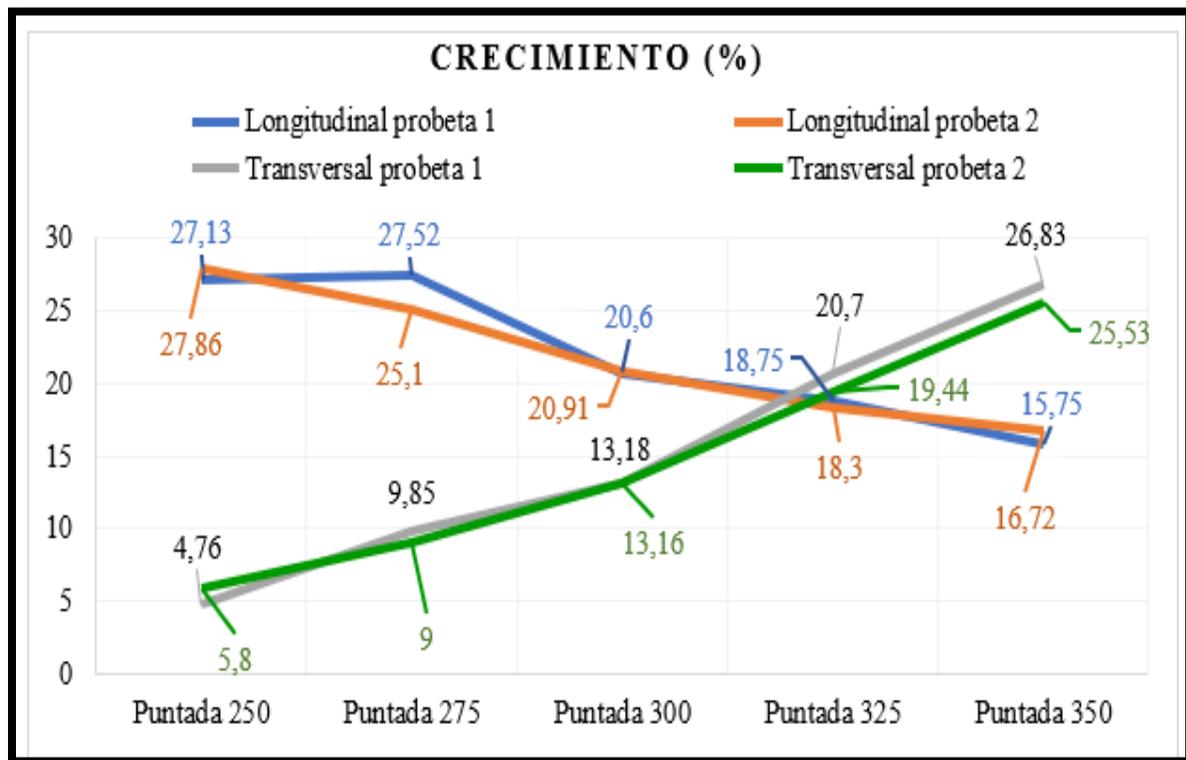
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 21** se muestra el crecimiento de las puntadas 250, 275, 300, 325 y 350 tras el relajamiento. El diagrama de líneas revela que, en la sección longitudinal, la probeta 1 de la puntada 250 presenta un crecimiento del 27,13 %, el cual disminuye a medida que aumenta el número de puntada. Este crecimiento se reduce hasta un 15,75 % en la puntada 350, con una diferencia de 11,38 %. Un comportamiento similar se observa en la probeta 2, que muestra una diferencia de 11,38 %. En el sentido transversal, la probeta 1 de la puntada 250 presenta un

crecimiento del 4,76 %, el cual aumenta a medida que se incrementa el número de puntada, alcanzando un 26,8 % en la puntada 350. Entre todas las probetas, se observa que en la puntada 325 las cuatro muestras se intersectan con una variación mínima del 1,95 % entre la probeta 1 en la sección longitudinal y transversal, y una diferencia de 1,14 % en la probeta 2. Esto indica que la puntada 325 es la más adecuada, ya que ofrece un crecimiento uniforme en ambas direcciones. En la sección longitudinal, el crecimiento varía de 18,75 % a 18,3 % para la probeta 1 y de 20,7 % a 19,44 % para la probeta 2 en la sección transversal

Figura 20

Resultados del crecimiento longitudinal y transversal



Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Análisis de la tabla general de resultados

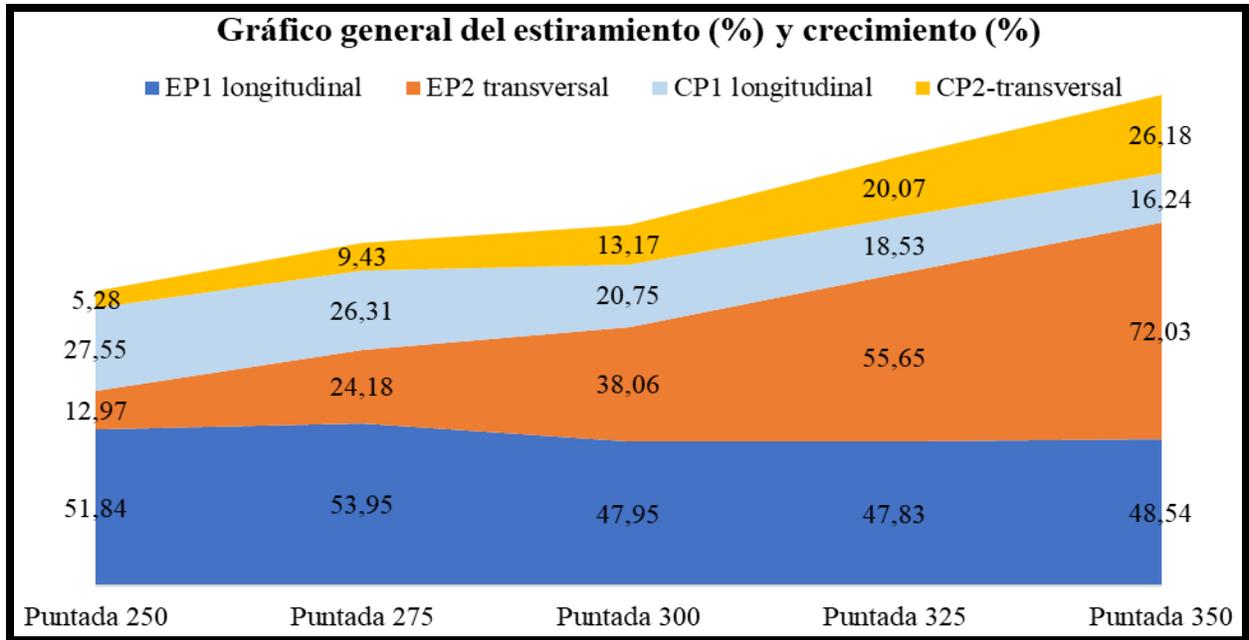
En la **Figura 22**, el gráfico de área ilustra el estiramiento y crecimiento de las cinco puntadas. Se observa que el estiramiento en el dinamómetro es más homogéneo en la dirección longitudinal, con un rango que va de 51.84 % a 48.54 %. En contraste, los datos de la sección transversal muestran una variación más amplia, desde 12.97 % hasta 72.03 %, indicando un comportamiento menos uniforme.

En la puntada 325, los datos de estiramiento en la dirección longitudinal y transversal se acercan, con una variación de solo 7.82 %, siendo esta la más cercana entre las cinco puntadas analizadas. Un patrón similar se observa en el crecimiento, aunque con una menor variabilidad. En la sección longitudinal, el crecimiento varía entre 27.55 % y 16.24 %, mientras que en la sección transversal, el rango es de 5.28 % a 26.18 %. En la puntada 325, las diferencias entre ambas se reducen a 1.54 %.

Debido a la variabilidad observada en el crecimiento de la probeta uno (CP1) en la dirección longitudinal y la probeta dos (CP2) en la dirección transversal, se considera que la puntada 325 representa un punto de equilibrio ideal para la fabricación de tejidos en las máquinas de galga 12, utilizando hilo de título $Nm = 2/29$ 100 % acrílico.

Figura 21

Resultado general del estiramiento y crecimiento longitudinal y transversal.



Nota: La expresión EP1 se ha utilizado para identificar el estiramiento de la probeta 1, EP2 para identificar el estiramiento de la probeta 2, CP1 para identificar el crecimiento de la probeta 1 y CP2 para identificar el crecimiento de la probeta 2.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Culminado la investigación sobre la recuperación al estiramiento en el tejido interlock 100 % acrílico, luego de realizarse ensayos en el laboratorio con el dinamómetro, se llegó a las siguientes conclusiones.

- Mediante el uso de diversas plataformas de investigación, se ha recopilado información fundamental para el desarrollo del presente estudio sobre la influencia de la densidad del tejido de punto rectilíneo. Este estudio proporciona una guía valiosa para el sector textil en la producción de prendas con propiedades de crecimiento uniforme, basándose en el ajuste de la densidad de puntadas en el tejido.
- Los datos obtenidos a través de diferentes ensayos indican que la densidad o puntada de la malla del tejido interlock tiene un efecto significativo en las propiedades de crecimiento. En particular, se observó que a una puntada de 250, el tejido muestra un alto crecimiento en sentido longitudinal, mientras que en sentido transversal se observa un comportamiento opuesto. Sin embargo, a medida que se aumenta la puntada, los valores longitudinales y transversales tienden a acercarse, con una convergencia notable en la puntada 325. Este punto se considera el equilibrio óptimo para el tejido interlock 100 % acrílico en una máquina galga 12.
- El análisis cualitativo del tejido interlock durante el proceso de tejido reveló que a menor puntada, es necesario reducir la velocidad de producción para evitar daños en las agujas debido a los pequeños bucles de la malla. En contraste, al aumentar la puntada, se puede incrementar la velocidad de tejido, resultando en una producción más eficiente. Se

comprobó que el tejido realizado con una puntada de 350 se completó en menos tiempo comparado con la puntada 250, debido a que los bucles más grandes en la puntada 350 permiten una mayor velocidad de producción.

- Los ensayos realizados conforme a la norma ASTM D 6614:2015, evaluando 20 probetas (10 en sentido longitudinal y 10 en sentido transversal), mostraron que las puntadas 250, 275, 300 y 350 presentan diferencias significativas en los datos de crecimiento entre las direcciones longitudinal y transversal. En contraste, la puntada 325 mostró un crecimiento casi uniforme en ambas direcciones, con un crecimiento del 18.3 % en sentido longitudinal y del 20.07 % en sentido transversal. La puntada 325 es, por lo tanto, la más adecuada para lograr un crecimiento uniforme en ambas direcciones del tejido.
- El análisis de los datos utilizando los software estadísticos Past 4 y Excel determinó que la puntada 325 es la más óptima, con un coeficiente de variación ($CV=1.71$) en sentido longitudinal y ($CV=4.43$) en sentido transversal, mostrando un crecimiento del 18.53 % y 20.07 %, respectivamente. La variabilidad entre las direcciones longitudinal y transversal para la puntada 325 fue mínima, con desviaciones estándar de 0.31 y 0.89, respectivamente. Comparado con las otras puntadas, la puntada 325 presenta datos consistentes tanto en estiramiento como en crecimiento, lo que valida la confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.2 Recomendaciones

- Para profundizar en el tema de investigación, se recomienda consultar y aplicar normativas textiles de las familias ISO, ASTM y AATCC. Estas normativas, que requieren un pago para su adquisición, proporcionan información específica y detallada necesaria para desarrollar y validar el estudio con rigor.

- Con base en los resultados obtenidos, se sugiere experimentar con la puntada 325, ajustando los parámetros del tejido según sea necesario. Esto incluye la posibilidad de utilizar hilos con títulos superiores o inferiores a Nm 2/29, así como diferentes mezclas de fibras (por ejemplo, 100 % algodón o mezclas). El objetivo es determinar si el tipo de fibra o título de hilo influye el crecimiento del tejido durante las pruebas, conforme a la normativa ASTM D 6614:2015.
- Es esencial revisar detalladamente cada aspecto de las normas textiles aplicables para el estudio. Esto facilitará un proceso práctico más ágil y una interpretación precisa de los resultados. Asegúrese de seguir cada paso descrito en las normativas para obtener datos fiables y consistentes.
- Mantenga el área de trabajo del tejido de punto y del dinamómetro libres de impurezas y contaminantes para evitar interferencias en la precisión de los datos obtenidos. Un entorno limpio es crucial para asegurar la integridad de los resultados de la investigación.
- Calibración y seguridad en el manejo de equipos: Verifique que todos los equipos utilizados, estén debidamente calibrados antes de comenzar el proceso. Asegúrese de seguir todas las medidas de seguridad necesarias para prevenir accidentes y daños en los equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anboo. (2023). *Regla de metal de 10 cm*. Amazon. <https://www.amazon.es/inoxidable-herramienta-medición-ingeniería-enseñanza/dp/B0CFPL5GK2>
- Asamblea Constituyente. (2013, December 19). *Constitución del Ecuador*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/TRANSP-NORMAS_CONSTITUCIONALES.pdf
- ASTM. (2015, July). *ASTM D 6614 - 07 (2015) Método De Prueba Estándar Para Las Propiedades De Estiramiento De Tejidos Textiles: Método CRE*. Doc88.Com. <https://www.doc88.com/p-38773757395556.html?s=like&id=1>
- ASTM. (2019). *ASTM D8007 - 15(2019) Standard Test Method for Wale and Course Count of Weft Knitted Fabrics*. www.astm.org
- Badia Closa, J., Bellver Sanchis, L., Carpio Bustamante, L. E., & Frau Suau, M. (2012). *Planta de producción de Acrilonitrilo* [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://ddd.uab.cat/record/103516?ln=en>
- Baltanás, G., Cugniet, G., & Fourcade, V. (2006). Estructura Del Tejidos De Punto-Primera parte. *Fadu.Uba.Ar*, 1(1), 13. <http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria I/unidad practica n 1/6 a- Estructura del tejido de punto- primera parte.pdf>
- Barella. (1967). *Ensayo de la resistencia de los hilos por el procedimiento colectivo o de napa de hilos*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/5883/Article02.pdf>
- Benalcazar Vaca, D. J. (2011). *Manual Teórico práctico de hilatura acrílica* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/735>
- CAMFive. (2020). *TEJEDORAS*. <https://camfive.com/tejedoras/>
- Carrillo, D. (2010). *Diagnóstico del Sector Textil y de la Confección*. <https://www.uasb.edu.ec/observatorio-pyme/wp-content/uploads/sites/6/2021/04/TEXTIL-1.pdf>
- Castro Introini, V. A. (2015, October 15). *Lupa Cuenta Hilos - Principios Opticos*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/285123778/LUPA-CUENTA-HILOS-PRINCIPIOS-OPTICOS-docx>
- Chen, Q., Shou, D., Zheng, R., Fu, B., Fan, J., & Ma, P. (2021a). Effect of Knitting and Finishing Parameters on the Initial Young's Modulus and Tensile Strength for Polyester Weft Knitted Interlock Fabric. *Fibers and Polymers*, 22(4), 1153–1159.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12221-021-9424-3>

- Chen, Q., Shou, D., Zheng, R., Fu, B., Fan, J., & Ma, P. (2021b). Effect of Knitting and Finishing Parameters on the Initial Young's Modulus and Tensile Strength for Polyester Weft Knitted Interlock Fabric. *Fibers and Polymers*, 22(4), 1153–1159. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-9424-3>
- Cirugia menor. (2016). *Tema 3. aguja y suturas*. Cursocirugiamenor.Es. <https://cursocirugiamenor.es/wp-content/uploads/2020/11/TEMA3.-Aguja-y-suturas.pdf>
- Cixing. (2022). *Máquina para tejer suéteres textiles*. Cixing. <https://www.cixing-group.com/sweater-textile-knitting-machine.html>
- Cunalata, E., & Jiménez, C. (2019). *Caracterización de un material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de yute pre cargada mediante moldeo por compresión* [Escuela Politécnica Nacional]. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD 9900.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD%209900.pdf)
- Cunalata Sánchez, E. F., & Jiménez Abarca, C. A. (2019). *Caracterización de un material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de yute precargada mediante moldeo por compresión* [Escuela politécnica nacional]. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD 9900.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD%209900.pdf)
- Dunja, S. G. (2023). *Functional Properties of Nonwovens as an Insulating Layer for Protective Gloves*. <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/3/785>
- El Messiry, M., Issa, M., & Abdellatif, S. (2024). Investigation of acrylic/cotton single jersey knitted fabrics treated with titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles. *Egyptian Journal of Chemistry*, 67(6), 363–372. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.248901.8879>
- Espinel, P., Aparicio, D., & Mora, A. (2018). Sector Textil Colombiano Y Su Influencia En La Economía Del País. *Punto de Vista*, 9(13), 1–10. https://doi.org/https://www.mendeley.com/catalogue/d6c5c766-682d-352f-bb6f-73e6c4f80ffa/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Ba4201de2-8330-4546-96a3-f7b488ab6e14%7D#:~:text=DOI%3A-,10.15765/pdv.v9i13.1118,-N/A
- FADU-UBA. (2012). Tecnología Del Sector Corte parte 5. *Facultad de Arquitectura y Urbanismo*, 5, 18. <http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria I/unidad teorica n 3/5 - tecnologia del sector corte.pdf>
- Gómez Paillacho, J. I. (2011). Diseño e implementación de un sistema automatizado para máquina

- textil rectilínea para la microempresa textil "Tecmatej " [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. In *Nucl. Phys.* (Vol. 13, Issue 1). <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3779>
- Huasheng. (2023). *Noticias - La diferencia entre tejido jersey y tejido interlock*. <http://es.fuzhoutextile.com/news/the-difference-between-jersey-fabric-and-interlock-fabric/>
- International, A. (2020, August 6). *Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de tejidos textiles: método CRE*. ASTM International. https://www.astm.org/d6614_d6614m-20.html
- ISO. (1983, December 15). *ISO 3801:1983 Textiles - Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea158c7d-a2ce-4035-9a80->
- James Heal. (2014). *Titan 5*. <https://www.james-heal.co.uk/wp-content/uploads/2020/02/Titan-5-Sales-Tool-Kit-.pdf>
- James Heal. (2022). *Cortadores de muestras*. <https://www.nanotechindustrieprodukte.de/es/productos/preparacion-de-ensayo-profesional/preparacion-de-muestras-textiles/gsm-textil-muestras-redondo-cortador/>
- JRZTC. (2024). *Lupa Textil*. <https://www.amazon.com.mx/JRZTC-Aleación-estufado-Pliegues-Herramienta/dp/B09SWLMTLQ?th=1>
- Lafayette Sport. (2020). *Elasticidad Lafayette Sports - Lafayette Sports*. <https://www.lafayettesports.com.co/tecnologias/elasticidad/>
- Llinares Berenguer, J. (2015). *Modelización de la variación dimensional de los tejidos de punto durante los procesos de tintura* [Tesis de Mater, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59821/LLINARES - Modelización de la variación dimensional de los tejidos de punto durante los procesospdf?sequence=4>
- Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C. A., Zuluaga Aristizábal, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). El método analítico como método natural. *Redalyc.Org*, 25(1), 1–28. <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>
- Maps, G. (2023a). *Mapa de google.pdf*.
- Maps, G. (2023b). *Mapa de google earth* (p. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>). <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
- Marsal Aménos, F. (1997). *Proyectación de hilos*. In *Proyectación de hilos* (UPC, Unive). <https://books.google.com.ec/books?id=7r4J1V2drm0C&pg=PA81&dq=hilados+de+acrilic>

- o&hl=es&sa=X#v=onepage&q=hilados de acrilico&f=false
- Mejía, F. (2012). Programa de Textilización - Ciencias Textiles. 2012. <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2017/05/capitulo-12a-aseguramiento-de-calidad.html>
- Montenegro, S. (2023). Análisis comparativo de resistencia al estallido del tejido rizo de calcetines con hilos de fondo de algodón, acrílico y bambú [Universidad Técnica del Norte]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. [https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14967/2/04 IT 354 TRABAJO GRADO.pdf](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14967/2/04_IT_354_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Naik, A., Gómez, N., & Torrecillas, J. (2000). Estudio del compartamiento friccional de hilos acrílicos y sus mezclas con lana y mohair. *Boletín Intexter Del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial*, 117(117), 47–55. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/1643/5_HILOS.pdf
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2014). *Regla Graduada*. Facilitamos.Ctdu. https://facilitamos.catedu.es/previo/fpelectricidad/ELECT_UD0_1_RIESGO_ELECTRICO_ZIP/regla_graduada.pdf
- QuercusLab. (2014). *Aguja de disección curva*. <https://quercuslab.es/otros/650-aguja-de-diseccion-curva.html>
- Radwag. (2023). *Balanza analítica AS 310.R2 PLUS*. <https://radwag.com/es/balanza-analitica-as-310-r2-plus,w1,APQ,101-101-125-100>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–17. <https://doi.org/10.33210/CA.V10I1.356>
- Rico Martínez, F. (2010). *Mejoramiento de la calidad y la producción de una empresa de ramo textil* [Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional]. <https://docplayer.es/89836371-Instituto-politecnico-nacional.html>
- Sánchez de la Baquera, H., & Arroyo. (2020). Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política. Volumen III: La metodología de la ciencia política. *Revistas Jurídicas Unam Mex*, 3(1), 41–57. <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/6180-antologias-para-el-estudio-y-la-ensenanza-de-la-ciencia-politica-volumen-iii-la-metodologia-de-la-ciencia-politica>
- Secretaría Técnica de la circunscripción territorial especial Amazónica. (2020). *Reglamento de*

- de Higiene y seguridad.* https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/08/reglamento_higiene_y_seguridad_aprobado_por_el_md-21082020.pdf
- Senthilkumar, M. (2011). (PDF) Elastane fabrics—A tool for stretch applications in sports. *Revista India de Investigación En Fibras y Textiles*, 36, 300–307. https://www.researchgate.net/publication/269338309_Elastane_fabrics-A_tool_for_stretch_applications_in_sports
- Shawky, M. M., El-Gabry, L. K., & El-Aziz, M. Y. A. (2024). Analytical Study of Comfortability, Dyeability, and UPF of Sports Wear Interlock Fabrics. *Egyptian Journal of Chemistry*, 67(13), 259–285. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2024.227403.9025>
- Shou, Q., Zhu, X., & Wang, J. (2024). An Investigation on the Thermal and Antibacterial Properties and Comprehensive Performance of New Graphene Knitted Fabrics. *Fibers and Polymers*, 25, 2543–2554. <https://doi.org/10.1007/s12221-024-00583-8>
- Solé, A. (2019, March). *Los tejidos de género de punto Clase 4*. La Tecnoactiva. <https://campus.latecnoactiva.com/wp-content/uploads/4-Los-tejidos-de-punto.pdf>
- Szabo, M., Babanatis-Merce, R. M., Barbu, I., Babanatsas, T., & Jitaru, L. (2019). Study of dimensional changes during washing process for 1:1 interlock cotton yarns. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 591(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/591/1/012099>
- Textextextile. (2021). *6 cuestiones fundamentales de la cantidad de hilo y la densidad de la tela - Testex.* <https://www.testextextile.com/es/6-cuestiones-fundamentales-de-la-cantidad-de-hilo-y-la-densidad-de-la-tela/>
- Textiles texa SA. (2023). *fabricacion de fibra.* <https://www.textilestexsa.com/tour.html>
- Thimma Reddy, G., Kathari, V. P., Reddy, A., & Das, S. (2011). Stretch and growth properties of mulberry woven silk fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 36(3), 248–252. https://www.researchgate.net/publication/289647479_Stretch_and_growth_properties_of_mulberry_woven_silk_fabrics
- Uboh, U. (2023). *Uso de inteligencia artificial para la automatización de patrones de tejido.* <https://arxiv.org/pdf/2309.11202v1>
- Ulcuango, W. (2022). *Influencia del hidrosulfito de sodio en la resistencia a la tracción y elongación de un tejido plano de fibra de yute 100% crudo aplicado mediante el método de*

agotamiento [Universidad Técnica del Norte].
[https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13369/2/04 IT 312 TRABAJO GRADO.pdf](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13369/2/04_IT_312_TRABAJO_GRADO.pdf)

Zhao, K., Cao, S., & Xu, G. (2024). An Experimental Study of Mechanical Properties and Comfortability of Knitted Imitation Woven Shirt Fabrics. *Autex Research Journal*, 24(1), 1–9. <https://doi.org/10.1515/aut-2023-0001>

ANEXOS

Anexos 1

Certificado del uso del laboratorio

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



Ibarra, 30 de enero del 2024

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que el señor **TAMAYO QUINCHIGUANGO GUIDO RAÚL**, portador de la cédula de ciudadanía No 100349031-3, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **"INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DEL TEJIDO DE PUNTO INTERLOCK 100% ACRÍLICO EN LA RECUPERACIÓN, FRENTE AL ESTIRAJE DE LAS TELAS"**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **CORTADORA CIRCULAR JAMES HEAL DE 100cm²** - Norma ISO 3801 Determinación del peso por unidad de área.
- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410**- Norma ASTM D 6614, Método de prueba estándar para las propiedades de estiramiento de los tejidos textiles.
- **BALANZA ELECTRÓNICA**

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 M.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX

Anexos 2

Adquisición de conos de hilo



Páginas 1 de 1

DITEXCO SAS

Matriz: ABDON CALDERON 4-04 Y BOLIVAR

Telefonos: 062920490 / /
E-Mail: facturacion.ditexco@gmail.com

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD - SI

RUC/CI: 1091796323001
FACTURA No: 001-003-000009473
 NUMERO DE AUTORIZACIÓN:
 2711202301109179632300120010030000094730000981917
 FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN:
 2023-11-27T16:18:12-05:00
 AMBIENTE: PRODUCCION EMISION: NORMAL
 CLAVE DE ACCESO



Razón Social / Nombres y Apellidos: TAMAYO RAUL		RUC/CI/PASAPORTE			
Fecha Emisión	Fecha Vence	1003490313			
27/11/2023	27/11/2023	Ciudad: OTAVALO	Nro. Pedido:		
		Guía Remisión:			
Código	Cantidad	Descripción	PVP. Unitario	Descuento	Precio Total
DEV006-0182409-0001	4.79	Acrílico 2/29 - AZUL (H0Z63)	8.1000	0.00	38.80

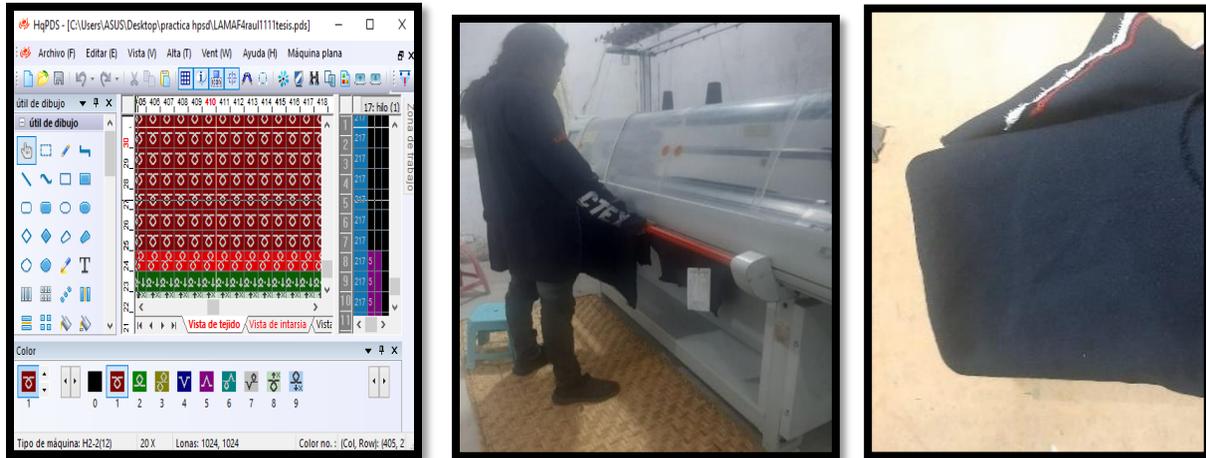
INFORMACION ADICIONAL			
FORMA DE PAGO - SRI	VALOR	PLAZO	TIEMPO
20- OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO 43.46	43.46	0	DÍAS
Descripción del Pago: Contado			
Dirección: carabela			
Teléfonos: //0962850747			
E-Mail: raul1990_-2013@hotmail.com			
Vendedor: SEBASTIAN CERON			
Observaciones:			
TOTAL DE KILOS VENDIDOS	4.79		
TOTAL FUNDAS VENDIDAS	1		

SUBTOTAL 12%	38.80
SUBTOTAL 0%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	38.80
DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
IVA 12%	4.66
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	43.46

Nro. Items: 1 de 1

Anexos 3

Proceso de tejido



Nota: se muestra el proceso para realizar el tejido, iniciando desde la preparación del diseño en el programa HENQUIANG, luego la puesta en marcha del tejido en la máquina CIXING galga 12 y finalmente la obtención de tela.

Anexos 4

Caracterización de los tejidos de diferentes puntadas



Nota: se muestra la caracterización del tejido con la cortadora circular de 100 cm² a partir de la tela, para lo cual se prepararon las muestras de las puntadas 250, 275, 300, 325 y 350

utilizando el sacabocados y, por último, se realizó el pesaje de cada muestra.

Anexos 5

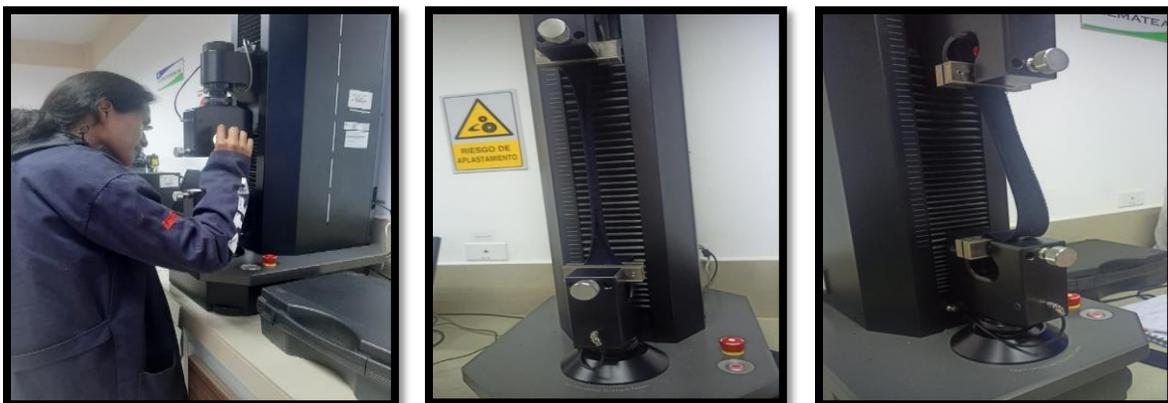
Preparación de muestras



Nota: a partir de tela se realizó la preparación de las muestras con una medida de 40 cm de longitud con un ancho de 5 cm; para las puntadas 250, 275, 300, 325 y 350 se realizó el corte de 2 probetas para la trama y 2 probetas para la urdimbre con un total de 20 muestras.

Anexos 6

Ensayo en el dinamómetro



Nota: se muestra el ensayo en el dinamómetro desde la ubicación de la muestra en la máquina hasta la recuperación del estiramiento o crecimiento producido luego del estirado.

Anexos 7

Caracterización del tejido posterior al crecimiento



Nota: se muestra la caracterización de las probetas luego de una relajación de 24 horas, en donde se realizó el conteo de los hilos de un centímetro.



Nota: se muestra el proceso de obtención de la masa por unidad de área en una medida de 10 cm x 10 cm luego del proceso del estirado en el dinamómetro.