



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE TEXTILES**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN**

**CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN TEJIDO 100% PET Y PES  
EN LA RECUPERACIÓN AL DOBLEZ Y RESISTENCIA A LAS  
ARRUGAS”**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de ingeniero Textil**

**Línea de investigación:** Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo  
Socio-económico

**Autor:** Brayan Israel Lasluisa Quimbiamba

**Director:** MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

**Ibarra -octubre -2023**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	1003122700		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Lasluisa Quimbiamba Brayan Israel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cayambe-Ayora		
<b>EMAIL:</b>	bilasluisaq@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-----	<b>TELF. MOVIL</b>	0982918403

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN TEJIDO 100% PET Y PES EN LA RECUPERACIÓN AL DOBLEZ Y RESISTENCIA A LAS ARRUGAS”
<b>AUTOR:</b>	Lasluisa Quimbiamba Brayan Israel
<b>FECHA:</b>	18/10/2023
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL CUAL OPTA:</b>	Ingeniero Textil
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

**CONSTANCIA**

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

Ibarra, a los 18 días del mes de octubre del 2023.

**EL AUTOR**

Firma.....

Nombre: Lasluisa Quimbiamba Brayán Israel

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 18 de octubre del 2023.

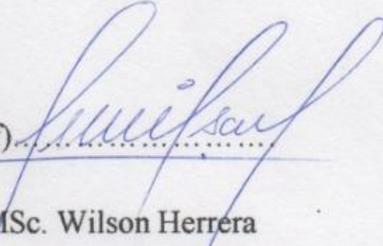
MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo 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. Wilson Herrera

C.C. 1002868048

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del Trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN TEJIDO 100% PET Y PES EN LA RECUPERACIÓN AL DOBLEZ Y RESISTENCIA A LAS ARRUGAS” elaborado por Brayan Israel Lasluisa Quimbiamba, previo a la obtención del título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f)  .....

MSc. Wilson Herrera

C.C. 1002868048

(f)  .....

MSc. Darwin Esparza

C.C. 1001584570

## DEDICATORIA

*Este trabajo dedico a mi madre Melida Margoth, quien ha sido el motor fundamental para cumplir el sueño de tener una formación profesional.*

*De igual manera dedico este proyecto a mis amigos Christina, Jhoana, Melania y todas las personas quienes fueron una fuente de apoyo y me brindaron sus consejos y palabras de aliento cuando tenía contratiempos en mis estudios.*

***Brayan Israel Lasluisa Quimbiamba***

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a mi madre Melida quien ha depositado toda su confianza y esperanza en mi persona, con sus consejos, apoyo moral y económico.*

*De igual manera extendiendo este agradecimiento a mis Tíos quienes fueron de un gran apoyo en los bueno y malos momentos, de los cuales admiro por su compromiso y la ayuda brindada en toda mi etapa universitaria.*

*Agradezco al MSc. Wilson Herrera (director de Tesis), por su generosidad, paciencia y sabiduría en orientarme teórica y metodológicamente en la elaboración del trabajo de Titulación y de igual manera al MSc. Darwin Esparza (asesor de Tesis) quien me oriento y ayudo incondicionalmente en la culminación del trabajo de titulación. Además, agradezco a todos los docentes y laboratoristas (MSc. Valeria Chuga y MSc. Fausto Gualoto) que impartieron sus conocimientos durante toda mi etapa estudiantil, los cuales fueron guías para formarme como un profesional de excelencia y líder con ética profesional.*

*Por último, deseo brindar un agradecimiento especial a la gloriosa Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Textiles por haberme abierto las puertas y permitirme ser al inicio un estudiante y actualmente un profesional.*

***Brayan Israel Lasluisa Quimbiamba***

## RESUMEN

Esta investigación abordó un estudio comparativo de las propiedades físicas del tejido 100% PET reciclado (polietileno tereftalato) y 100% PES (poliéster), debido a la ausencia de bibliografía que abarque las propiedades de resistencia de los textiles a las arrugas y el ángulo de recuperación de los textiles al doblar con diferentes gramajes (peso del tejido por unidad de área) además de generar más interés para la realización de estudios donde el PET reciclado sea objeto de investigación, y de la utilización del mismo a mayor nivel industrial.

El objetivo principal es realizar un estudio comparativo del proceso de recuperación al doblar y resistencia a las arrugas entre tejidos planos tafetán 100% PET reciclado y 100% PES, mediante el establecimiento de una metodología y el desarrollo del caso práctico, se seleccionó tejidos con diferentes gramajes para observar si este parámetro afecta el desenvolvimiento y resultados de las pruebas de laboratorio.

Los resultados de las pruebas de resistencia a las arrugas y ángulo de recuperación de los textiles al doblar del PET reciclado y PES, se concluye que el gramaje no influyó significativamente en la presencia de las arrugas, salvo el caso para el PET reciclado con gramaje pesado que generó menos arrugas, para el ensayo del ángulo de recuperación al doblar entre mayor sea el gramaje (más pesado) los ángulos de recuperación son mayores y además los tejidos de PES tienen mejores características en la recuperación del doblar a comparación del PET reciclado.

**Palabras Claves:** Polietileno Tereftalato, PET reciclado, poliéster, PES, ángulo de recuperación al doblar PET, Arrugas en tejidos RPET-PES



### Abstract

This research work addressed a comparative study of the physical properties of 100% recycled PET (polyethylene terephthalate) and 100% PES (polyester) fabrics, due to the absence of literature covering the properties of textile wrinkle resistance and the angle of recovery of textiles at folding with different weights (weight of fabric per unit area), in addition to generating more interest in studies where recycled PET is the subject of research, and its use at a higher industrial level.

The main objective was to carry out a comparative study of the process of recovery to folding and wrinkle resistance between 100% recycled PET and 100% PES taffeta flat fabrics, through the establishment of a methodology and the development of a practical case; fabrics with different weights were selected to observe if this parameter affects the performance and results of the laboratory tests.

The results of the resistance tests to wrinkles and angle of recovery of textiles to the folding of recycled PET and PES, it is concluded that the grammage did not significantly influence the presence of wrinkles, except in the case of recycled PET with heavy grammage that generated less wrinkles, for the test of the angle of recovery to the folding the higher the grammage (heavier) the angles of recovery are greater and also the PES fabrics have better characteristics in the recovery of the folding compared to recycled PET.

**Keywords:** Polyethylene terephthalate, recycled PET, polyester, PES, PET crease recovery angle, wrinkles in RPET-PES fabrics.

Reviewed by:  
MSc. Luis Paspuezán Soto  
**CAPACITADOR-CAI**  
Octubre 10, 2023

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
CONSTANCIA.....	iii
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iv
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXO.....	xvii
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Descripción del tema.....	1
1.2. Antecedentes .....	2
1.3. Importancia del Estudio .....	2
1.4. Objetivo General .....	3
1.5. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Características del sitio del proyecto.....	4

CAPÍTULO II.....	5
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1. Estudios previos .....	5
2.1.1. <i>Proceso de obtención del PET Reciclado</i> .....	5
2.1.2. <i>Usos industriales del PET Reciclado</i> .....	8
2.1.3. <i>EL PET Reciclado en la Industria Textil</i> .....	8
2.1.4. <i>Recuperación al Doblez o Pliegues en diferentes Telas</i> .....	9
2.1.5. <i>Resistencia a las Arrugas en diferentes Telas</i> .....	12
2.2. Marco Legal .....	13
2.2.1. <i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....	13
2.2.2. <i>Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte (UTN)</i> .....	13
2.2.3. <i>TULSMA</i> .....	14
2.3. Marco conceptual .....	14
2.3.1. <i>Fibra Textil (PET Reciclado)</i> .....	15
2.3.2. <i>Fibra textil (PES poliéster)</i> .....	15
2.3.3. <i>Características y Propiedades generales</i> .....	16
2.3.4. <i>Tejido Plano</i> .....	18
2.3.5. <i>Doblez en los Textiles</i> .....	20
2.3.6. <i>Arruga en los Textiles</i> .....	21
CAPÍTULO III.....	22
3. METODOLOGÍA .....	22

3.1.	Tipos de investigación a aplicar .....	22
3.1.1.	<i>Investigación analítica</i> .....	22
3.1.2.	<i>Investigación experimental</i> .....	23
3.1.3.	<i>Investigación comparativa</i> .....	23
3.2.	Normas Textiles de Referencia .....	23
3.2.1.	<i>Resistencia de los textiles a la Arruga (AATCC 128)</i> .....	24
3.2.2.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez (ISO 2313)</i> .....	26
3.3.	Flujogramas .....	27
3.3.1.	<i>Flujograma general</i> .....	27
3.3.2.	<i>Flujograma muestral</i> .....	28
3.4.	Procedimiento.....	30
3.4.1.	<i>Equipos y Materiales</i> .....	31
3.4.2.	<i>Planificación</i> .....	36
3.4.3.	<i>Preparación de las muestras</i> .....	37
3.4.4.	<i>Medición de la resistencia a la Arruga</i> .....	39
3.4.5.	<i>Medición de la recuperación al Doblez</i> .....	42
CAPÍTULO IV.....		44
4.	RESULTADO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	44
4.1.	Resultados .....	44
4.1.1.	<i>Resistencia de los textiles a las Arrugas</i> .....	44
4.1.2.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez</i> .....	45

4.1.3.	<i>Tabla General de Resultados</i> .....	46
4.2.	Discusión de Resultados.....	48
4.2.1.	<i>Prueba de Normalidad y Varianza</i> .....	48
4.2.2.	<i>Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PET reciclado</i> .....	50
4.2.3.	<i>Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PES</i> .....	51
4.2.4.	<i>Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PR-L con P-L</i> .....	52
4.2.5.	<i>Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PR-P con P-P</i> .....	52
4.2.6.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez PET reciclado</i> .....	53
4.2.7.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez PES</i> .....	55
4.2.8.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez PR-L con P-L</i> .....	55
4.2.9.	<i>Recuperación de los textiles al Doblez PR-P con P-P</i> .....	56
4.2.10.	<i>Análisis General de Resultados</i> .....	57
CAPÍTULO V.....		60
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1.	Conclusiones .....	60
5.2.	Recomendaciones.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		64
ANEXOS .....		68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Aplicaciones del PET Reciclado.....	9
<b>Tabla 2</b> Comparación del Poliéster PES y el Poliéster reciclado (PET reciclado) .....	10
<b>Tabla 3</b> Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte .....	14
<b>Tabla 4</b> Características del PES .....	16
<b>Tabla 5</b> Gramaje de telas PET reciclado y PES .....	30
<b>Tabla 6</b> Caracterización del Tejido PET reciclado (leve y pesado).....	35
<b>Tabla 7</b> Caracterización del Tejido PES (leve y pesado).....	36
<b>Tabla 8</b> Probetas para la prueba de resistencia a las arrugas .....	37
<b>Tabla 9</b> Probetas para el ensayo de recuperación al doble.....	37
<b>Tabla 10</b> Codificación de los tejidos.....	38
<b>Tabla 11</b> Resistencia a las arrugas tela de PET Reciclado.....	40
<b>Tabla 12</b> Evaluación de las Arrugas del PET reciclado.....	40
<b>Tabla 13</b> Resistencia a las arrugas tela de PES.....	41
<b>Tabla 14</b> Evaluación de las Arrugas del PES.....	42
<b>Tabla 15</b> Evaluación de la Recuperación al Doble PET Reciclado .....	43
<b>Tabla 16</b> Evaluación de la Recuperación al Doble PES.....	43
<b>Tabla 17</b> Resultado de la Prueba de Resistencia a las arrugas (PET reciclado y PES) .....	44
<b>Tabla 18</b> Resultados de la recuperación de los textiles al Doble (gramaje leve) .....	45
<b>Tabla 19</b> Resultados de la recuperación de los textiles al Doble (gramaje pesado).....	46
<b>Tabla 20</b> Resultados de las pruebas de laboratorio .....	46
<b>Tabla 21</b> Prueba de normalidad (Recuperación al Doble) .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicaciones geográficas del laboratorio Textil.....	4
<b>Figura 2</b> Trituradora de PET.....	6
<b>Figura 3</b> Producción de PET reciclado. ....	7
<b>Figura 4</b> Resultados en la recuperación al dobléz con tejidos de PES .....	11
<b>Figura 5</b> Resistencia a las arrugas de diferentes Telas.....	12
<b>Figura 6</b> Forma Molecular del PET .....	15
<b>Figura 7</b> Reacción química para la obtención del Poliéster.....	16
<b>Figura 8</b> Tejido plano (urdimbre y trama) .....	18
<b>Figura 9</b> Tejidos Fundamentales.....	19
<b>Figura 10</b> Ligamento fundamental del Tafetán (1/1).....	20
<b>Figura 11</b> Doblez o Plisado en telas.....	20
<b>Figura 12</b> Arrugas presentes en prendas. ....	21
<b>Figura 13</b> Réplicas tridimensionales (patrón de referencia) .....	26
<b>Figura 14</b> Flujograma General .....	28
<b>Figura 15</b> Flujograma muestra.....	29
<b>Figura 16</b> Wascator (Prueba de resistencia al lavado doméstico) .....	31
<b>Figura 17</b> Detergente “ECE formulation phosphate reference detergent (B)” .....	32
<b>Figura 18</b> Medidor de Arrugas.....	32
<b>Figura 19</b> Probador del ángulo de recuperación del dobléz.....	33
<b>Figura 20</b> Plancha Doméstica .....	34
<b>Figura 21</b> Cámara de luces Textil .....	34

<b>Figura 22</b> Varianza de la prueba de Recuperación de los Textiles al Doblez .....	49
<b>Figura 23</b> Resultados de la Prueba de Resistencia a las Arrugas (PET reciclado) .....	50
<b>Figura 24</b> Resultados de la Prueba de Resistencia a las Arrugas (PES) .....	51
<b>Figura 25</b> Comparación de los tejidos en la Resistencia a las Arrugas (gramaje leve) .....	52
<b>Figura 26</b> Comparación de los tejidos en la Resistencia a las Arrugas (gramaje pesado).....	53
<b>Figura 27</b> Recuperación al Dobles (PET reciclado) .....	54
<b>Figura 28</b> Recuperación al Dobles (PES) .....	55
<b>Figura 29</b> PET reciclado y PES (gramaje leve) Recuperación al dobléz.....	56
<b>Figura 30</b> PET reciclado y PES (gramajes pesados) Recuperación al dobléz .....	57
<b>Figura 31</b> Análisis general resistencia de los textiles a las arrugas (los 4 tejidos) .....	58
<b>Figura 32</b> Análisis general recuperación de los textiles al dobléz (los 4 tejidos).....	59

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Proceso de lavado de los Tejidos (Programa 5 N) .....	68
<b>Anexo 2</b> Especímenes para las Pruebas .....	68
<b>Anexo 3</b> Planchado de los Tejidos.....	69
<b>Anexo 4</b> Resistencia de los textiles a las Arrugas AATCC 128.....	69
<b>Anexo 5</b> Condiciones del Laboratorio Textil .....	70
<b>Anexo 6</b> Evaluación de los Tejidos .....	70
<b>Anexo 7</b> Recuperación de los Textiles al Doblez ISO 2313 .....	71

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción del tema

El poliéster en adelante mencionado como PES y polietileno tereftalato en adelante denominado como PET reciclado, son fibras sintéticas de origen inorgánico procedentes de hidrocarburos, el poliéster es un material que se utiliza como materia prima en la producción de diferentes artículos textiles, debido a sus buenas características. El PET reciclado es un polímero que se obtiene de la misma manera que el PES, de la reacción química del ácido tereftálico y el etilenglicol. El PET reciclado y PES pueden considerarse la misma fibra sintética, diferenciando que el PET reciclado se reprocesa del reciclaje de botellas plásticas y el PES se produce de una reacción química. El PET reciclado es una fibra sintética que puede llegar a comportarse mejor que el PES en diferentes escenarios, según (Celin, 2020) en su estudio menciona que el PET reciclado cuenta con excelentes propiedades textiles en la solidez del color y resistencia a los lavados acelerados según la escala de grises. Sin embargo, los estudios donde el PET reciclado y PES son comparados bajo diferentes pruebas físicas (doblez y arrugas) son reducidos.

La presente investigación verificó el comportamiento del PET reciclado y PES bajo pruebas de laboratorio, determinado el tejido que mejor se comportó y la posibilidad que el PET reciclado se comporte mejor que el PES o a su vez como el PET reciclado es proveniente de un reproceso de las botellas plásticas, puede tener características inferiores al momento de ser sometido a pruebas físicas.

Otro aspecto que se toma en consideración es el impacto que tiene el PET reciclado dentro del campo textil, dando a este material otra vida útil, reduciendo la contaminación, según (Chea et al., 2023) asegura que el 90% de plástico producido a nivel mundial termina en los vertederos o es incinerada siendo una gran problemática.

## **1.2. Antecedentes**

En la actualidad existen diferentes textiles que cuentan con diferentes características y en los cuales se desenvuelven de ciertas condiciones, ya sean textiles que al ser procesados en la tintura se agotan mejor (el colorante se adhiere por completo en la estructura del textil) o también fibras textiles que tiene la capacidad de enfieltrarse y generar no tejidos, entre otros, de la misma manera existen fibras sintéticas que tienen características especiales como el PET reciclaje, cuenta con una excelente difusión, adsorción y fijación del colorante (proceso de tintura), además cuenta con mejor solidez a la luz ultravioleta a diferencia de la fibra de PES (Celin, 2020). Sin embargo, el PET reciclado cuenta con pocos estudios de laboratorio donde se exponga a pruebas físicas que evalúen su rendimiento y también que el PET es un polímero termoplástico semicristalino de alta resistencia (Guru et al., 2022). Y por ende la importancia de esta investigación donde se evaluó cómo se comporta tejidos de PET reciclado y PES con diferentes gramajes (peso por unidad de área) en pruebas de recuperación al doblar y resistencia a las arrugas para determinar cuál tiene mejor comportamiento.

## **1.3. Importancia del Estudio**

El PET reciclado es un polímero interesante capaz de desenvolverse en varias áreas, debido a sus propiedades; sin embargo, por el impacto ambiental que genera este producto, ha generado el interés para tratar este material y usarlo como materia prima, como por ejemplo en la industria textil, el PET reciclado o también denominado RPET según menciona (Owen et al., 2022), afirma que el PET reciclado cuenta con propiedades similares que el PES en el comportamiento térmico y además cuenta con características de impacto superiores; sin embargo, el PES cuenta con mejores características de la flexión a comparación que el PET reciclado, lo que podría ser un precursor en la generación de arrugas en la superficie de tejidos de PES.

El PET reciclado no solo puede ser ocupado como material único, también tiene la capacidad de mezclarse con otros filamentos, puede ser ocupado para la fabricación de hilos multifilamentos, además tiene la capacidad de ser procesado por procesos de tintura/acabados en los cuales se le otorga un acabado textil según (Pivsa-Art et al., 2022) el PET reciclado al ser procesado por un acabado antibacteriano con (nano-TiO<sub>2</sub>), sus características físicas como la tenacidad y el alargamiento a la rotura en hilo no sufrieron cambios y demostró que el hilo inhibió el crecimiento de bacterias.

El PET reciclado al combinarse con otros materiales puede aumentar su durabilidad (Muhammad et al., 2021). Las fibras sintéticas como el nailon 6, los cuales no son compatibles con el PET bajo condiciones normales, pero en el estudio de (Hansapalangkool et al., 2021) menciona que estos dos compuestos pueden formar una fibra sintética PET reciclado con propiedades mecánicas, mejorando la resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura.

Todos estos estudios resaltan las altas aplicaciones textiles que cuenta el PET reciclado, pero se centran en las propiedades de la resistencia a la tracción o a la rotura, sin embargo, el PET reciclado no se han realizado más estudios de como se comportaría frente a pruebas de recuperación al dobléz y resistencia a las arrugas generado en la superficie de tejidos con diferentes gramajes, logrando esto que se habrá futuras investigaciones donde el PET reciclado sea usado bajo diferentes criterios y aplicaciones.

#### **1.4. Objetivo General**

- Realizar un estudio comparativo del proceso de recuperación al dobléz y resistencia a las arrugas entre un tejido plano tafetán 100% PET reciclado y 100% PES.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas de libros, revistas, artículos científicos, entre otros, el comportamiento del PET reciclado como material textil.

- Realizar las pruebas de laboratorio para medir la recuperación al doblez y resistencia a las arrugas del PES y PET reciclado de diferentes gramajes, mediante la norma ISO 2313 y AATCC 128 respectivamente.
- Analizar los datos obtenidos, de la comparación de las dos telas mediante el uso de software Past 4, Excel, histogramas, gráficos de barras, entre otros.

## 1.6. Características del sitio del proyecto

Este presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, en los laboratorios de la carrera de Textiles pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte, en donde podemos encontrar una amplia gama de equipos y máquinas estandarizadas de alta tecnología, ubicada en el barrio Azaya, calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala representado en la **Figura 1**.

**Figura 1**

*Ubicaciones geográficas del laboratorio Textil.*



**Fuente:** (Google Maps, 2023).

## CAPÍTULO II

### 2. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se detallarán artículos científicos, revistas, libros, entre otras páginas web que cuentan con validez científica, enfocadas al tema de la investigación.

#### 2.1. Estudios previos

A continuación, se exponen trabajos de investigación donde se ocupó el PET reciclado, ya sea como filamento o polímero, en la cual se resaltan y comparan las propiedades físicas (recuperación al doblar y resistencia a las arrugas).

##### 2.1.1. *Proceso de obtención del PET Reciclado*

El PET reciclado se puede obtener de diferentes formas, en la cual una de las mejores opciones es el reciclaje de botellas plásticas, dependiendo del uso que se le vaya a dar. El PET maneja diferentes métodos como: reciclaje energético, reciclaje químico, reciclaje mecánico. A continuación, se definirá el último método debido a que esta es la forma de obtener filamento usado en la industria textil.

- **Reciclaje mecánico del PET reciclado**

Los envases plásticos (botellas) son separados de las tapas y etiquetas para evitar contaminación de plástico ajeno, posteriormente son lavados y secados, al contar con los envases limpios y separados, son llevados a una máquina de molienda tal y como se observa en la **Figura 2**, para triturar el material y formar los chips o bolitas de PET (Quispe et al., 2017). Los chips o bolitas de PET se pueden adquirir directamente, sin embargo, no es aconsejable debido a que los desperdicios de envases plásticos generan contaminación y el reciclaje de las botellas plásticas es beneficio con el ambiente.

**Figura 2**

*Trituradora de PET.*

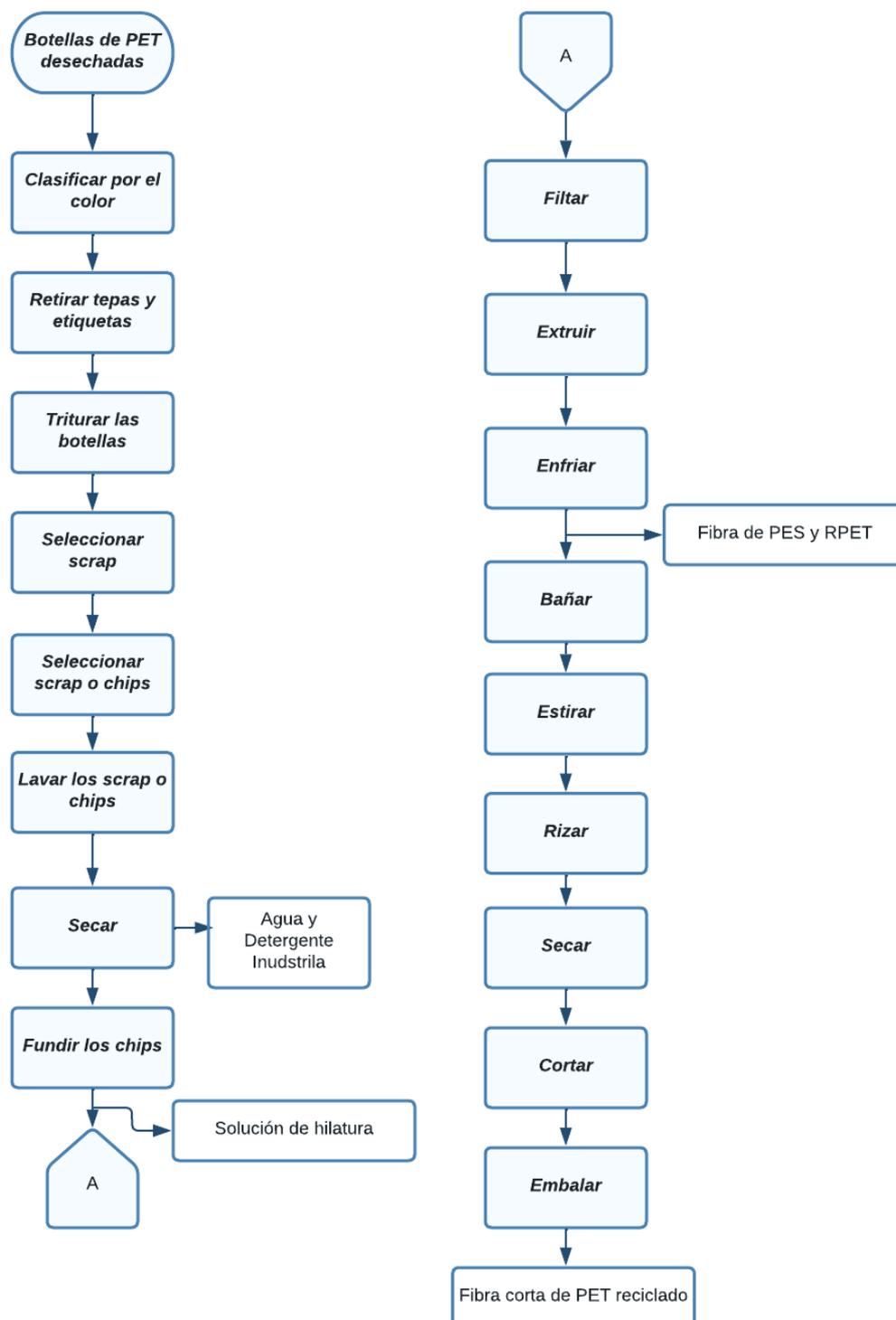


**Fuente:** (Palma & Tenesaca, 2017).

Al tener los chips de PET son procesados por la extrusora donde son fundidas a 250 °C y mediante presión los chips pasan de ser un material sólido a líquido, al final del extrusor se encuentra la caja de hilado que tiene pequeños agujeros donde el material fundido PET sale y forma los filamentos, estos filamentos son enfriados endureciéndolos mediante aire soplado luego son estirados (se orientan y cristalizan las moléculas del filamento, este proceso ayuda a que tengan buenas características de resistencia, elongación, entre otros), luego pasan al proceso de rizado que tiene como objetivo aumentar la cohesión interfibra, volumen, retención de calor, y absorción. Los filamentos que fueron rizados ya cuentan con las características para ser utilizadas en la industria textil, por lo que se le define una longitud y se les cortan (Celin, 2020). Estos filamentos pasan a ser procesadas en las áreas de tejeduría: plana o punto donde son tejidas y forman los diferentes artículos textiles. En la **Figura 3** se observa el proceso de obtención del PET reciclado.

Figura 3

Producción de PET reciclado.



Adaptado de: (Mansilla & Ruiz, 2009).

### **2.1.2. Usos industriales del PET Reciclado**

El PET puede ser utilizado en diferentes áreas debido a sus buenas características, es fácil de producir y puede ser incorporado con diferentes compuestos, estas características lo hacen un elemento muy atractivo como materia prima, según (Gayake & Desai, 2022) menciona que el PET puede ser un material capaz de ser usada en la fabricación de hormigón en el área de la construcción, debido a que algunas investigaciones evidencian que el PET al ser un material fibroso puede fabricar concreto con propiedades mejoradas como: resistencia a la tracción, la flexión, impacto, y sobre todo reduce la conductividad térmica. Además de tener buenas características en la construcción, el PET se ha incorporado en la producción del betún asfáltico (elemento para la construcción de carreteras), el betún incorporado con PET comprobó que mejora la resistencia a las deformaciones (Ahmad & Ahmad, 2022).

### **2.1.3. EL PET Reciclado en la Industria Textil**

La materia primera tanto del PES y PET al ser procesadas pueden ser incorporados con diferentes fibras como el kenaf (fibra textil de origen natural) que fue químicamente modificado para ser procesada junto con las fibras de PES y PET a un 10% de Kenaf. Las fibras que se produjo presentaron buenas propiedades en la flexión en las fibras de PES a comparación de las fibras de PET (Owen et al., 2022). Por lo cual las fibras de PES al tener una mejor flexión pueden provocar la presencia de arrugas o generar doblez en tejidos.

Un parámetro que puede influir en la generación de arrugas en las telas es la densidad o gramaje, según Wang et al. (2019) afirma que las fibras de PET de baja densidad, las cuales fueron mezclados con el polipropileno y con una nanoarcilla obtuvo una fibra de RPET con una mejor propiedad en la flexión y generar mayor presencia de arrugas y doblez.

En la **Tabla 1**, se resumen las áreas donde el PET es protagonista.

**Tabla 1***Aplicaciones del PET Reciclado*

<b>Industrias</b>	<b>Aplicación</b>
Industria Textil	-Para la fabricación de prendas, puede ser ocupado solo o mezcla entre fibras.
Medicina	-Como sutura, para sustituir fragmentos óseos.
Industria Automotriz	-Piezas
Otros	-Refuerzos para mangueras, fabricación de carcasas, capacitadores, entre otros.

**Fuente:** (Quispe et al., 2017).

#### **2.1.4. Recuperación al Doblez o Pliegues en diferentes Telas**

Existen varios estudios donde el PET reciclado y PES son comparados bajo diferentes condiciones o sus propiedades: tenacidad, elongación, recuperación de humedad, resistencia a la abrasión y también en el ángulo de recuperación al doblez.

Según Patil et al. (2019) en su estudio comparó tejidos de poliéster virgen y reciclado (PET reciclado) en sus propiedades físicas y químicas. Los hilos que conformaron el tejido tienen las siguientes características:

- PET reciclado (hilo POY texturizado, sin torsión, 150 Denier)
- PES virgen ((hilo POY texturizado, sin torsión, 150 Denier)

Los 2 tejidos fueron realizados en una máquina de muestras, luego fueron procesadas en un proceso de descruce (tratamiento de enjabonado) y posteriormente termofijadas a 190°C por 30 segundos. Para efectuar las pruebas del ángulo de recuperación al doblez, se manejó el método estándar ISO 4681 (pruebas tanto para urdimbre y trama).

Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 2**

*Comparación del Poliéster PES y el Poliéster reciclado (PET reciclado)*

<b>Ángulo de recuperación al doblez o pliegues</b>	<b>Poliéster virgen (PES)</b>		<b>Poliéster reciclado (PET reciclado)</b>	
	<b>Hilo 150 denier</b>			
	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama
	112°	110,6°	96°	102,4°

**Fuente:** (Patil et al., 2019).

En la **Tabla 2** se comprueba que la tela de poliéster reciclado (PET reciclado) tiene un menor grado de recuperación al doblez y el PES en mejor con 16° en la urdimbre y 8,2° para la trama, esto causado posiblemente al proceso de reciclado del PET.

Existen otros estudios donde el material a comparar, es decir el poliéster (PES), fue hilado con diferentes formas de la sección transversal redondas y tribulares, las cuales tenían la particularidad de ser huecas o completas.

Omeroglu et al., (2010) en su investigación compara tejidos de PES con las características anteriormente descritas, en el estudio describe que el ángulo de recuperación al doblez de los tejidos es un parámetro que determina el rendimiento del producto.

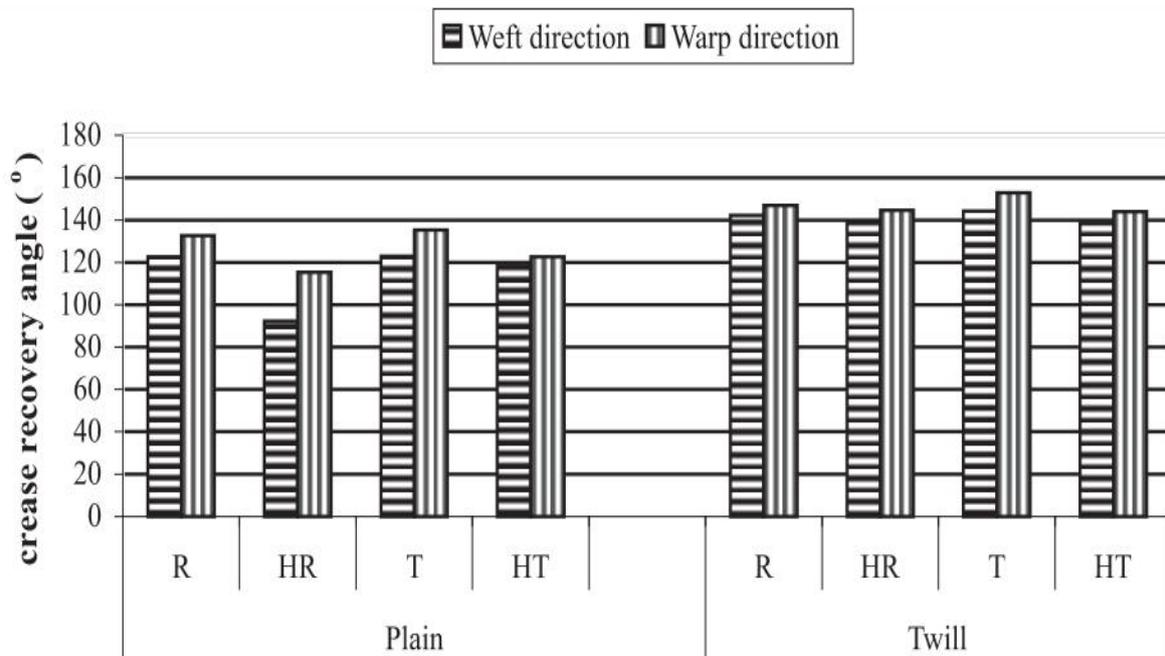
Las telas fueron realizadas con las siguientes características de hilo:

- Hilos de sección transversal: redonda hueca (HR) y completa (R)
- Hilos de sección transversal: trilobulado hueco (TH) y completa (T)

Los hilos manejaban los mismos títulos (150 denier tanto para la urdimbre y trama). Las telas que se elaboró fueron 4 tafetanes y 4 sargas. Los resultados que tuvieron los diferentes tejidos en la prueba del ángulo de recuperación al doblar de PES se detallan en la **Figura 4**.

**Figura 4**

*Resultados en la recuperación al doblar con tejidos de PES*



**Fuente:** (Omeroglu et al., 2010).

- Weft direction (trama)
- Warp direction (urdimbre)
- Plain (tafetán)
- Twill (sarga).

Los resultados demuestran que los tejidos elaborados con un hilo de una sección transversal redonda (R) y trilobulado (T) completos tienen un ángulo de recuperación mayor que los otros tejidos realizados con una sección transversal redonda (HR) y trilobulado (TH) huecos, estas características se presentaron para los tejidos lisos (tafetán).

### 2.1.5. Resistencia a las Arrugas en diferentes Telas

De acuerdo a Xiao et al., (2021) en su estudio menciona que la arruga y la generación al doblar están relacionados, además compara la generación de arrugas con diferentes telas en las cuales involucran: algodón, nilón, poliéster, entre otros.

La preparación que tuvieron los tejidos antes de las pruebas fue un acondicionamiento de 24 horas a  $20 \pm 3$  °C y a una humedad relativa (HR) de  $65 \pm 5$  %. El proceso que las telas fueron sometidas se detalla a continuación.

- Proceso de lavado estándar.
- Secado de las muestras.
- Realización de las pruebas y evaluación con 6 jueces.

En la **Figura 5**, se resaltan los valores de algunas telas de la investigación, la forma de evaluación es subjetiva y son comparadas con muestras estándar que van SA-1, SA-2...SA-5, donde el SA-1 es el resultado que más presencia existe de arrugas en los tejidos y el SA-5 el nivel más ligero de arrugas.

#### Figura 5

*Resistencia a las arrugas de diferentes Telas*

Tipo de hilo	Estructura	Composición	Gramaje	Evaluación promedio (SA)
Poliéster	Tafetán	100%	134,3 g/m <sup>2</sup>	4
Algodón	Tafetán	100%	136,6 g/m <sup>2</sup>	3,67
Viscosa	Tafetán	100%	111,1 g/m <sup>2</sup>	3,25
Nylon	Tafetán	100%	114,5 g/m <sup>2</sup>	4,33

**Nota:** SA (smoothness appearance replicas). **Fuente:** (Xiao et al., 2021).

Xiao concluye que los tejidos que provienen de origen sintético presentan un nivel de arruga más ligero, siendo el nylon y el poliéster los tejidos que menos se arrugan, de acuerdo con los resultados con una evaluación de 4,33 y 4 respectivamente.

## **2.2. Marco Legal**

### **2.2.1. Constitución de la República del Ecuador**

La presente investigación se fundamenta en la constitución del Ecuador, mismo que mencionan secciones enfatizadas al ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008). A continuación, se especifican los artículos donde se fundamente la investigación.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos (p. 13, 124).

### **2.2.2. Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte (UTN)**

En la Universidad Técnica del Norte cuenta con varias líneas de investigación, tal y como se observa en la **Tabla 3**, y dependiendo el enfoque del estudio varía, para la realización de este trabajo se enfocó en los puntos 3 y 9.

**Tabla 3***Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte*

N	Líneas de investigación de la UTN
1	Producción Industrial y Tecnología Sostenible.
2	Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.
3	Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.
4	Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
5	Salud y Bienestar Integral.
6	Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas.
7	Desarrollo Artístico, diseño y publicidad.
8	Desarrollo Social y del Comportamiento Humano.
9	Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

**Fuente:** (Universidad Técnica del Norte, 2021).

### 2.2.3. TULSMA

De acuerdo a TULSMA, (2017) menciona que las empresas privadas y municipales están obligadas a impulsar y aprovechar los residuos sólidos no peligrosos (plástico PET) mediante procesos de reprocesamientos, esto no solo es beneficioso para el ambiente, también a nivel económico se beneficia. En el art. 73 (Del aprovechamiento) detalla la reducción de desperdicios sólidos por medio del reciclaje (p. 184).

### 2.3. Marco conceptual

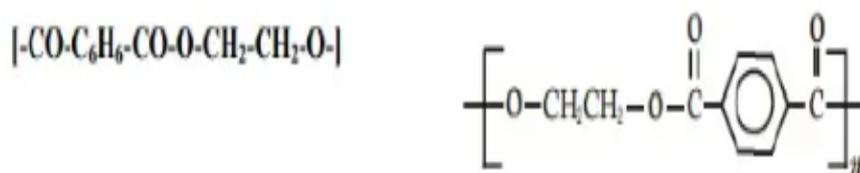
En este apartado se expone la terminología, base teórica, conceptos textiles, entre otros, relacionadas con la investigación.

### 2.3.1. Fibra Textil (PET Reciclado)

El polietileno tereftalato, polietileno tereftalato, tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno es un compuesto de tipo plástico perteneciente a los grupos sintéticos denominados poliésteres, utilizado para la fabricación de botellas o en el campo textil. El PET es un polímero que puede ser reciclado para formar filamentos. En la **Figura 6** se describe la molécula del PET.

**Figura 6**

*Forma Molecular del PET*



**Fuente:** (Quispe et al., 2017).

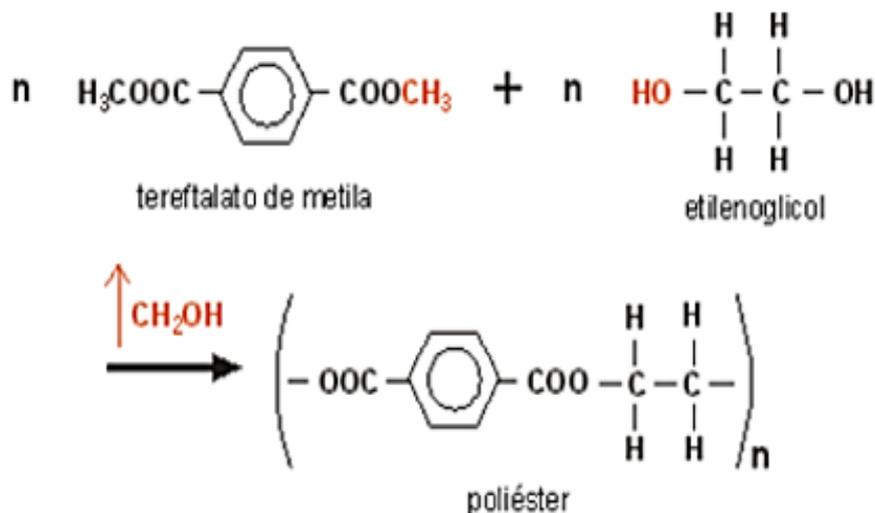
### 2.3.2. Fibra textil (PES poliéster)

El poliéster es un filamento de origen sintético, se produce por la reacción química de un ácido orgánico y un alcohol. El PES pertenece a la familia de los poliésteres, Whinfield y Dickson fueron los científicos que desarrollaron este filamento en 1941, no fue hasta 1946 que el PES se comenzó a utilizar en la industria textil y su uso fue adaptándose hasta la actualidad (Guzmán, 2013). El PES es un filamento con buenas características capaz de ser utilizado con otro tipo de fibras (celulósicas) mejorado sus propiedades.

Los filamentos de PES están conformados por cadenas monoméricas, estos monómeros al unirse forman cuerpos complejos denominados polímeros, su producción es principalmente para uso textil como fibras sintéticas.

**Figura 7**

Reacción química para la obtención del Poliéster



**Fuente:** (Celin, 2020).

De acuerdo de (Guzmán, 2013) El PES y el PET reciclado se pueden diferenciar por el contenido de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) que se usa en su elaboración del polímero, donde esta reacción opaca el brillo, también el PET reciclado a comparación del PES es menos viscoso y es menos brillante (Celin, 2020).

### 2.3.3. Características y Propiedades generales

El PES y PET reciclado puede tener semejantes características, sin embargo, dependiendo del uso o el propósito que se desee, una fibra textil puede ser mejor que otra.

En la **Tabla 4** se detalla las principales características físicas y químicas del PES.

**Tabla 4**

*Características del PES*

Características Físicas	Características Químicas
-Cuenta con una capacidad de absorción de 0,4 a 0,6%.	-Buena capacidad de resistencia a los hongos e insectos.

- 
- |  |   |
|--|---|
| <p>-Cuenta con la capacidad de un secado rápido</p> <p>-Su resistencia a la tracción, tenacidad, elasticidad y resistencia a la rotura son altas.</p> <p>-Su resistencia al estar mojada es igual que al estar seca.</p> | <p>-Resiste la luz solar y a la intemperie, pero llega a ser afectado por los rayos solares</p> <p>-Resiste casi todos los ácidos minerales y orgánicos, así como también a álcalis diluidos y a disolventes orgánicos.</p> <p>-Resiste la luz solar y a la intemperie, pero llega a ser afectado por los rayos solares</p> |
|--|---|
- Es una fibra termoplástica provocando que tenga un plisado permanente
- Fácil recuperación a las arrugas.

---

**Fuente:** (Andrade, 2017), (Azcárate, 2015).

➤ **Propiedades Físicas-Químicas de PET reciclado**

Al igual que el PES la fibra PET cuenta con buenas características al tratar como materia única, es decir 100% o también como mezcla tiene propiedades muy buenas según menciona (Mansilla & Ruiz, 2009).

- Resistencia al desgarre.
- Capacidad de absorber agua 0,02%
- Elongación 20%
- Cuenta con una resistencia química alta.
- Es un material procedente del reciclaje.
- Rigidez y dureza alta.
- Buen aislante.

### 2.3.4. Tejido Plano

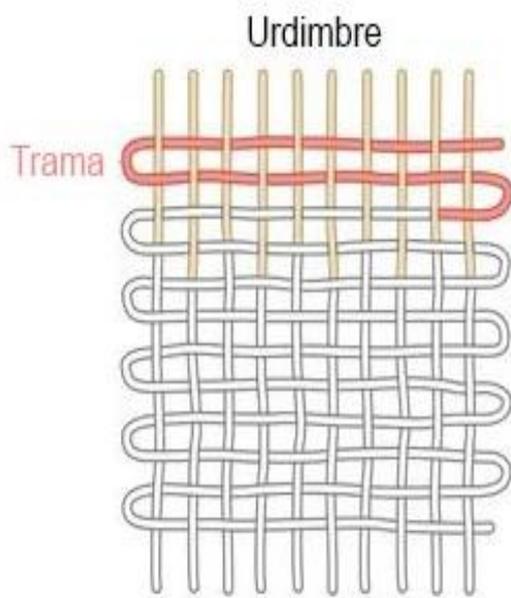
El tejido plano o calada, tal y como se observa en la **Figura 8**, es un tejido que se forma por el entrecruzamiento de 2 tipos de hilos: urdimbre que va en sentido longitudinal y trama que se dispone en sentido transversalmente dentro de cualquier tejido plano (Bustamante, 2017).

#### 2.3.4.1. Generalidades

- **Hilos de urdimbre.-** Según Vilatuña (2007) menciona que la urdimbre es el conjunto de hilos ordenados y plegados en forma paralela que tienen una longitud predeterminada (pp. 31).
- **Hilos de Trama.-** La trama está ubicada en sentido transversal del tejido, además tiene la característica que la trama tiene menos torsiones que la urdimbre, también a cada unidad de este hilo se le denomina pasada (Vilatuña, 2007).

### Figura 8

*Tejido plano (urdimbre y trama)*



**Fuente:** (Bustamante, 2017).

### ➤ Clasificación de los tejidos planos

El tejido plano puede tener diferentes tipos, dependiendo del rapport o también de la unión de estos genera tejidos compuestos.

#### 2.3.4.2. Ligamentos Fundamentales

En la actualidad existen una gran cantidad de ligamentos que los telares pueden producir, sin embargo existen ligamentos fundamentales que son las bases de todos los tejidos.

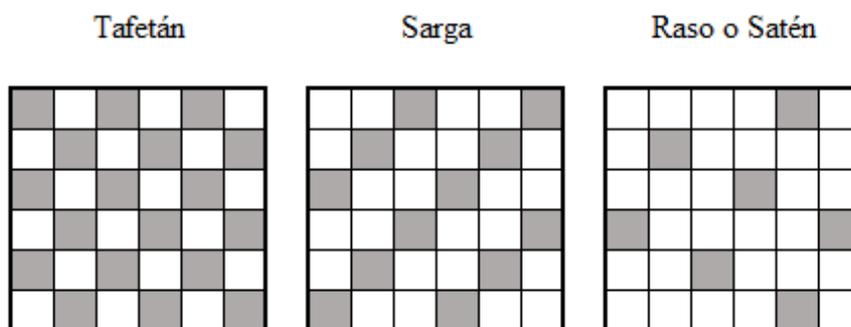
Las características de estos ligamentos fundamentales son las siguientes:

- Tener un escalonado regular.
- El cursor o rapport cuadrado.
- Contar con un punto de escalonado en cada hilo y pasada en su rapport (Bustamante, 2017).

Existen 3 tejidos que son los fundamentales y los básicos para la elaboración de tejidos.

#### Figura 9

*Tejidos Fundamentales*



A continuación, se definirá el ligamento tafetán con más detalle, debido a que en la investigación se utilizó este tipo de tejido.

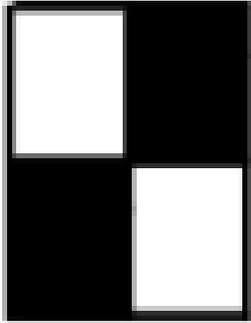
### ➤ Tafetán

Es el ligamento más pequeño y simple, su característica es que forma una tela sin la presencia de diagonales en su superficie, sin embargo, puede variar visualmente debido a las

densidades de los hilos, torsiones o títulos (Bustamante, 2017). Este tipo de ligamento está presente en gasas, sacos, jeans, entre otros.

### **Figura 10**

*Ligamento fundamental del Tafetán (1/1)*



**Fuente:** (Bustamante, 2017).

#### **2.3.5. Dobleces en los Textiles**

El doblez, también denominado pliegue, es un surco que aparece en la superficie de una tela o cualquier material flexible, es decir, una superficie que ya no se encuentra lisa, por lo general los pliegues no presenta un punto inicial o final (Real Academia Española, 2022). El doblez se presenta cuando una tela es doblada creándose un pliegue en su superficie, los pliegues se presentan en la tela o prenda en cualquier sentido inclinado, horizontal o rectos.

### **Figura 11**

*Dobleces o Plisado en telas*



**Fuente:** (Chea et al., 2023).

### **2.3.6. Arruga en los Textiles**

Las arrugas son pequeños pliegues (más o menos marcados) que se distribuyen aleatoriamente sobre una superficie textil, alterando su lisura. Aparecen durante la manipulación de los tejidos y en el uso de las prendas de vestir, siendo originadas por esfuerzos de presión y flexión (Manatex, 2020). Las arrugas también se denominan pliegues irregulares o deformes.

Las arrugas en los textiles se forman al doblar y arrugar una tela de manera irregular. Se evitan en la ropa arrugada en situaciones como entrevistas de trabajo o acontecimientos sociales formales. Hay productos, como la plancha y aerosoles para telas, que eliminan las arrugas de la ropa. Se han fabricado algunas telas modernas que nunca se arrugan o que son resistentes a las arrugas por medio de la introducción de polímeros resistentes al agua en el tejido (Grosz, 2007, pp 01).

#### **Figura 12**

*Arrugas presentes en prendas.*



**Fuente:** (Grosz, 2007).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

En la metodología se definirán los procesos, métodos, técnicas, insumos y equipos que se vieron involucrados en el desarrollo de la investigación, también se definieron las limitaciones de la investigación como los tipos de gramajes empleados.

#### 3.1. Tipos de investigación a aplicar

En este apartado se mencionan los tipos de investigación que sustentaron la realización de la investigación, las cuales fueron: investigación analítica, experimental y comparativa, a continuación, se describen como se relacionó los tipos de investigación con la parte práctica del estudio, estos tipos de investigaciones se basan mediante la obtención de datos a partir de pruebas de laboratorio (resistencia de los textiles a las arrugas y recuperación de los textiles al dobléz).

##### 3.1.1. *Investigación analítica*

Esta investigación radica en la subdivisión o separación del problema u objeto de investigación, con el objetivo de observar el comportamiento de las causas, la naturaleza y las consecuencias. Dentro de las características de este tipo de investigación resalta el hecho que no se acepta hipótesis mediante el sentido común (Jalal et al., 2015). En este estudio la investigación analítica se relacionó de la siguiente forma, al contar con los tejidos de PET reciclado y PES que cuentan con semejantes características (gramajes leves y pasados), se puede aseverar que las telas con gramajes pesados al ser evaluadas a la resistencia a las arrugas y recuperación al dobléz tendrán valores inferiores a las telas de gramajes leves o a su vez que las telas de PET reciclado tengan características inferiores que las telas de PES al ser fibras reprocesadas, y para verificar la hipótesis se desarrolló el estudio mediante pruebas de laboratorio.

### **3.1.2. Investigación experimental**

Según (Gil, 2010) menciona que este tipo de investigación es uno de los mejores exponentes dentro de una investigación, debido a que se comienza al definir el objetivo del estudio y sus posibles variables, mismas que pueden influir en el desarrollo de la investigación, también se determina el control y el proceso que tendrán las variables. La investigación experimental tuvo una relevancia significativa en la realización de este estudio, en vista a que fue indispensable la determinación de las variables, las cuales radicaron en el peso por área del tejido (gramaje) para analizar el comportamiento del PET reciclado y PES a los ensayos.

### **3.1.3. Investigación comparativa**

Este método en especial tiene un papel importante en esta investigación, debido a que al tener como objetivo principal comparar, entra directamente al contexto de la investigación comparativo, donde se comparó dos tipos de tejidos PET reciclado y PES, las cuales cuentan con semejantes gramajes, mismas que fueron preparadas y procesadas por las mismas condiciones un lavado profundo en el equipo de laboratorio (lavadora doméstico o wascator) para eliminar manchas, polvos o posibles acabados químicos. Al contar con las telas limpias y secarlas se procedió con las pruebas de resistencias a las arrugas y recuperación al doblar para comparar e identificar el tipo de tejido que mejor se comportó en los ensayos.

## **3.2. Normas Textiles de Referencia**

Dentro de la metodología también se terminan las normas que se utilizaron para desarrollar la parte práctica de la investigación. Las normas que se ocuparon en esta investigación fueron la AATCC 128 (Resistencia de los textiles a las arrugas) y la ISO 2313 (Recuperación de los textiles al doblar), mismo que determinan el procedimiento, las medidas de los especímenes y el total de probetas a utilizar y sobre todo la forma de su evaluación.

### **3.2.1. Resistencia de los textiles a la Arruga (AATCC 128)**

De acuerdo a la norma (AATCC 128, 2015) resistencia a las arrugas en los textiles establece la utilización de un equipo que permite generar arrugas al ser expuesto a un peso. Este método puede ser aplicado a tejidos de una sola composición o mezclas de fibras. Los materiales que tienen la particularidad de no generar pliegues, ya sea porque son textiles gruesos o tiene la tendencia a enrollarse, puede ser evaluados bajo esta norma. La norma menciona que pueden ser calificados tejidos en su estado original (sin lavar) o después de un lavado doméstico.

#### **a. Objetivo y ámbito de aplicación**

Esta norma es para medir el aspecto que genera los textiles al ser expuesto bajo un peso determinado y la generación de arrugas, esto es, para textiles con o sin acabados químicos. Los resultados que presenten los textiles estarán determinados por la formación de arrugas (si se generó al ser sometidos a la prueba) y de los acabados que pueda tener el espécimen.

#### **b. Principio**

Un espécimen (28 cm en sentido de la urdimbre x 15 cm en sentido de la trama) en condiciones atmosféricas controladas es arruga en el equipo de formación de arrugas estándar bajo un peso y tiempo determinado. Al terminar el tiempo, el espécimen es sacado del equipo y se deja reacondicionar a las condiciones atmosféricas estándar durante un tiempo prescrito. Para su evaluación, el espécimen es comparado con un patrón de referencia (5 muestras de referencia) de acuerdo con la norma.

#### **c. Procedimiento**

- Acondicionar las muestras que serán sometidas al equipo de formación de arrugas (21  $\pm$  1°C y 65  $\pm$  2% de humedad relativa)
- Se eleva la brida superior del equipo para bloquear el movimiento del pasador.

- Se envuelve la muestra de 28 cm en la brida superior, la parte del derecho debe estar apuntando el exterior del equipo y se sujeta al equipo mediante una abrazadera y muelle de acero. Se realiza el mismo proceso con la brida inferior del equipo y se asegura la muestra con el muelle, es necesario que la probeta quede lisa una vez colocada en el equipo.
- Se retira el pasador que bloquea el movimiento del equipo y se baja suavemente la brida superior hasta quedar inmóvil. Luego se coloca en la muestra un peso de 3500 g encima de la brida superior y se deja en reposo por 20 minutos.
- Al finalizar el tiempo se retira el peso, se levanta la brida superior, se secan las bridas tanto superior e inferior y posteriormente el espécimen es retirado del equipo con mucho cuidado para no deformar las arrugas inducidas.
- El espécimen debe ser colocado en una superficie lisa, alrededor de 24 horas para que la muestra se reacondicione.
- Luego de transcurrir 24 horas, la probeta es evaluada. Para este proceso es recomendable 3 observadores capacitados.
- Para ser evaluado, el espécimen es colocado en una cámara de luces y se sitúa las réplicas tridimensionales (patrón de referencia) a cada lado del espécimen para su debida comparación.
- Los resultados de las muestras pueden ser: 5 WR hasta la 1 WR, siendo la 1 WR el dato más negativo, es decir, la muestra que presento más arrugas y la WR-5 es el espécimen que menos generó arrugas

En la **Figura 13** se detallan los patrones que se usan para la evaluación del ensayo resistencia a las arrugas.

**Figura 13***Réplicas tridimensionales (patrón de referencia)***3.2.2. Recuperación de los textiles al Doblez (ISO 2313)**

El probador de ángulo de recuperación de pliegues se utiliza para determinar la recuperación del doblado de una muestra plegada horizontalmente midiendo el ángulo de recuperación. Esta norma es particularmente aplicable a telas utilizadas en prendas tejidas, por ejemplo, trajes, pantalones, chaquetas, blusas, faldas, camisas, ropa impermeable y telas celulósicas planas sin cepillar. Los pliegues en las telas textiles disminuyen, en proporciones variadas. La magnitud del ángulo de recuperación al doblado es un indicador de la capacidad de una tela para recuperarse de pliegues accidentales u ocasionados.

Un pliegue se forma doblando una muestra rectangular de dimensiones determinadas y sometiéndola a una carga específica durante un tiempo dado. Al retirar el peso, permite que la muestra se recupere durante un tiempo y se mide el ángulo de recuperación que generó el pliegue.

## **A. Procedimiento**

- Se debe cortar 12 especímenes (6 de urdimbre y 6 de trama) según las medidas requeridas (40 x 15 mm).
- El equipo Ángulo de recuperación al dobléz debe estar previamente nivelado por medio de la burbuja que tiene integrado el equipo.
- Preparar el dispositivo de carga, donde el espécimen es plegado en la dimensión más larga y con la ayuda de una pinza se coloca en el equipo, se levanta la placa superior del equipo de carga, se coloca la muestra y se baja suavemente la placa superior aplicando una presión de 10 Newtons por 5 minutos a la probeta.
- Al transcurrir el tiempo se retira suavemente el peso mediante la ayuda de la pinza y sin tocar el espécimen con los dedos se transfiere al probador del ángulo de recuperación al dobléz, se levanta la mordaza y con cuidado se coloca el espécimen sin alterar el pliegue formado, finalmente se ajusta la mordaza y se deja reposar la probeta por 5 minutos.
- Al cabo de los 5 minutos se lee el ángulo que genera la probeta. Este proceso se lo realiza tanto en sentido de trama (3 derechos y 3 revés) y urdimbre (3 derechos y 3 revés).

### **3.3. Flujogramas**

En este apartado, los flujogramas representan una herramienta visual donde se planifican y se detallan los procesos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación de una manera resumida.

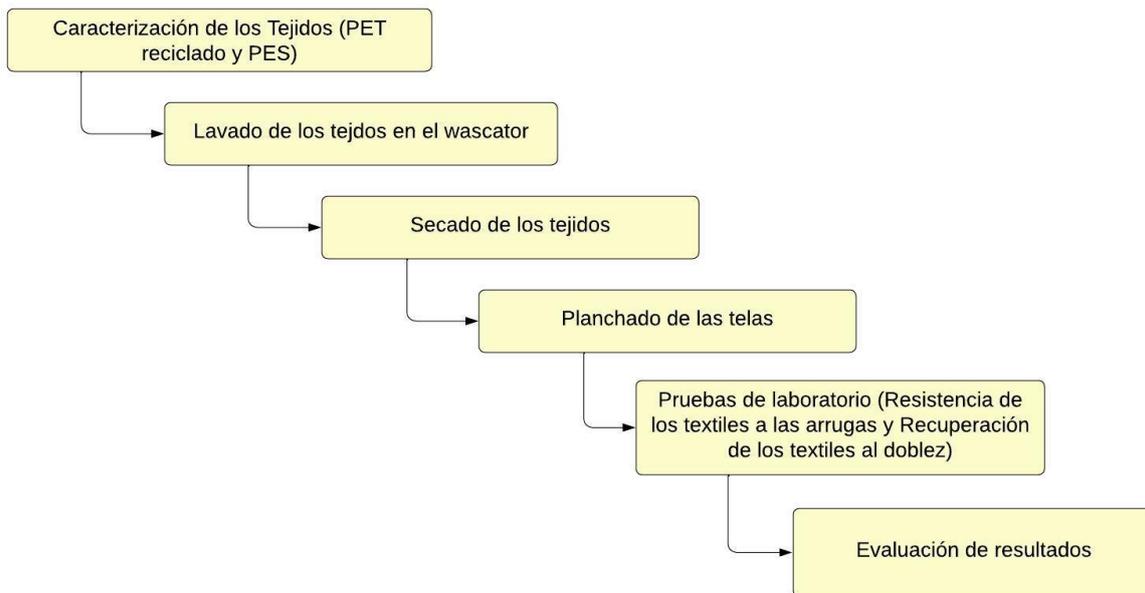
#### **3.3.1. Flujograma general**

En el flujograma general se detalla de una manera general y concisa el procedimiento que se realizó para la preparación, ejecución y verificación de las pruebas de resistencia a las

arrugas y recuperación al doblar con los tejidos de PET reciclado y PES con diferentes gramajes.

**Figura 14**

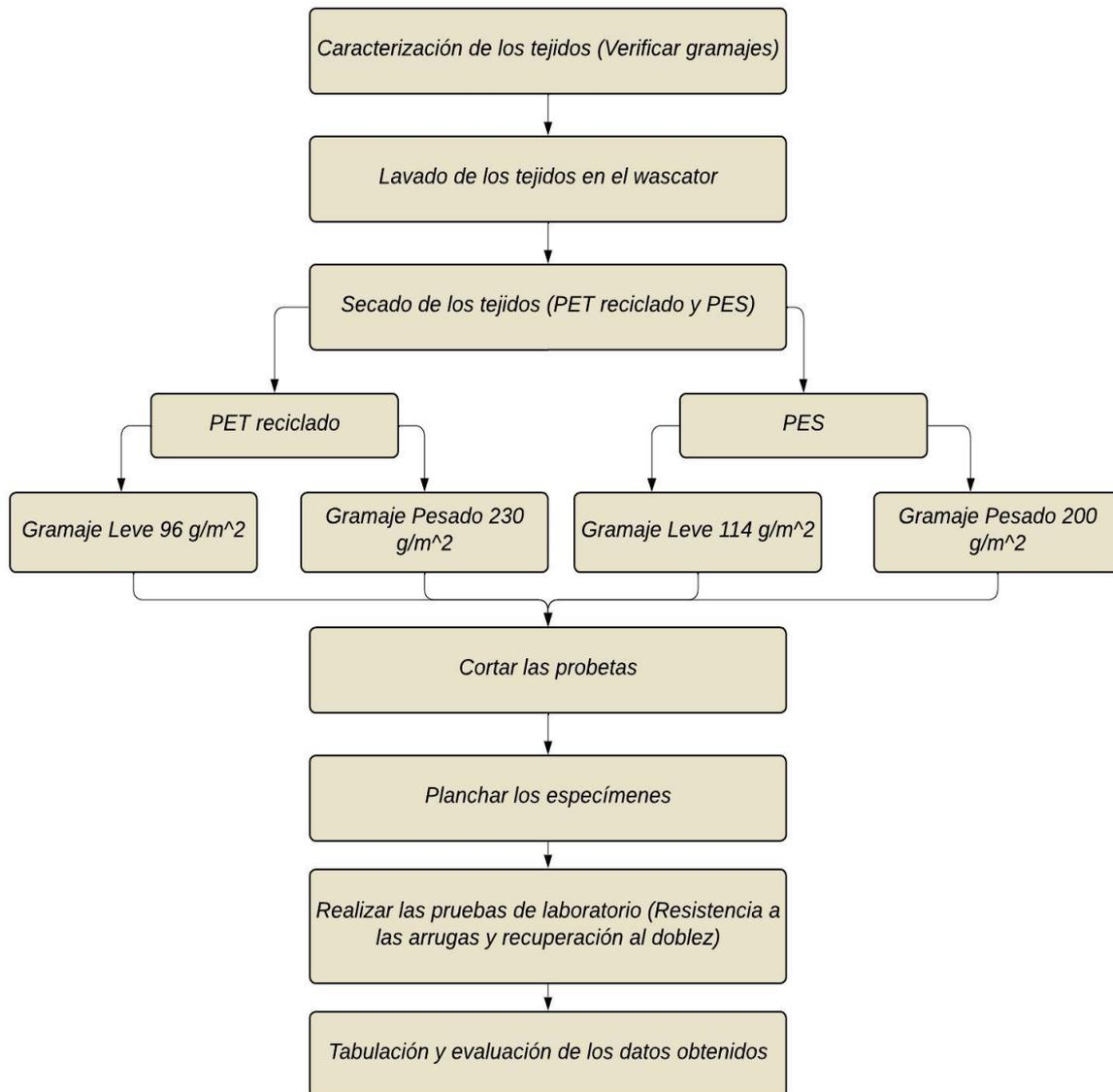
*Flujograma General*



Primero se caracterizó los tipos de tejidos PET reciclado y PES, posteriormente se realizó un lavado en el equipo de laboratorio para lavados domésticos (wascator). Al tener los tejidos lavados se procedió a darles un secado normal, para luego ser cortadas según el tamaño especificado en la norma (AATCC e ISO) y posteriormente se plancharon las telas para eliminar arrugas generadas por el lavado. Finalmente, se efectuaron los ensayos de la resistencia a las arrugas y recuperación al doblar, obteniendo datos, mismos que serán tabulados para evaluar el comportamiento de los tejidos.

### 3.3.2. *Flujograma muestral*

El flujograma muestral explica de una manera más detallada el proceso que se planteó en la investigación, donde se expone la preparación de las muestras, gramajes de los tejidos, el total de probetas, los procesos que se llevarán a cabo, entre otros.

**Figura 15***Flujograma muestra*

Primeramente, se comenzó con la caracterización de los tejidos PET reciclado y PES, donde el aspecto a valorar es el gramaje de los tejidos. Al contar con las telas ya identificadas y caracterizadas se procede a un proceso de lavado en el equipo de laboratorio para lavados doméstico (wascator) para eliminar manchas o posibles acabados químicos no permanentes. Al salir los tejidos del proceso de lavado, se deja secar a temperatura ambiente, al tener las telas limpias, se comenzó con las pruebas de laboratorio, cortando las probetas que se van a utilizar para el ensayo de resistencia a las arrugas, según menciona la norma AATCC 128 y determina

3 probetas de (28 cm x 15 cm), mientras que para la prueba de recuperación de los textiles al doblar determina que son 12 probetas en total (6 para urdimbre y 6 para trama) según la ISO 2313.

Una vez cortado las probetas se procede a realizar un planchado para eliminar las arrugas generado por el proceso de lavado, debido a que las arrugas o pliegues generados pueden influir en las pruebas y en su evaluación final. Finalmente, se realiza las pruebas de laboratorio de resistencia a las arrugas y recuperación al doblar, los datos obtenidos se realiza un análisis para comparar el comportamiento de los tejidos y de qué tipo tejido y gramaje se comportó mejor.

### 3.4. Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación primero se determinó los gramajes de los tejidos PET reciclado y PES. El gramaje es la variable que determinó los tejidos a utilizar, mismo que tuvieron semejantes características, en la **Tabla 5** se detalla los 4 gramajes utilizados.

**Tabla 5**

*Gramaje de telas PET reciclado y PES*

PET reciclaje		PES	
Gramaje Leve	Gramaje Pesado	Gramaje Leve	Gramaje Pesado
96 g/m <sup>2</sup>	230 g/m <sup>2</sup>	114 g/m <sup>2</sup>	200 g/m <sup>2</sup>

Las telas anteriormente mencionadas son terminadas, es decir que pasaron por un proceso de acabado (rama-termofijadora), donde se les dio la estabilidad dimensional final, un aspecto que se debe mencionar de la investigación, es que se valora características físicas de los tejidos mediante pruebas que juzgan el comportamiento de las mismas en diferentes condiciones, es decir, parámetros como el color o tener un acabado químico (que no modifique la superficie del tejido) no tiene relevancia en la investigación.

### 3.4.1. Equipos y Materiales

- **Wascator (Prueba de resistencia al lavado doméstico) o (Equipo de laboratorio para lavados domésticos)**

La prueba de resistencia al lavado doméstico se realiza en la máquina denominada Electrolux Wascator FOM 71 CLS Tipo A Tambor, en la cual se utiliza la norma ISO 6330:2012. El procedimiento de lavado y secado doméstico para los ensayos textiles es implementado para calificar la calidad y el comportamiento de textiles los cuales fueron procesados por un acabado. El wascator somete a los textiles a lavados con el objetivo de evaluar el comportamiento en los siguientes parámetros: apariencia a la suavidad, cambio dimensional, eliminación de arrugas, etiquetado de conservación indicado, solides al color, entre otros. Para esta investigación se utilizó el wascator para un proceso de lavado y secado (Hernández, 2020).

#### Figura 16

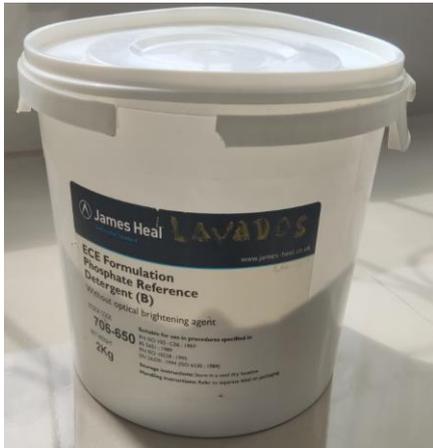
*Wascator (Prueba de resistencia al lavado doméstico)*



- **Detergente.** – El detergente es libre de fosfato, sin enzimas y agente abrillantador óptico y es emplea en el equipo de laboratorio del lavado doméstico.

**Figura 17**

*Detergente “ECE formulation phosphate reference detergent (B)”*



- **Medidor de arrugas**

Es un equipo que mediante unas pesas aplican presión a un textil, por un tiempo establecido y posteriormente al terminar el tiempo son acondicionadas por 24 horas para luego ser evaluadas y medir el nivel de arruga que tiene la tela.

**Figura 18**

*Medidor de Arrugas*

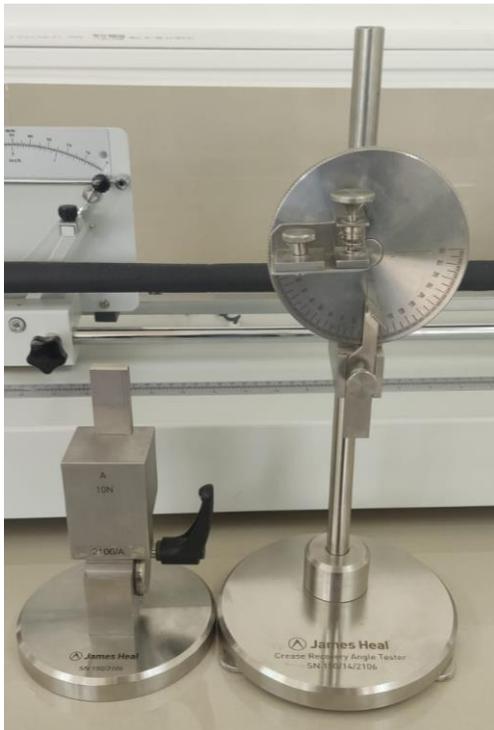


- **Probador de ángulo de recuperación del doblez**

Equipo que mide el ángulo de recuperación que tiene un textil después de ser sometido bajo una presión. Las muestras (urdimbre y trama) son sometidas a un peso, donde se genera un doblez por un tiempo establecido, luego se coloca en el equipo medidor del ángulo de recuperación a las probetas y se evalúa el ángulo alcanzado, además cuenta con una pinza que ayuda en la manipulación de los especímenes para que los pliegues o dobleces generados no sean modificados.

**Figura 19**

*Probador del ángulo de recuperación del doblez*



- **Plancha doméstica**

Es un equipo pequeño, generalmente usado en los hogares, se utiliza para eliminar arrugas o pliegues presentes en prendas de vestir provocadas al ser lavadas o arrugadas. La eliminación de las arrugas se lo realiza mediante la aplicación y el contacto directo del equipo a altas temperaturas y presión.

**Figura 20**

*Plancha Doméstica*



- **Cámara de luces.** – Equipo que emite distintos tipos de luces. Este equipo es utilizado para realizar la evaluación de la resistencia a las arrugas.

**Figura 21**

*Cámara de luces Textil*



- **Caracterización de las telas de PET Reciclado y PES**

A continuación, se menciona los parámetros que cuentan los diferentes tejidos usados para la investigación, detallando los aspectos como el gramaje, tipo de ligamentos, entre otros aspectos, tal y como se aprecia en la **Tabla 6** y **Tabla 7**.

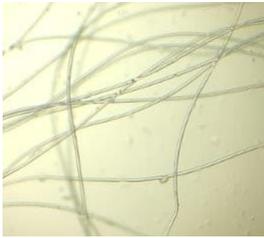
**Tabla 6**

*Caracterización del Tejido PET reciclado (leve y pesado)*

<b>Composición</b>	<b>PET 100%</b>	<b>Muestra/Vista en el microscópico</b>	
<b>Gramaje leve</b>			
Ligamento	Tafetán 1x1		
hilos/cm	81		
Pasadas/cm	75		
Gramaje	96 g/m <sup>2</sup>		
Título (urdimbre)	150 denier		
Título (trama)	150 denier		
gramos/metro lineal	182 g/m		
Rendimiento	5,48 m/kg		
<b>Composición</b>	<b>PET 100%</b>	<b>Muestra/Vista en el microscópico</b>	
<b>Gramaje Pesado</b>			
Ligamento	Tafetán 1x1		
hilos/cm	74		
Pasadas/cm	40		
Gramaje	230 g/m <sup>2</sup>		
Título (urdimbre)	600 denier		
Título (trama)	150 denier		
gramos/metro lineal	460 g/m		
Rendimiento	2,17 m/kg		

**Nota:** La composición se comprobó por el método de microscopio.

**Tabla 7***Caracterización del Tejido PES (leve y pesado)*

<b>Composición</b>	<b>PES 100%</b>	<b>Muestra/Vista en el microscópico</b>	
<b>Gramaje Leve</b>			
Ligamento	Tafetán 1x1		
hilos/cm	83		
Pasadas/cm	82		
Gramaje	114 g/m <sup>2</sup>		
Título (urdimbre)	150 denier		
Título (trama)	150 denier		
gramos/metro lineal	228 g/m		
Rendimiento	4,38 m/kg		
<b>Composición</b>	<b>PES 100%</b>	<b>Muestra/Vista en el microscópico</b>	
<b>Gramaje Pesado</b>			
Ligamento	Tafetán 1x1		
hilos/cm	51		
Pasadas/cm	30		
Gramaje	200 g/m <sup>2</sup>		
Título (urdimbre)	600 denier		
Título (trama)	200 denier		
gramos/metro lineal	400 g/m		
Rendimiento	2,5 m/kg		

**Nota:** La composición se comprobó por el método de microscopio.

Además de visualizar el filamento del PES en el microscopio, también fueron comprobados por el método cualitativo (combustión).

### 3.4.2. Planificación

Para el desarrollo de la investigación se dividieron en 2 partes. Primero se realizaron las pruebas de los tejidos de PET reciclado y posteriormente las de PES con los 2 tipos de gramajes para que no existiera la posibilidad de que se mezclen las telas.

El total de probetas para la tela de PET y PES se detallan en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

*Probetas para la prueba de resistencia a las arrugas*

Norma a de referencia	Tejido PET Reciclado		Tejido PES	
	Gramaje Leve	Gramaje Pesado	Gramaje Leve	Gramaje Pesado
Resistencia a las arrugas	3	3	3	3
Total	12 probetas			

Para realizar las pruebas de arrugas se requiero un total de 12 probetas entre los tejidos PET reciclado y PES.

**Tabla 9**

*Probetas para el ensayo de recuperación al doble.*

Norma a de referencia	Tejido PET Reciclado/PES			
	Gramaje Leve		Gramaje Pesado	
Recuperación de los textiles al doblez	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama
	3 derechos	3 derechos	3 derechos	3 derechos
	3 revés	3 revés	3 revés	3 revés
<b>Total</b>	<b>24 probetas para un tipo de tejido, 48 probetas para los 2 tejidos</b>			

La prueba de la recuperación al doblez requiere un total de 12 especímenes para un tejido (6 de urdimbre y 6 trama).

### **3.4.3. Preparación de las muestras**

Para la preparación de los diferentes tejidos y al ser fibras sintéticas cuentan con manchas de aceites procedentes del área de hilatura o tejeduría, por lo que se realiza un lavado de las telas para comenzar el proceso.

Primero se dividieron las telas según el tipo, es decir, primero se comenzó las telas de PET reciclado tanto del gramaje leve y pesado. Las diferentes telas fueron sometidas a un lavado en el equipo de laboratorio para lavados domésticos con el programa 5N (para eliminar manchas, polvos o acabados químicos), al terminar el lavado se procedió a secar las telas. Al contar con las telas sin la presencia de humedad, se cortaron las probetas de acuerdo con las medidas correspondientes para las diferentes pruebas.

Al contar con los especímenes listos, se procedió a someterlos a un planchado doméstico para eliminar las arrugas generadas después del lavado a una temperatura de 150 °C aproximadamente, esto regulado con la misma plancha. Y para tener un análisis homogéneo se efectuó un planchado en las probetas tanto de las pruebas de resistencia a las arrugas y recuperación al doblar. Posteriormente, los especímenes se dejaron en reposo por 10 minutos para que las probetas se aclimatasen a la temperatura y humedad relativa del laboratorio.

Para la realización de las diferentes pruebas se manejó una codificación, a continuación, se define:

**Tabla 10**

*Codificación de los tejidos*

<b>Codificación de los Tejidos</b>			
<b>PET reciclado</b>		<b>PES</b>	
Gramaje Leve	Gramaje Pesado	Gramaje Leve	Gramaje Pesado
<b>PR-L</b>	<b>PR-P</b>	<b>P-L</b>	<b>P-P</b>
PET reciclado gramaje leve	PET reciclado gramaje pesado	Poliéster gramaje leve	Poliéster gramaje pesado

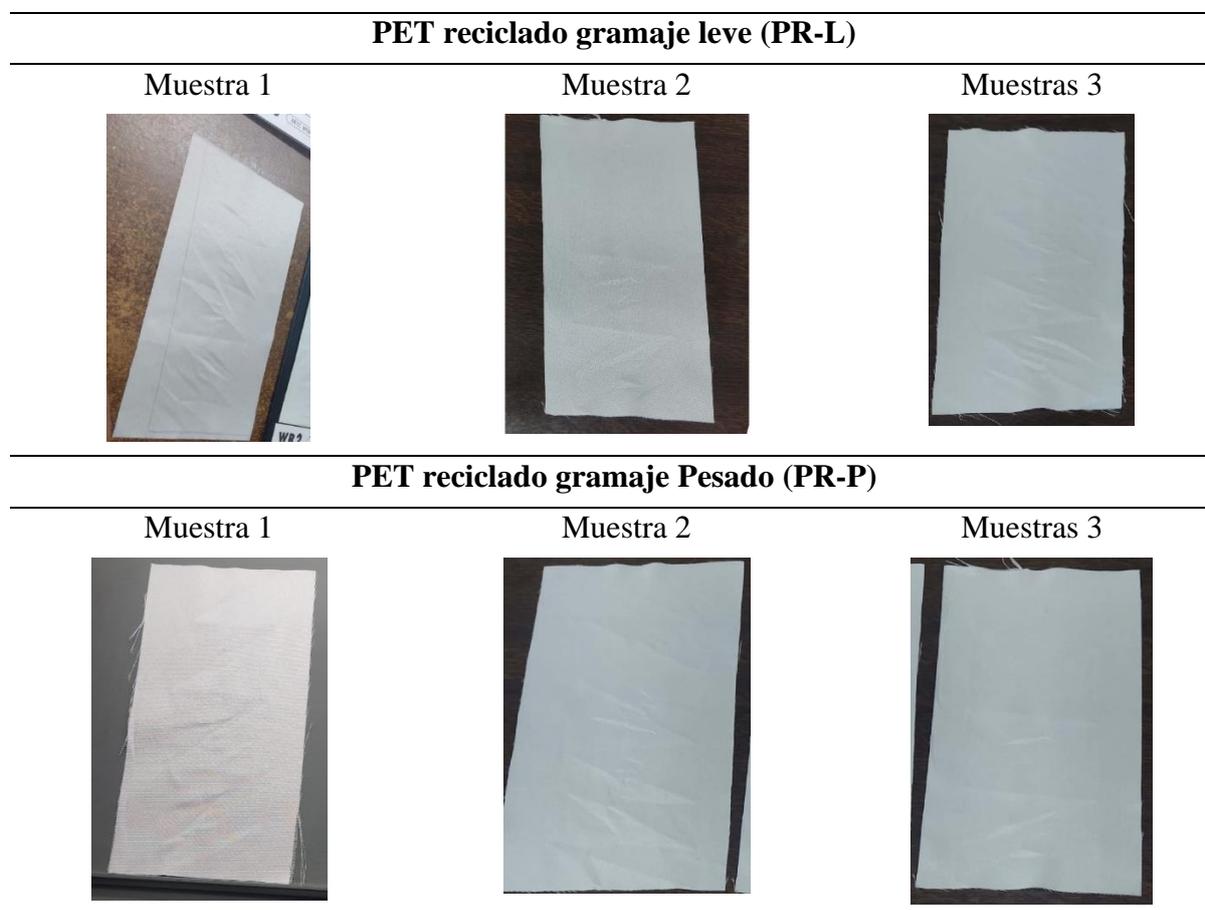
La codificación se utilizará para referirse a los diferentes tejidos y en las siguientes tablas se expresarán de esta manera.

#### 3.4.4. *Medición de la resistencia a la Arruga*

Para realizar la medición de arrugas al haber transcurrido los 10 minutos de climatización de los tejidos se procedió a cortar las probetas, siendo un total de 3 especímenes (28 cm en sentido de urdimbre y 15 cm en sentido de la trama), las condiciones del laboratorio textil se detallan en el **Anexo 5**.

- Los especímenes deben estar previamente realizados un proceso de lavado y planchado doméstico.
- Se colocó el espécimen en el equipo de formador de arrugas, el espécimen se envuelve en el equipo del lado que tiene mayor longitud, el derecho del tejido debe quedar apuntando al exterior.
- Los extremos de la muestra son sujetados con una abrazadera y un muelle de acero.
- El dispositivo que bloquea el movimiento es retirado y suavemente se baja la brida superior hasta quedar inmóvil. Posteriormente, se coloca los pesos (3500 g) ejerciendo una presión y formando las arrugas.
- El tiempo de espera es de 20 minutos, al finalizar el tiempo el peso y las abrazaderas son retiradas, las muestras fueron manipuladas con mucho cuidado sin alterar las arrugas inducidas.
- Las muestras pasaron 24 horas para que se acondicionen y posteriormente ser evaluadas.
- La calificación se realizó en la cámara de luces, con la ayuda de los patrones de referencia y 3 personas para su valoración.

Este proceso se lo realizó para las de tela de PET reciclado y PES, en las siguientes tablas, se detallan los resultados y datos obtenidos.

**Tabla 11***Resistencia a las arrugas tela de PET Reciclado*

A continuación, se presenta la evaluación del test de resistencia a las arrugas (PET reciclado).

**Tabla 12***Evaluación de las Arrugas del PET reciclado*

<b>Muestras</b>	<b>Tiempo en el equipo</b>	<b>Tiempo de reacondicionamiento</b>	<b>Evaluación</b>
PR-L-01	20 minutos	24 horas	2 WR
PR-L-02	20 minutos	24 horas	2 WR
PR-L-03	20 minutos	24 horas	2 WR
PR-P-01	20 minutos	24 horas	3 WR
PR-P-02	20 minutos	24 horas	3 WR
PR-P-03	20 minutos	24 horas	3 WR

En la evaluación de la prueba presenta una calificación de WR que significa wrinkle recovery rating. En la siguiente tabla se presentan los resultados y datos del tejido de PES en la misma prueba.

**Tabla 13**

*Resistencia a las arrugas tela de PES*

<b>PES gramaje leve (P-L)</b>		
Muestra 1	Muestra 2	Muestras 3
		
<b>PES gramaje pesado (P-P)</b>		
Muestra 1	Muestra 2	Muestras 3
		

Para la evaluación de resultados de igual manera que las telas de PET reciclado, se tomó en cuenta a 3 personas para la evaluación.

**Tabla 14***Evaluación de las Arrugas del PES*

<b>Muestras</b>	<b>Tiempo en el equipo</b>	<b>Tiempo de reacondicionamiento</b>	<b>Evaluación</b>
P-L-01	20 minutos	24 horas	2 WR
P-L-02	20 minutos	24 horas	2 WR
P-L-03	20 minutos	24 horas	2 WR
P-P-01	20 minutos	24 horas	2 WR
P-P-02	20 minutos	24 horas	2 WR
P-P-03	20 minutos	24 horas	2 WR

### 3.4.5. *Medición de la recuperación al Doblez*

Para esta prueba se debe realizar 12 muestras en las cuales se divide en 6 muestras de urdimbre y trama, mismas que se subdividen en 3 de revés y 3 de derecho, al haber transcurrido los 10 minutos de climatización a la temperatura y humedad relativa del laboratorio textil **Anexo 5** y posteriormente haber realizado el planchado de las muestras, se comenzó con el ensayo.

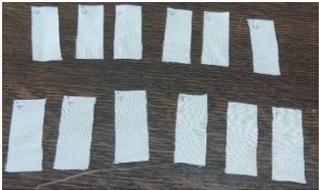
- Antes de realizar la prueba de recuperación de los textiles al doblez previamente se debe asegurar que el equipo se encuentre nivelando (en la parte superior del equipo tiene una burbuja que permite nivelar el equipo).
- Los especímenes con la dimensión más larga se unen entre los extremos y con la pinza es colocada en el equipo de carga, el cual genera una presión de 10 N por 5 minutos, de acuerdo como indica la norma, es recomendable que el espécimen se coloque en la parte central del equipo de carga para tener datos más precisos.
- Al finalizar el tiempo se retira el peso y con la ayuda de la pinza los especímenes son trasladados al equipo ángulo de recuperación al doblez (es recomendable que las manos no entren en contacto con el doblez generado), se ajustan los especímenes en la mordaza y se deja en reposo por 5 minutos.

- Al finalizar el tiempo, las probetas son evaluadas acorde al ángulo que alcanzaron.

Este proceso se lo realizó para los 2 tipos de tejidos PET reciclado y PES, en las siguientes tablas se detallan los datos obtenidos:

**Tabla 15**

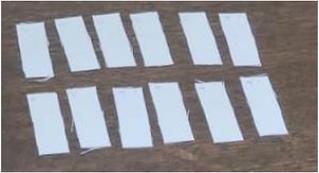
*Evaluación de la Recuperación al Doblez PET Reciclado*

Tela	Urdimbre		Trama		Muestras
	Derecho	Revés	Derecho	Revés	
<b>PR-L</b>	127°	125°	130°	129	
	127°	126°	124°	129	
	126°	126°	125°	128	
<b>PR-P</b>	143°	140°	135°	132	
	141°	140°	135°	132	
	140°	140°	128°	130	

En la prueba de recuperación de los textiles al doblar se mide en ángulos (°).

**Tabla 16**

*Evaluación de la Recuperación al Doblez PES*

Tela	Urdimbre		Trama		Muestras
	Derecho	Revés	Derecho	Revés	
<b>P-L</b>	130°	130°	131°	135°	
	128°	128°	134°	130°	
	127°	130°	133°	133°	
<b>P-P</b>	141°	142°	136°	139°	
	141°	142°	137°	140°	
	141°	143°	140°	139°	

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detallan los datos obtenidos en el laboratorio y se realiza el análisis de los dos tipos de telas y se verifica si el gramaje o el tipo de tejido PET reciclado frente al PES los cuales tiene la siguiente codificación PR-L (PET reciclado gramaje leve 96 g/m<sup>2</sup>), PR-P (PET reciclado gramaje pesado 230 g/m<sup>2</sup>), P-L (PES gramaje leve 114 g/m<sup>2</sup>) y P-P (PES gramaje pesado 200 g/m<sup>2</sup>) influye en la generación de arrugas y el ángulo de recuperación al dobléz.

#### 4.1. Resultados

En las siguientes tablas se exponen los datos obtenidos de los diferentes ensayos realizados en el laboratorio textil.

##### 4.1.1. Resistencia de los textiles a las Arrugas

A continuación, los resultados de la prueba de resistencia a las arrugas expresados en WR (wrinkle recovery rating), siendo el valor 1 WR la muestra que presenta más arruga y el 5 WR el espécimen que menos genera arrugas, en la siguiente tabla se agrupan los resultados de los 4 gramajes (PET reciclado y PES).

**Tabla 17**

*Resultado de la Prueba de Resistencia a las arrugas (PET reciclado y PES)*

PET Reciclado		PES	
PR-L-01	2 WR	P-L-01	2 WR
PR-L-02	2 WR	P-L-02	2 WR
PR-L-03	2 WR	P-L-03	2 WR
PR-P-01	3 WR	P-P-01	2 WR
PR-P-02	3 WR	P-P-02	2 WR
PR-P-03	3 WR	P-P-03	2 WR

Los tejidos de PET reciclado de gramaje leve 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y PES de gramaje leve 114 g/m<sup>2</sup> (P-L) presentaron la misma calificación de 2 WR, es decir que en la superficie de los tejidos hubo una presencia considerable de arrugas, mientras que el PES de gramaje pesado 200 g/m<sup>2</sup> (P-P) presentaron una evaluación de 2 WR al igual que los tejidos PR-L y P-L, sin embargo, los tejidos PET reciclado de gramaje pesado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) tuvieron una calificación 3 WR, lo que significa que a comparación de los otros tejidos (PR-L, P-L y P-P) el PR-P generó menos arrugas.

#### **4.1.2. Recuperación de los textiles al Doblez**

Las siguientes tablas presentan los datos de la prueba de recuperación de los textiles al dobléz, expresados en ángulo de recuperación (°) de los 4 tejidos que fueron sometidos a la prueba correspondiente de acuerdo con la norma ISO 2313.

Para una mejor visualización y comprensión se dividió los resultados en 2 tablas, mismos que se clasificaron según el gramaje (leve y pesado).

La siguiente tabla expone los datos de los tejidos con gramaje leve tanto del PET reciclado 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y poliéster 114 g/m<sup>2</sup> (P-L).

**Tabla 18**

*Resultados de la recuperación de los textiles al Doblez (gramaje leve)*

Tipo de Tela	Urdimbre		Trama	
	Derecho (°)	Revés (°)	Derecho (°)	Revés (°)
<b>PR-L</b>	127	125	130	129
	127	126	124	129
	126	126	125	128
<b>P-L</b>	130	130	131	135
	128	128	134	130
	127	130	133	133

Los tejidos de PES tuvieron un ángulo de recuperación mayor que los de PET reciclado, entre mayor es el ángulo de un tejido, se considera mejor, debido a que va a recuperar su forma original fácilmente al ser expuesto a dobleces o pliegues.

En la siguiente tabla se recopila los datos de la prueba de recuperación al dobléz con los gramajes pesadas PET reciclado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) y PES 200 g/m<sup>2</sup> (P-P).

**Tabla 19**

*Resultados de la recuperación de los textiles al Doblez (gramaje pesado)*

Tipo de Tela	Urdimbre		Trama	
	Derecho (°)	Revés (°)	Derecho (°)	Revés (°)
<b>PR-P</b>	143	140	135	132
	141	140	135	132
	140	140	128	130
<b>P-P</b>	141	142	136	139
	141	142	137	140
	141	143	140	139

El tejido que presento un ángulo de recuperación mayor fue del PES (P-P) alcanzando valores de 143° en el sentido de la urdimbre lado derecho considerado un valor bueno, mientras que los tejidos de PET reciclado (PR-P) tuvieron valores inferior entre 135° en el sentido de la urdimbre lado derecho, teniendo una diferencia de 8° entre los dos tejidos.

### 4.1.3. Tabla General de Resultados

Los resultados conseguidos de las pruebas de resistencia a las arrugas y recuperación al doblar se agrupan en la siguiente tabla general.

**Tabla 20**

*Resultados de las pruebas de laboratorio*

<b>Recuperación al Doblez (°)</b>	<b>Muestra</b>	<b>PR-L-UD</b>	<b>PR-L-UR</b>	<b>PR-L-TD</b>	<b>PR-L-TR</b>	<b>P-L-UD</b>	<b>P-L-UR</b>	<b>P-L-TD</b>	<b>P-L-TR</b>
	1	127	125	130	129	130	130	131	135
	2	127	126	124	129	128	128	134	130
	3	126	126	125	128	127	130	133	133
	<b>Muestra</b>	<b>PR-P-UD</b>	<b>PR-P-UR</b>	<b>PR-P-TD</b>	<b>PR-P-TR</b>	<b>P-P-UD</b>	<b>P-P-UR</b>	<b>P-P-TD</b>	<b>P-P-TR</b>
	1	143	140	135	132	141	142	136	139
	2	141	140	135	132	141	142	137	140
	3	140	140	128	130	141	143	140	139
	<b>Resistencia a las arrugas</b>	<b>Muestra</b>	<b>PR-L (WR)</b>		<b>PR-P (WR)</b>		<b>P-L (WR)</b>		<b>P-P (WR)</b>
1		2		3		2		2	
2		2		3		2		2	
3		2		3		2		2	

**Nota:** UD (urdimbres derecha), UR (urdimbres revés), TD (Trama derecho) y TR (trama revés), WR (wrinkle recovery rating)

## 4.2. Discusión de Resultados

En este apartado se analizará el comportamiento de los resultados obtenidos de las pruebas de Resistencia a las Arrugas y Recuperación al Doble de los tejidos de PET reciclado y PES con diferentes gramajes (leve y pesado). La comparación se lo realizará entre los siguientes tejidos:

- PET reciclado (gramaje leve con pesado)
- PES (gramaje leve con pesado)
- PET reciclado gramaje leve con PES gramaje leve
- PET reciclado gramaje pesado con PES gramaje pesado.

Con el fin de identificar cuál tejido y qué gramaje tiene el mejor comportamiento ante las arrugas y la recuperación al doblez.

### 4.2.1. Prueba de Normalidad y Varianza

Antes de comenzar con la discusión de resultados, los datos obtenidos se pasaron por una herramienta estadística (Past 4), para garantizar la fiabilidad de estos. El parámetro que se valoró fue la normalidad, de tal forma que estos resultados comprueben que el p valor sea normal en los distintos autores, siendo que si estos son mayores a 0,05 los resultados son aceptados y por ende los datos obtenidos están correctos.

A continuación, se presentan una tabla donde se exponen los diferentes autores que validan los datos obtenidos del Past 4. Cabe mencionar que las pruebas de normalidad y varianza se lo realizaran para la prueba de recuperación de los textiles al doblez, sin embargo, para la prueba de resistencia a las arrugas, el uso del Past 4 no se pudo utilizar, debido a que la cantidad de muestras es reducida y no permite el análisis mediante la herramienta estadística.

**Tabla 21***Prueba de normalidad (Recuperación al Doble)*

<b>Autores</b>	<b>Gramaje Leve</b>	<b>Gramaje Pesada</b>
Muestras	24	24
Shapiro-Wilk W	0,9579	0,8623
Anderson-Darling A	0,3985	1,36
Liliefors L	0,1326	0,2492
p(normal)	0,5887	0,1115
<b>Jarque-Bera JB</b>	<b>1,06</b>	<b>4,386</b>

**Fuente:** (Past 4, 2023).

De acuerdo con Jarque-Bera JB, certifica que los valores obtenidos son mayores a 0,05, por tanto, los resultados presentan una confiabilidad del 95%.

Otro parámetro estadístico que se valoró es el coeficiente de variación, que permite el análisis de las desviaciones de los datos con respecto a la media y al mismo tiempo las dispersiones que tienen los datos entre sí.

Los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

**Figura 22***Varianza de la prueba de Recuperación de los Textiles al Doble*

<b>Levene's test for homogeneity of variance, from means</b>	<b><math>p</math> (same):</b>	0,04339
<b>Levene's test, from medians</b>	<b><math>p</math> (same):</b>	0,2627

**Fuente:** (Past 4, 2023).

En la anterior figura se observa el valor de la varianza, mismo que determina un valor mayor a 0,05, es decir, que existe una semejanza entre los valores de los grupos (gramajes leves y pesados) en el ensayo de recuperación al doble.

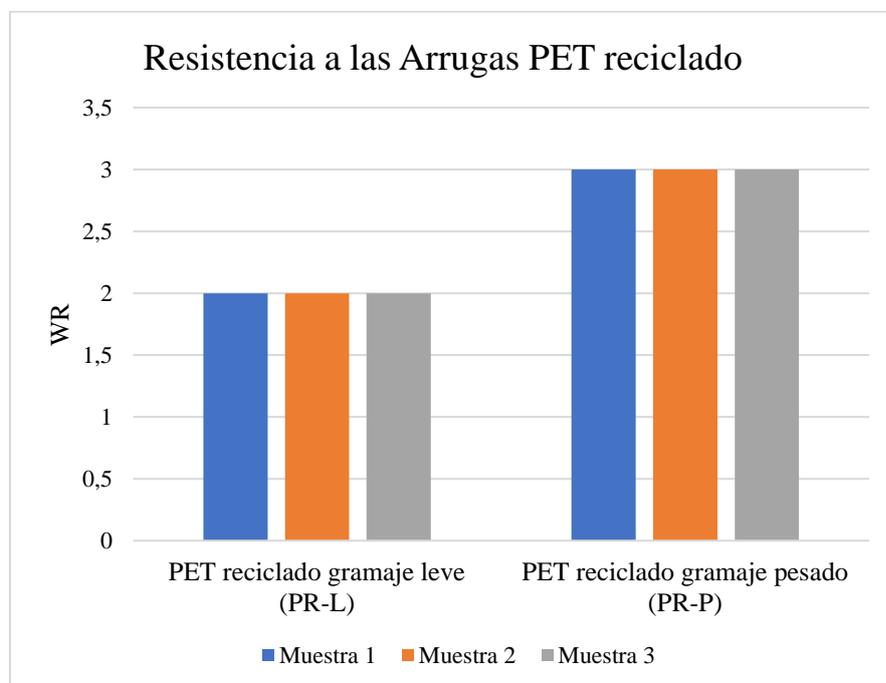
#### 4.2.2. Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PET reciclado

En la prueba de resistencia de los textiles a las arrugas, al tratarse de una prueba cualitativa, es decir, su evaluación se realiza de un manera subjetiva (visualmente) y su rango de calificación va de 1 WR y 5 WR.

A continuación, se presenta los datos obtenidos con los tejidos PET reciclado con los dos gramajes (leve 96 g/m<sup>2</sup> PR-L y pesado 230 g/m<sup>2</sup> PR-P).

**Figura 23**

*Resultados de la Prueba de Resistencia a las Arrugas (PET reciclado)*



En la **Figura 23** se observan los valores que presentaron los tejidos PET reciclado con los dos gramajes: PET reciclado gramaje leve 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y PET reciclado gramaje pesado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P), en la cual se evidencio que la generación de arrugas después de ser sometidos a la prueba de resistencia a las arrugas (AATCC 128), existen datos diferentes para los 2 gramajes. Para el PR-L generó una calificación de 2 WR lo que representa el 80% de arrugas generado en el tejido frente al gramaje pesada (PR-P) que tuvo una calificación de 3 WR siendo

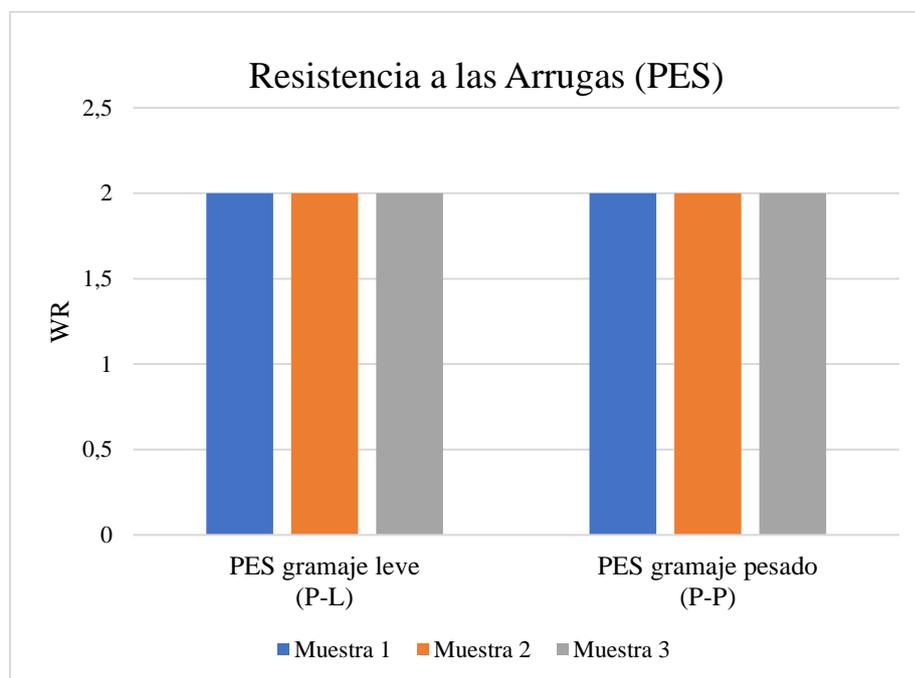
el 60% de arrugas, es decir que los tejidos con gramaje pesado ( $230 \text{ g/m}^2$ ) generan menos arrugas en su superficie que tejidos del mismo material con gramajes menos pesados ( $96 \text{ g/m}^2$ ).

#### 4.2.3. Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PES

En la siguiente figura se tabulan los resultados con los tejidos PES con gramaje leve  $114 \text{ g/m}^2$  (P-L) y gramaje pesado  $200 \text{ g/m}^2$  (P-P).

**Figura 24**

*Resultados de la Prueba de Resistencia a las Arrugas (PES)*



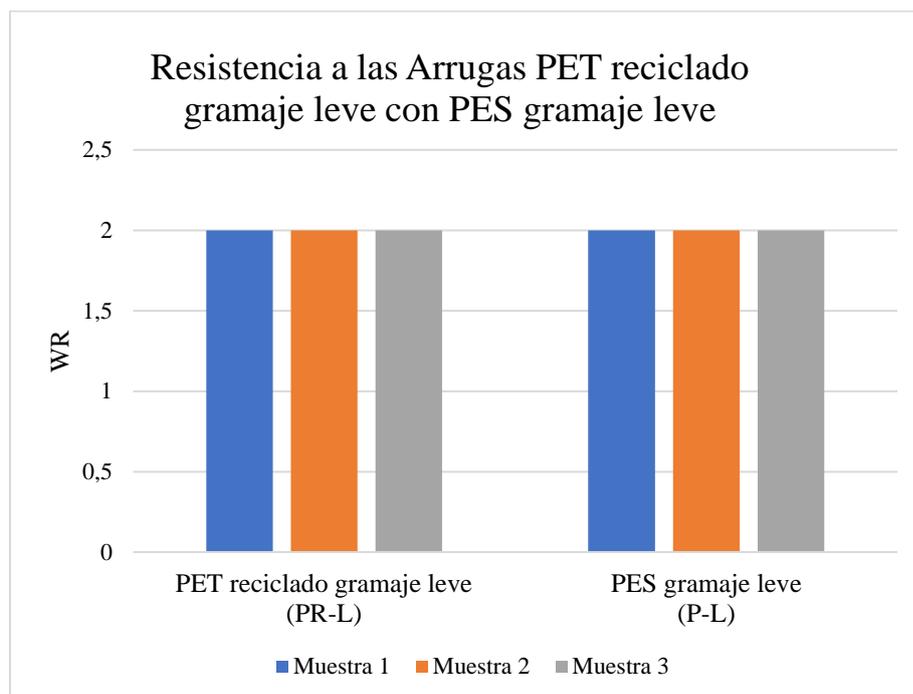
En la **Figura 24** los tejidos de PES de la misma manera que los de PET reciclado fueron sometidos al mismo proceso, sin embargo, tuvieron una particularidad los resultados, en los dos gramajes fueron iguales 2 WR representando el 80% de presencia de arrugas en los tejidos, es decir, después de ser infringidos a un peso y ser arrugados la generación de arruga fue similar, el gramaje no influye en la ausencia de las arrugas, esto probablemente a que existe una diferencia de  $86 \text{ g/m}^2$  entre los dos tejidos P-L y P-P y no es suficiente esta diferencia para que contribuya en la presencia o ausencia de arrugas.

#### 4.2.4. Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PR-L con P-L

A continuación, se analiza los tejidos PET reciclado (PR-L) y PES (P-L) con los gramajes leves.

**Figura 25**

Comparación de los tejidos en la Resistencia a las Arrugas (gramaje leve)



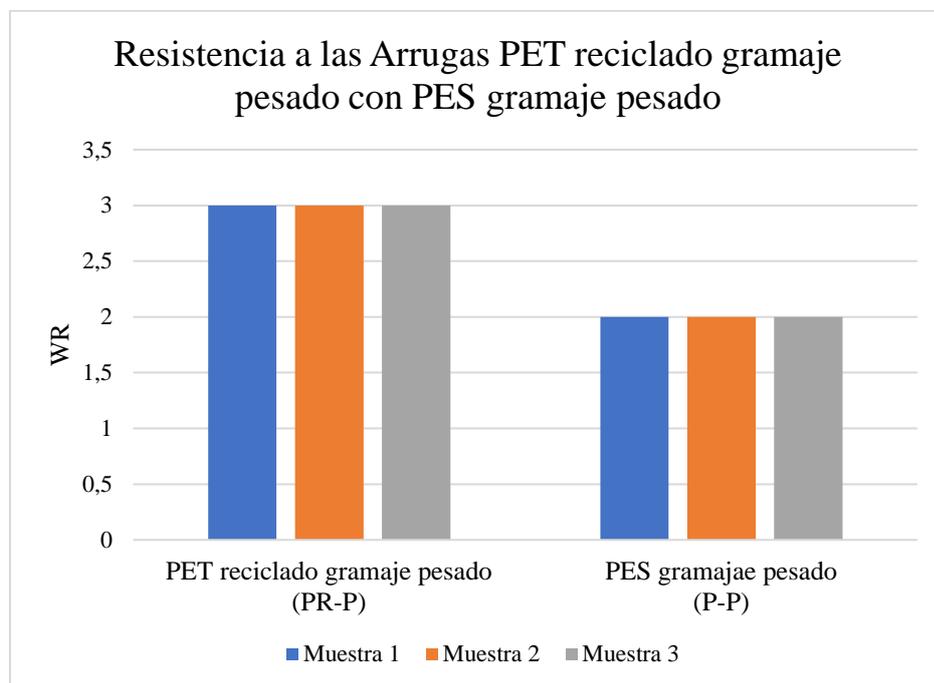
En la **Figura 25** los tejidos PET reciclado gramaje leve  $96 \text{ g/m}^2$  (PR-L) y PES de gramaje leve  $114 \text{ g/m}^2$  (P-L) al ser sometidos al ensayo de resistencia a las arrugas, se comportaron de la misma manera, generando un 80% de arrugas en la superficie de los tejidos (calificación 2 WR), es decir que la diferencia de gramaje ( $18 \text{ g/m}^2$ ) entre el PET reciclado (PR-L) y el PES (P-L) no influyó en la presencia o ausencia de arrugas y tampoco el hecho que el tejido de PET reciclado es un material reprocesado generó mayor presencia de arrugas.

#### 4.2.5. Resistencia de los textiles a las Arrugas Tejidos PR-P con P-P

En la siguiente figura se analizan los tejidos de PET reciclado con gramaje pesado  $230 \text{ g/m}^2$  (PR-P) y PES con gramaje pesado  $200 \text{ g/m}^2$  (P-P).

**Figura 26**

*Comparación de los tejidos en la Resistencia a las Arrugas (gramaje pesado)*



En la **Figura 26** los tejidos de PET reciclado de gramaje pesado (PR-P) y PES de gramaje pesado (P-P) al ser sometidos a la prueba de resistencia a las arrugas se generó menos arruga para el tejido de PET reciclado con gramaje pesado (PR-P) con un 60% de arrugas en la superficie del tejido (valoración de 3 WR), mientras que la muestra de PES de gramaje pesado generó 80% de arrugas en el tejido con calificación de 2 WR, es decir que la diferencia de gramaje entre los 2 tejidos (30 g/m<sup>2</sup>) influyó en la ausencia de arrugas siendo el PET reciclado con gramaje pesado el tejido que menos presencia de arrugas genera después del test.

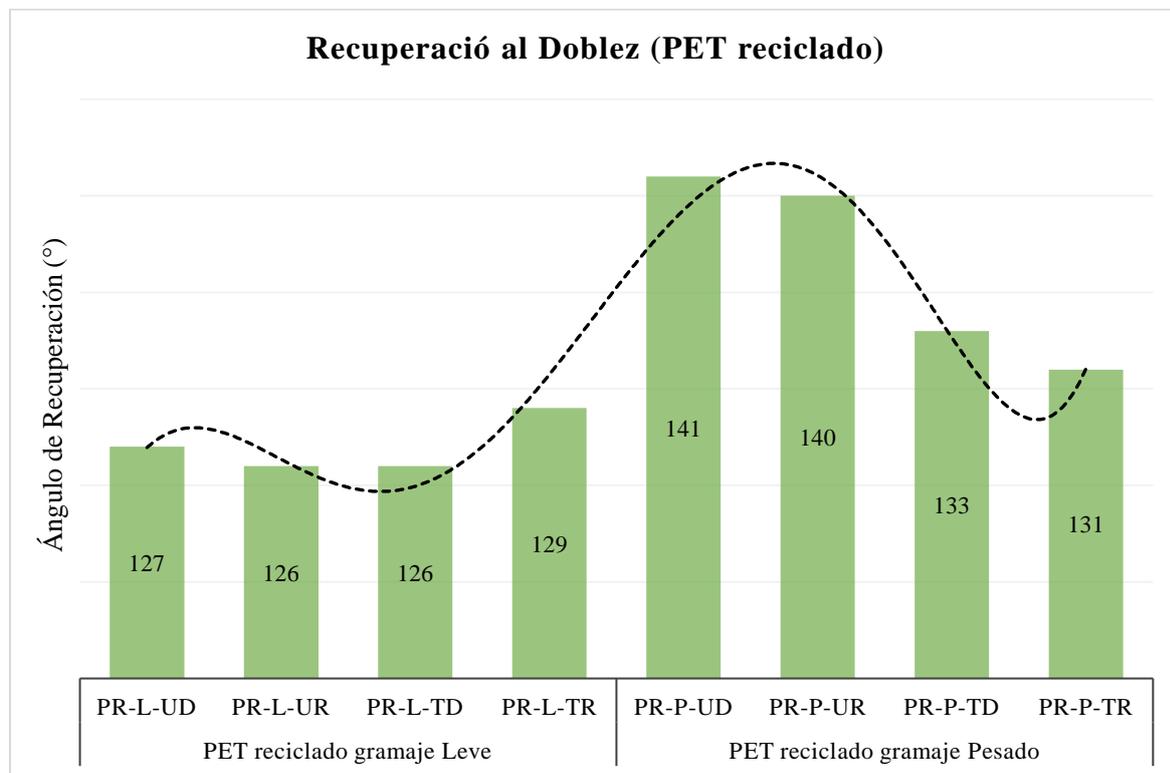
#### **4.2.6. Recuperación de los textiles al Doble PET reciclado**

En las siguientes figuras se presenta los resultados del ensayo de recuperación de los textiles al doblez, el análisis se lo realizará entre: PET reciclado gramaje leve con gramaje pesado, PES gramaje leve con gramaje pesado, PET reciclado gramaje leve con PES gramaje leve y PET reciclado gramaje pesado con PES gramaje pesado. Como en este test requiere un

número considerable de especímenes se utilizó el promedio tanto del lado derecho y revés, además se manejó la siguiente codificación: trama (T) y urdimbre (U), derecho (D) y revés (R).

**Figura 27**

*Recuperación al Doblez (PET reciclado)*



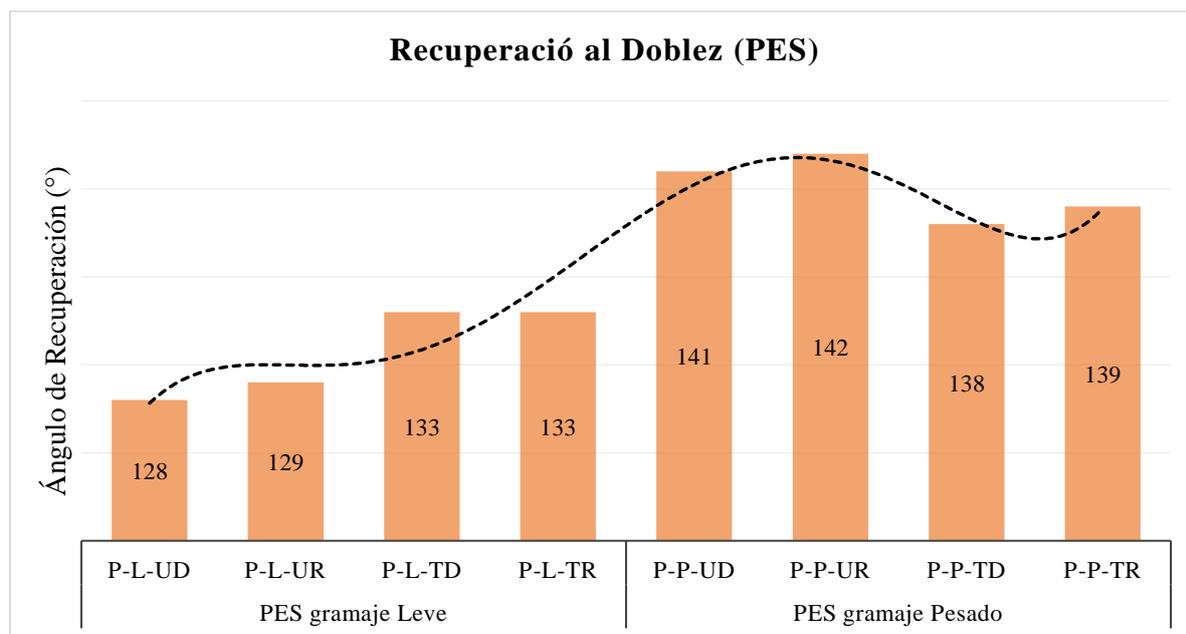
En la anterior figura se presentan los datos obtenidos de los tejidos de PET reciclado con el gramaje leve  $96 \text{ g/m}^2$  (PR-L) y pesado  $230 \text{ g/m}^2$  (PR-P). Como se observa en la curva existe una diferencia entre los tejidos, los especímenes con gramaje pesado (PR-P) tuvieron una tendencia a tener un ángulo de recuperación mayor que los especímenes con gramaje leve (PR-L). En el sentido de la urdimbre, el tejido PR-L alcanzó una media de  $127^\circ$ -D (derecho) y en el sentido de la trama presento un promedio de  $126^\circ$ -D, mientras que el tejido PR-P en el sentido de la urdimbre tuvo una media de  $141^\circ$ -D y en el sentido de la trama  $133^\circ$ -D, siendo el PR-P mejor que el PR-L con una diferencia de  $14^\circ$ -D en la urdimbre y la trama de  $7^\circ$ -D.

#### 4.2.7. Recuperación de los textiles al Doble PES

A continuación, se presentan los datos del test de la recuperación al doblez con los tejidos PES de gramaje leve 114 g/m<sup>2</sup> (P-L) y pesado 200 g/m<sup>2</sup> (P-P).

**Figura 28**

*Recuperación al Dobles (PES)*



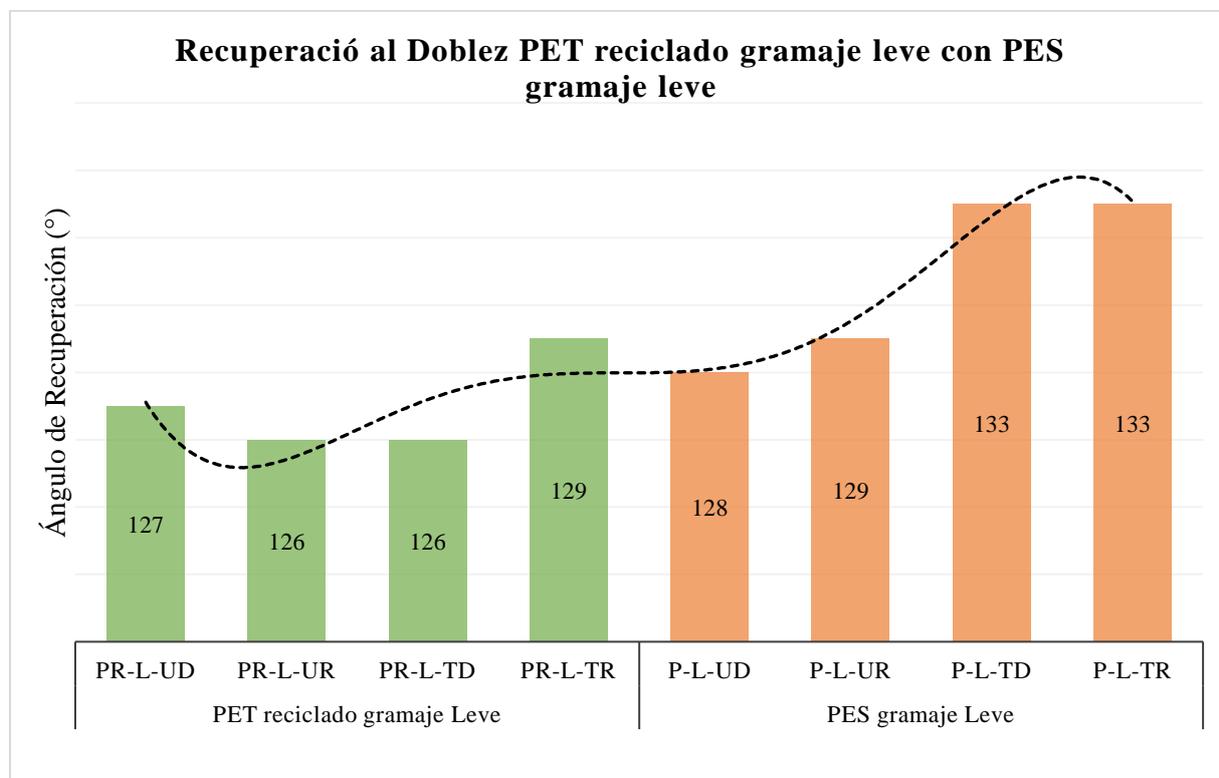
En la **Figura 28** el ángulo de recuperación de los tejidos de PES, su comportamiento fue semejante a los de PET reciclado, tal y como se observa en la anterior figura, la curva crece con los tejidos que tienen mayor gramaje. El PES con gramaje leve (P-L) presentó valores de una media de 128°-D (derecho) en el sentido de la urdimbre y 133°-D en la trama, mientras que para las muestras con gramajes pesadas (P-P) los datos presentaron un promedio de 141°-D en la urdimbre y 138°-D en la trama, siendo superior el P-P con 13°-D en la urdimbre y 5°-D en la trama, lo que significa que entre mayor sea el gramaje aumenta el ángulo de recuperación en el caso de PES.

#### 4.2.8. Recuperación de los textiles al Doble PR-L con P-L

En la siguiente figura se presentan los resultados con los gramajes leves PET reciclado (PR-L) y PES (P-P).

**Figura 29**

*PET reciclado y PES (gramaje leve) Recuperación al dobléz*



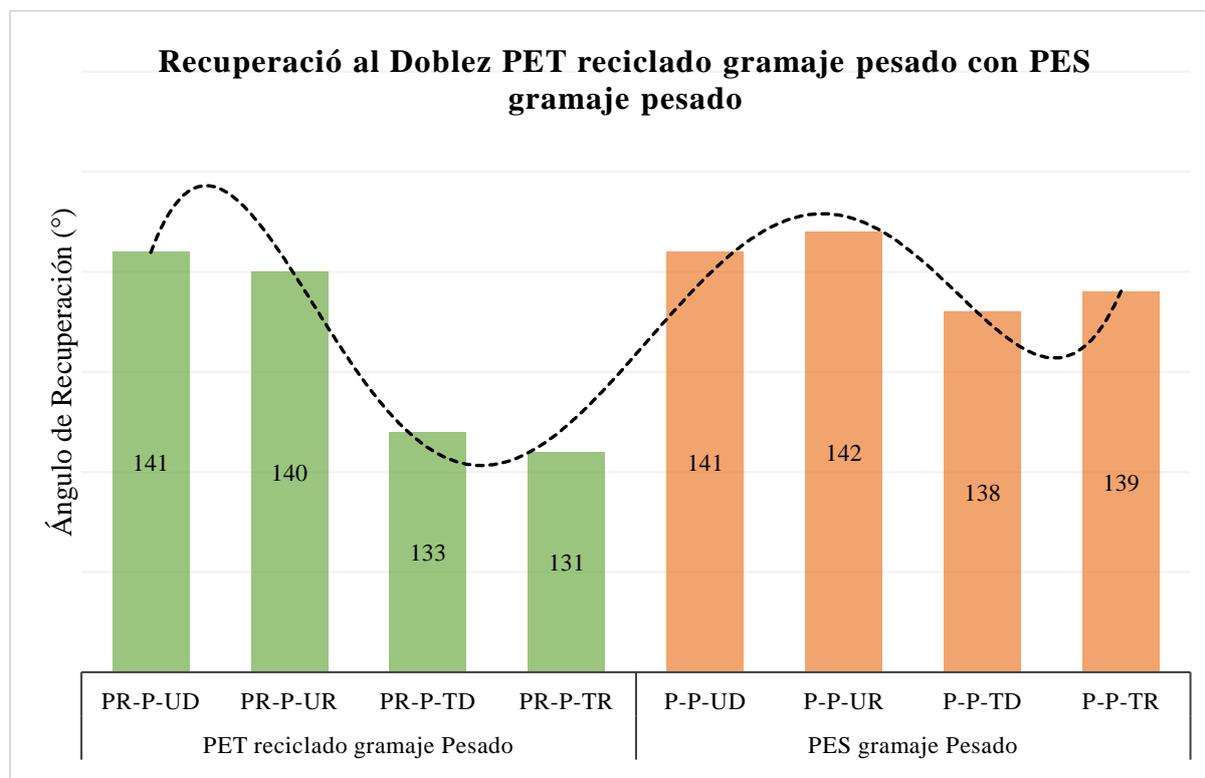
El ángulo de recuperación para el PET reciclado con gramaje leve  $96 \text{ g/m}^2$  (PR-L) es inferior a comparación del PES con gramaje leve  $114 \text{ g/m}^2$  (P-L), con valores para la urdimbre de  $128^\circ$ -D (derecho) y  $129^\circ$ -R (revés), mientras que en la trama los resultados mostraron  $133^\circ$ -D y  $133^\circ$ -R para el PES, sin embargo, el PET reciclado presento resultados en el sentido de la urdimbre de  $127^\circ$ -D,  $126^\circ$ -R y para la trama fue de  $126^\circ$ -D y  $129^\circ$ -R. De acuerdo con los resultados, se puede apreciar que las telas de PES con gramaje leve tienen un ángulo de recuperación mayor con una diferencia de  $1^\circ$ -D,  $3^\circ$ -R (urdimbre) y  $7^\circ$ -D,  $4^\circ$ -R (trama).

#### **4.2.9. Recuperación de los textiles al Dobléz PR-P con P-P**

En la siguiente figura se tabulan los resultados con los gramajes pesadas de PET reciclado  $230 \text{ g/m}^2$  (PR-P) y PES  $200 \text{ g/m}^2$  (P-P).

**Figura 30**

*PET reciclado y PES (gramajes pesados) Recuperación al dobléz*



En la anterior figura se visualiza los resultados del ensayo de recuperación al dobléz con los gramajes pesadas tanto del PET reciclado (PR-P) y PES (P-P) los cuales tuvieron valores semejantes, pero no iguales, siendo el PES mejor en el ángulo de recuperación al dobléz con una media de 141°-D (derecho) y 142°-R (revés) para la urdimbre y en la trama 138°-D y 139°-R, mientras que los tejidos de PET reciclado en el sentido de la urdimbre presento un promedio de 140°-R, siendo inferior con 2°-R al PES y del lado derecho presento el mismo ángulo del PES, en el sentido de la trama del PR-P los promedios fueron de 133°-D y 131°-R, siendo el PES mejor con una diferencia de 5°-D y revés 8°-R.

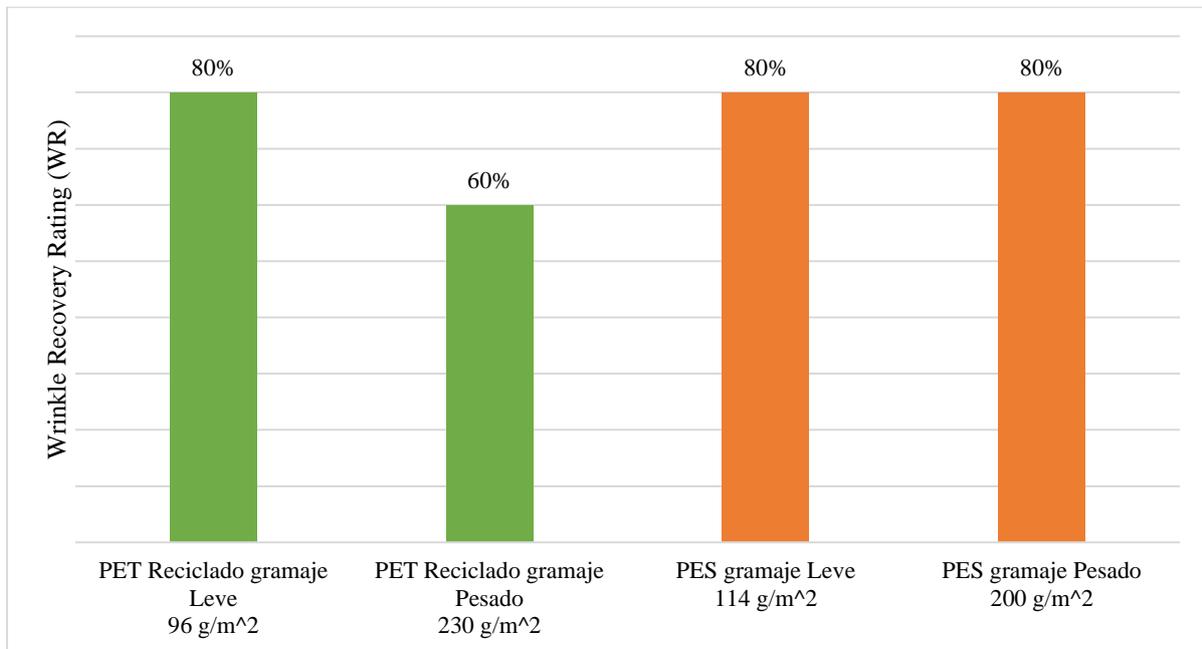
#### **4.2.10. Análisis General de Resultados**

A continuación, se analizan todos los tejidos PET reciclado gramaje leve 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y pesado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) con PES gramaje leve 114 g/m<sup>2</sup> (P-L) y pesado 200 g/m<sup>2</sup> (P-P)

para determinar el tejido que mejor se comportó en las diferentes pruebas, para esto se tabularon los promedios.

**Figura 31**

*Análisis general resistencia de los textiles a las arrugas (los 4 tejidos)*



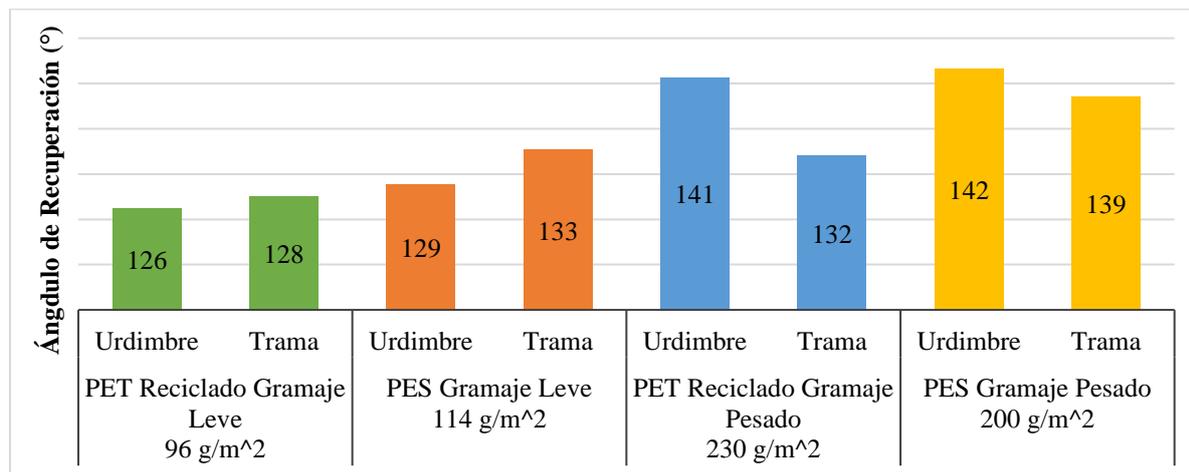
En la prueba de resistencia de los textiles a las arrugas se evidencia que el gramaje influye en la generación de arrugas al tratarse de tejido de PET reciclado con gramajes pesadas 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) generando menos arrugas con un 60% a comparación del PES gramaje pesado (P-P) que presentó 80% de arrugas, esto probablemente a que el P-P tiene una diferencia de 30 g/m<sup>2</sup> del PR-P y no es suficiente para que influya en la ausencia de arrugas, para los tejidos con gramajes leves, este factor no influyó su comportamiento generaron un 80% de arrugas en los tejidos (PR-L) y (P-L) siendo un valor negativo.

Es importante mencionar que la evaluación para la prueba de resistencia a las arrugas se lo realizó de una manera cualitativa, es decir, la calificación se lo realiza mediante una comparación visual de patrones de referencia (**Figura 13**), por lo cual el resultado puede ser interpretada diferente dependiendo de la persona que lo realice.

A continuación, se analiza de una manera general si el gramaje influye en la recuperación al doblar para los tejidos de PET reciclado y PES.

**Figura 32**

*Análisis general recuperación de los textiles al doblar (los 4 tejidos)*



En la anterior figura se puede apreciar el promedio que tuvo los tejidos de PET reciclado y PES con gramaje leve, en los cuales se puede evidenciar que el PES tuvo un ángulo de recuperación mayor en el sentido de la urdimbre y trama (129° y 133°) a comparación del PET reciclado (urdimbre 126° y trama 128°), la diferencia fue de 3° en el sentido de la urdimbre y 5° para la trama. Para los gramajes pesados el PES se comportó mejor que el PET reciclado, sin embargo, con una mínima diferencia de 1° en el sentido de la urdimbre para el PES, con un valor de 142° y el PET reciclado 141°, mientras que en la trama generó una diferencia de 7°, el PES con un valor de 139° y el PET reciclado 132°, es decir que el PES con gramaje pesado tiene mejores características frente al doblar que tejidos de PET reciclado con el mismo gramaje.

En conclusión, los tejidos de PES tienen un ángulo de recuperación mejor que los de PET reciclado, esto puede deberse a que el PES proviene de una pasta madre, mientras que los tejidos de PET reciclado al ser un material reprocesado su estructura pudo verse modificada y por ende afectado el desempeño en la prueba de recuperación al doblar.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Para la redacción de las conclusiones se basa de acuerdo con los objetivos específicos planteados, donde se analiza y compara cada tejido PR-L (PET reciclado gramaje leve 96 g/m<sup>2</sup>), PR-P (PET reciclado gramaje pesado 230 g/m<sup>2</sup>), P-L (PES gramaje leve 114 g/m<sup>2</sup>) y P-P (PES gramaje pesado 200 g/m<sup>2</sup>) para concluir si la diferencia de gramajes puede influir en las pruebas físicas (resistencia a las arrugas y recuperación al dobléz).

- Una vez analizado y revisado las diferentes fuentes bibliográficas en el estado del arte, se puede concluir que existen investigaciones relacionadas del PET reciclado y PES en donde comparan sus características físicas y químicas (tenacidad, elongación, resistencia a la abrasión, intensidad del color por reflectancia, solidez al lavado, y ángulo de recuperación al dobléz). Pero no existen estudio donde los dos tipos de tejidos sean comparados en pruebas de resistencia a las arrugas, en referencia al ángulo de recuperación al dobléz del PET reciclado y PES, en el estudio (Omeroglu et al., 2010) menciona que los tejidos de PET reciclado tienen características inferiores en el ángulo de recuperación que las de PES virgen, sin embargo, en el estudio no se consideró el gramaje como su variable en comparación a la investigación realizada.
- En relación con la resistencia de los textiles a las arrugas con gramajes leves PET reciclado 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y PES 114 g/m<sup>2</sup> (P-L) se concluye que los tejidos tienen el mismo comportamiento, es decir, los tejidos de PET reciclado y PES con gramaje leve cuentan con las mismas características al ser inducidos a las arrugas de acuerdo a la norma AATCC 128, presentando una calificación de 2WR (Wrinkle Recovery Rating) lo que significa un 80% de generación de arrugas en los tejidos considerándose un valor negativo (genera arrugas).

- Para los gramajes pesadas PET reciclado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) y PES 200 g/m<sup>2</sup> (P-P) en la prueba de resistencia a las arrugas presentaron calificaciones diferentes, para el tejido de PET reciclado se obtuvo una calificación de 3 WR lo que representa el 60% de generación de arrugas en la superficie del tejido y para el PES 2 WR siendo el 80% bajo las mismas condiciones, esta irregularidad probablemente fue debido a la diferencia de sus gramajes, con un valor 30 g/m<sup>2</sup> lo que provocó que los tejidos de PET reciclado generen menos presencia de arrugas, es decir que entre mayor es el gramaje existe menos arrugas.
- En lo referente a la prueba de recuperación de los textiles al doblar con gramajes leves PET reciclado 96 g/m<sup>2</sup> (PR-L) y PES 114 g/m<sup>2</sup> (P-L) se aprecia que los tejidos de PET reciclado tienen un ángulo de recuperación inferior que los tejidos de PES, debido a que los resultados fueron 126° en la urdimbre y 128° en la trama en su ángulo de recuperación para los tejidos de PET reciclado, mientras que los de PES presentaron valores de 129° en la urdimbre y 133° para la trama, por lo que se puede concluir que el PES tiene un mejor ángulo de recuperación de los textiles al doblar que el PET reciclado con gramajes leves.
- Para los gramajes pesadas PET reciclado 230 g/m<sup>2</sup> (PR-P) y PES 200 g/m<sup>2</sup> (P-P) en el ensayo de recuperación de los textiles al doblar, los resultados fueron que el PET reciclado de gramaje pesado tiene un ángulo de recuperación al doblar de 141° urdimbre y 132° trama, mientras que el PES tuvo valores de 142° urdimbre y 139° trama, por lo que se concluye que el PES tiene un ángulo de recuperación mejor que el PET reciclado con gramajes pesados.
- Al finalizar los ensayos de laboratorio, los resultados obtenidos fueron pasados por el programa estadístico Past 4, obteniendo un p valor mayor a 0,05 con lo cual se puede concluir que la investigación tiene un 95% de confiabilidad de los datos validando el

estudio para la prueba de recuperación de los textiles al dobléz, sin embargo, para el ensayo de resistencia a las arrugas no se logró validar los datos con el Past 4 debido al número reducido de muestras.

- Luego de realizar las diferentes pruebas de laboratorio se puede concluir que el gramaje puede influir en la generación de arrugas, entre mayor es el gramaje, la presencia de arrugas disminuye para tejidos de PET reciclado. Mientras que, en la prueba del ángulo de recuperación de los textiles al dobléz, igualmente el gramaje determinaron los resultados y el comportamiento de los tejidos entre mayor es el gramaje, mejor es el ángulo de recuperación de los textiles, cabe mencionar que los tejidos de PES obtuvieron datos superiores en el ángulo de recuperación al dobléz a comparación del PET reciclado por lo que se concluye que el PES tiene mejores características que el PET reciclado en el ángulo de recuperación al dobléz tanto con gramajes leves y pesadas.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda usar fuentes bibliográficas verídicas que sean extraídas de revistas científicas para que garantice la información expuesta en el estado del arte.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones donde el PET reciclado sean expuestos a diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de resistencia a las arrugas y recuperación al dobléz.
- La investigación se centró en la comparación de los tejidos terminados, por lo que se recomienda realizar estudios comparativos donde se lo realizan con tejido crudo.
- Los resultados de las características del PET reciclado generan un modelo para realizar futuros estudios como, por ejemplo: estudios comparativos donde el PET reciclado sea evaluado frente a otras fibras sintéticas.

- Los resultados del comportamiento del PET reciclado frente a las del PES pueden estar influenciadas por las características del tejido (hilos/cm, pasadas/cm, diferencia de títulos en urdimbre y trama) por lo que se recomienda realizar estudios que analicen la influencia de estas características en las propiedades físicas de los tejidos de PET reciclado y PES.
- Usar equipos de protección personal al momento de realizar las pruebas de laboratorio y además controlar los aspectos como la temperatura y la humedad relativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AATCC 128. (2015). *Thechical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists*.
- Ahmad, M. S., & Ahmad, S. A. (2022). The impact of polyethylene terephthalate waste on different bituminous designs. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00104-5>
- Andrade, N. (2017). “*Desarrollo e Implementación de un Patrón de Tintura de botones de Poliéster con Colorantes Dispersos.*” Universidad Técnica del Norte.
- Azcárate, F. (2015). *Programa de Textilización - Ciencias Textiles*. <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/02/capitulo-10-lamaquinaria-de-tintoreria.html>
- Bustamante, R. (2017). *Fundamentos del Diseño en el Tejido Plano*. <https://aptpperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Celin, J. (2020). “*Análisis Comparativo de un Proceso de Tintura entre una Tela 100% PES (poliéster) y 100% polietilen tereftalato (PET)*” [Universidad Técnica del Norte]. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10661/2/04 IT 272 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10661/2/04_IT_272_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Chea, J. D., Yenkie, K. M., Stanzione, J. F., & Ruiz-Mercado, G. J. (2023). A generic scenario analysis of end-of-life plastic management: Chemical additives. *Journal of Hazardous Materials*, 441. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129902>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* (13th-jul-201st ed.).
- Gayake, S. B., & Desai, A. K. (2022). A Literature Review Identifying the Scope for Utilization

- of Waste Polyethylene Terephthalate Bottle Fibers in Concrete for Enhancing Structural Properties. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 222, 365–370.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-16-8496-8\\_45/COVER](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8496-8_45/COVER)
- Gil, C. (2010). *Como Elaborar Proyectos de Pesquisa* (4ta Edición).
- Google Maps. (2023). *Estadio UTN*. <https://www.google.com/maps/@0.3784471,-78.1246168,17.5z?hl=es>
- Grosz, D. (2007). *Why do clothes wrinkle? - By David Grosz - Slate Magazine*.  
<https://web.archive.org/web/20081006064625/http://www.slate.com/id/2159363/fr/rss/>
- Guru, R., Kumar, A., & Grewal, D. (2022). The recycling and reuses plastic bottles to fibre process and applications. *Man-Made Textiles in India*, 50(6), 161 – 166.  
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85134397822&partnerID=40&md5=81ca1e6b3479b9904ae8f1dd295a04ea>
- Guzmán, O. (2013). *Manual de Procesos*.
- Hansapalangkool, K., Hongsriphan, N., & Patanathabutr, P. (2021). Mechanical property enhancement of recycled Poly(ethylene terephthalate) with Nylon6. In S. W., W. W., & O. K. (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2397). American Institute of Physics Inc.  
<https://doi.org/10.1063/5.0064067>
- Hernández, S. (2020). *Elaboración de un Estampado Textil Reflectivo a base de Microesferas de Vidrio*.
- Jalal, J., Ramos, M., Ajcuc, A., Lorenty, C., & Dieguez, P. (2015). *Métodos de Investigación*. Patrocinia.
- Manatex. (2020). *Resistencia a la tracción, arrugado y enganchón en productos textiles*.  
<https://www.manatex.es/resistencia-a-la-traccion-arrugado-enganchon/>

- Mansilla, L., & Ruiz, M. (2009). *Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster*.  
<http://www.plastivida.com.ar>
- Muhammad, A., Nuzaimah, A.M.c, S. mail to N., & R.b;Radzi, M. . N. (2021). *No TitleDevelopment of 3D Printing Filament Material Using Recycled Polyethylene Terephthalate Reinforced with Sugar Palm Fiber* (A. M.F.B., A. H., P. S. A.S., A. M. F., & I. A. (eds.)). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- Omeroglu, S., Karaca, E., & Becerir, B. (2010). Comparison of Bending, Drapability and Crease Recovery Behaviors of Woven Fabrics Produced from Polyester Fibers Having Different Cross-sectional Shapes. *Textile Research Journal*, 80(12), 1180–1190.  
<https://doi.org/10.1177/0040517509355351>
- Owen, M. M., Achukwu, E. O., Hazizan, A. M., Romli, A. Z., & Ishiaku, U. S. (2022). Characterization of recycled and virgin polyethylene terephthalate composites reinforced with modified kenaf fibers for automotive application. *Polymer Composites*, 43(11), 7724–7738. <https://doi.org/10.1002/pc.26866>
- Palma, H., & Tenesaca, F. (2017). Estudio de la degradabilidad del PET (polietilen tereftalato) dosificado con celulosa de la cáscara de cacao. *Tesis de Licenciatura Universidad Politécnica Salesiana*, 85. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18373/4/UPS-CT008688.pdf>
- Past 4. (2023). *Análisis de la Normalidad*.
- Patil, P. ., Deshpande, R. ., Indi, Y. ., & Hattimare, R. (2019). *A Green Approach : Comparative Study of Virgin and Recycled Polyester for Textile Application*. 5(December 2018), 719–723.
- Pivsa-Art, S., Sunyikhan, K., & Pivsa-Art, W. (2022). Bicomponent multifilament yarns of recycled poly(ethylene terephthalate) and nano-titanium dioxide for antibacterial carpet.

*Journal of Industrial Textiles*, 51(1), 1034S – 1047S.

<https://doi.org/10.1177/15280837211011774>

Quispe, L. J. L., Malpartida Santos, R., Rudas Caja, C. I., & Yataco Salazar, J. S. (2017).

*Utilización de botellas PET para la obtención de finos hilos* [Universidad Privada del Norte].

[https://www.academia.edu/34674795/Utilización\\_de\\_botellas\\_PET\\_para\\_la\\_obtención\\_de\\_finos\\_hilos](https://www.academia.edu/34674795/Utilización_de_botellas_PET_para_la_obtención_de_finos_hilos)

Real Academia Española. (2022). *Pliegue*. <https://dle.rae.es/pliegue>

TULSMA. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*.

Universidad Técnica del Norte. (2021). *CUICYT*.

Vilatuña, A. (2007). “*Análisis y Cálculos de Telas de Tejido Plano que Servirá de Base para la Implementación de un Software Textil.*”

Wang, D., Yang, B., Chen, Q. T., Chen, J., Su, L. F., Chen, P., Zheng, Z. Z., Miao, J. Bin, Qian, J. S., Xia, R., & Shi, Y. (2019). A facile evaluation on melt crystallization kinetics and thermal properties of low-density polyethylene (LDPE)/Recycled polyethylene terephthalate (RPET) blends. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2(3), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.05.002>

Xiao, C., Sun, F., Iqbal, M. I., Liu, L., & Gao, W. (2021). Mechanical characterization of surface wrinkling properties in fibrous sheet materials by facile folding process. *Polymer Testing*, 97, 107153. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMERTESTING.2021.107153>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Proceso de lavado de los Tejidos (Programa 5 N)

Procedimiento n°	Agitación en el calentamiento, en el lavado y en el aclarado	Lavado				1° aclarado		2° aclarado			3° aclarado			4° aclarado			
		Temperatura	Nivel del líquido	Tiempo de lavado	Enfriamiento	Nivel del líquido	Tiempo de aclarado	Nivel del líquido	Tiempo de aclarado	Tiempo de giro	Nivel del líquido	Tiempo de aclarado	Tiempo de giro	Nivel del líquido	Tiempo de aclarado	Tiempo de giro	
		a	bc	d	f	bc	dg	bc	dg	d	bc	dg	d	bc	dg	g	d
		°C	mm	min		mm	min	mm	min	min	mm	min	min	mm	min	min	min
9N <sup>o</sup>	Normal	92 ± 3	100	15	Si <sup>1</sup>	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
7N <sup>o</sup>	Normal	70 ± 3	100	15	Si <sup>1</sup>	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
6N <sup>o</sup>	Normal	60 ± 3	100	15	No	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
6M <sup>o</sup>	Medio	60 ± 3	100	15	No	130	3	130	2	–	130	2	2 <sup>1</sup>	–	–	–	
5N <sup>o</sup>	Normal	50 ± 3	100	15	No	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
5M <sup>o</sup>	Medio	50 ± 3	100	15	No	130	3	130	2	–	130	2	2 <sup>1</sup>	–	–	–	
4N	Normal	40 ± 3	100	15	No	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
4M	Medio	40 ± 3	100	15	No	130	3	130	2	–	130	2	2 <sup>1</sup>	–	–	–	
4G	Suave <sup>2</sup>	40 ± 3	130	3	No	130	3	130	3	1	130	2	6	–	–	–	
3N	Normal	30 ± 3	100	15	No	130	3	130	3	–	130	2	–	130	2	5	
3M	Medio	30 ± 3	100	15	No	130	3	130	2	–	130	2	2 <sup>1</sup>	–	–	–	



### Anexo 2

#### Especímenes para las Pruebas





**Anexo 3**  
*Planchado de los Tejidos*



**Anexo 4**  
*Resistencia de los textiles a las Arrugas AATCC 128*



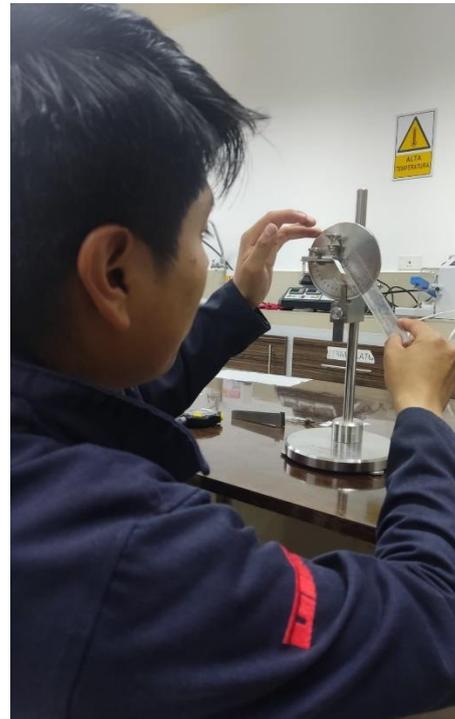


**Anexo 5**  
*Condiciones del Laboratorio Textil*



**Anexo 6**  
*Evaluación de los Tejidos*



**Anexo 7***Recuperación de los Textiles al Doble ISO 2313*



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



Ibarra, 28 de junio del 2023

**CERTIFICADO DE LABORATORIO**

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

**CERTIFICO**

Que el señor **LASLUISA QUIMBIAMBA BRAYAN ISRAEL**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1003122700, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN TEJIDO 100% PET Y PES EN LA RECUPERACIÓN AL DOBLEZ Y RESISTENCIA A LAS ARRUGAS”** los equipos utilizados en el laboratorio son:

- Wascator (Prueba de resistencia al lavado doméstico)
- Plancha doméstica
- Probador de arrugas
- Cámara de Luces
- Probador de ángulo de recuperación al dobléz

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

Atentamente:



Firma electrónicamente por:  
**FAUSTO EDMUNDÓ**  
**GUALOTO MAFÍA**

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